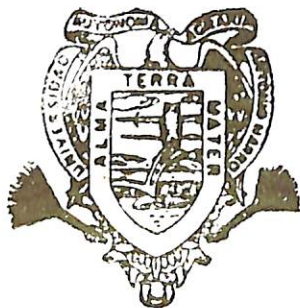


COMPARACION DE APTITUD COMBINATORIA Y  
HETEROSIS PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS  
CUANTITATIVAS EN MAIZ BAJO RIEGO  
Y TEMPORAL

HECTOR ANTONIO PACCAPELO LUGONES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coah.  
JUNIO DE 1993

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial, para optar

al grado de

DOCTOR EN CIENCIAS, EN

FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

  
DR. SATHYANARAYANAIAH KURUVADI

Asesor:

  
DR. ENRIQUE NAVARRO GUERRERO

Asesor:

  
DR. ALFONSO LOPEZ BENITEZ

Asesor:

  
DR. ROLANDO CAVAZOS CADENA

Asesor:

  
DR. SERGIO RODRIGUEZ HERRERA

  
DR. JOSE MANUEL FERNANDEZ BRONDO  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio 1993.

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

U A A A N

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A la Fundación Rotaria del Rotary International por su financiamiento económico durante los tres años de estudios.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi por su constante preocupación en la elaboración del proyecto, redacción y corrección del presente trabajo de investigación.

A los Doctores Enrique Navarro Guerrero, Alfonso López Benitez, Rolando Cavazos Cadena y Sergio Rodríguez Herrera, por su afectuosa orientación en la asesoría brindada.

Al Ing. M.C. Humberto de León Castillo por su apoyo material y acertada dirección técnica durante la realización del presente trabajo.

A directivos y personal técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Durango (Dgo.) por facilitar la ejecución de parte de esta investigación y toda la ayuda técnica y afectiva.

Con profundo agradecimiento a mis maestros, por los conocimientos impartidos durante mis estudios.

Al Sr. Pedro Koster, por su aporte en las tareas de campo durante las diferentes etapas de la investigación.

Al personal de Laboratorios, por su apoyo técnico.

A Myrna Rojo Sotelo y Yolanda Sánchez Valenciano, Secretarias de la Subdirección de Postgrado, por su ayuda en la finalización a tiempo del presente documento.

A todos mis compañeros de cursos, por los momentos de camaradería compartidos.

A todo el pueblo Mexicano, por su calurosa aceptación en esta mi segunda patria.

## DEDICATORIA

*Para mí, Señor, has preparado la mesa y has llenado la copa hasta los bordes.*

*Sal 22, 5*

Con respeto y admiración a mis padres:

Antonio y Margarita

Porque siempre me han motivado a la superación.

Con amor y gratitud a:

Mis hermanas Susana y Alicia

Mis sobrinas Susana y Natalia

Mi cuñado Jorge

Porque aún en la distancia tuvieron presencia diaria.

Con cariño a mis amigos:

Ursula, Ana y Leonardo

Porque dieron todo de sí para mantener una amistad que conservaré para siempre.

# **COMPENDIO**

## **COMPARACION DE APTITUD COMBINATORIA Y HETEROSIS DE DIFERENTES CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS EN MAIZ BAJO RIEGO Y TEMPORAL**

POR

HECTOR ANTONIO PACCAPELO LUGONES

DOCTORADO  
FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 1993.

DR. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Asesor

Palabras clave: Maíz, aptitud combinatoria, heterosis componentes de rendimiento, correlaciones, modelo de raíces.

En dos localidades (Parras y Celaya) se evaluaron 90 líneas S1 de maíz originadas de una población con amplia gama de variabilidad genética y se seleccionaron 12 progenitoras sobresalientes para diferentes características

agronómicas. Con estos progenitores se realizaron cruzas dialélicas (Método I y Modelo I de Griffing, 1956) produciendo 66 híbridos simples directos. Se evaluaron 81 poblaciones (12 progenitores, 66 cruzas y tres testigos) bajo riego y temporal con el objetivo de estimar ACG, ACE, heterosis y correlaciones para diferentes características agronómicas. Además, bajo condiciones de invernadero se evaluaron 21 poblaciones (6 progenitores y 15 cruzas) para estudiar aptitud combinatoria y patrón de crecimiento de raíces.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para la mayoría de las características estudiadas. La línea 9 produjo el máximo rendimiento con 6100 y 561.3 kg/ha bajo riego y temporal, respectivamente. El híbrido 5x9 superó ampliamente al resto de los participantes en temporal.

La proporción de ACG/ACE mostró una gran diferencia a favor de ACG para 9 de las 10 características analizadas tanto en riego como temporal. En riego el rendimiento manifestó preponderancia de genes no aditivos. El intervalo de floración, en temporal, presentó aporte similar de ambos tipos de genes. Las líneas 7,6 y 5 bajo riego y 5 y 9 bajo temporal fueron identificadas como combinadoras superiores para rendimiento y diferentes características agronómicas. Las cruzas 5x10, 2x6 y 4x8 bajo riego y 5x9 y 6x12 en temporal manifestaron altos valores de ACE para rendimiento.

La heterosis sobre el progenitor superior varió entre -16.43 a 26.18 por ciento para rendimiento y 52 cruzas de 66 demostraron heterosis para esta característica bajo riego. Mientras que, bajo temporal se encontró un rango de -17.94 a 48.78 por ciento de heterosis para rendimiento y 36 cruzas de 66 superaron al progenitor superior.

Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con el número de mazorcas por planta, número de granos por hilera, altura de planta y peso de 1000 granos, en condiciones de riego y temporal, simultáneamente.

Las líneas 8, 5 y 9 y los híbridos 7x8, 3x8 y 5x8 expresaron mayor peso seco del sistema radical entre los genotipos estudiados. La línea 8 fue identificada como mejor combinadora para la masa total del sistema radical. Los progenitores 5 y 8 produjeron excelente modelo de crecimiento del sistema radical en diferentes perfiles del suelo. Las cruzas 7x9, 5x7, 5x6 y 6x8 produjeron modelos de crecimiento como uno de los dos progenitores.

## **ABSTRACT**

### **COMPARISON OF COMBINING ABILITY AND HETEROSIS FOR DIFFERENT QUANTITATIVE CHARACTERS IN MAIZE UNDER IRRIGATED AND DROUGHT CONDITIONS**

BY

HECTOR ANTONIO PACCAPELO LUGONES

DOCTOR

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 1993.

DR. Sathyanarayanaiah Kuruvadi -Advisor-

Key words: maize, combining ability, heterosis, yield components, correlations, root models.

Ninety  $S_1$  lines of maize derived from a population of wide genetic variability were evaluated in two localities (Parras y Celaya) and 12 superior parents were selected based on the agronomic characters. The diallel crosses (Método II y Modelo I of Griffing, 1956) were effected using these parents and 66 direct hybrids

were produced. Eighty one populations (12 parents, 66 hybrids and 3 check varieties) were evaluated under irrigated and dry condition with an objective of estimating general (GCA) and specific combining ability (SCA), heterosis and correlations for different agronomic characters. In addition to this, 21 populations (6 parents and 15 crosses) were evaluated in the greenhouse for combining ability and root growth models.

The analysis of variance indicated significant differences for the majority of the characteristics studied. The line 9 produced a maximum yield of 6100 and 561.3 kg/ha under irrigated and dry conditions respectively. The hybrid 5x9 was superior to the rest of the participants under dry conditions.

The proportion of GCA/SCA showed vast differences favoring to GCA in 9 out of 10 characters analysed under both the conditions. The yield predominantly manifested no additive gene action under irrigated conditions. The interval of flowering under dry conditions presented both the types of gene action. The following lines 7, 6 and 5 under irrigated and 5 and 9 under dry condition were identified as superior combiners for yield and many agronomic characters. The crosses 5x10, 2x6 and 4x8 under irrigation and 5x9 and 6x12 under dry conditions manifested higher values of SCA for yield.

The heterosis for yield over superior parent varied from -16.43 to 26.18 per cent and 52 crosses out of 66 demonstrated heterosis under irrigated conditions. Meanwhile, under drought condition this range varied from -17.94 to 48.78 per cent for yield and 36 crosses out of 66 produced heterosis over superior parent.

A positive and a significant correlation was observed between yield and number of cobs per plant, number of grains per row, plant height and seed weight under both the environments.

The lines 8, 5 and 9 and the hybrids 7x8, 3x8 and 5x8 produced higher dry weight of root mass among the genotypes studied. The line 8 was identified as best combiner for total root mass. The parents 5 and 8 produced excellent root growth models in different soil profiles. The crosses 7x9, 5x7, 5x6 and 6x8 produced root growth models more or less similar to one of their parents.

## INDICE DE CONTENIDO

|                                      | Página |
|--------------------------------------|--------|
| INDICE DE CUADROS                    | xiv    |
| INDICE DE FIGURAS                    | xvii   |
| INTRODUCCION                         | 1      |
| REVISION DE LITERATURA               | 4      |
| Importancia del Cultivo de Maíz      | 4      |
| Aptitud Combinatoria                 | 5      |
| Evaluación Temprana                  | 9      |
| Heterosis                            | 11     |
| Altura de Planta y Altura de Mazorca | 12     |
| Días a flor                          | 13     |
| Intervalo de floración               | 14     |
| Rendimiento y sus Componentes        | 15     |
| Índice de Cosecha                    | 18     |
| Correlación entre caracteres         | 19     |
| Índice de Selección                  | 22     |
| Índice de Sequía                     | 24     |
| Modelo de Raíces                     | 24     |
| MATERIALES Y METODOS                 | 28     |
| Primer Ciclo                         | 28     |
| Segundo Ciclo                        | 29     |
| Análisis Estadístico                 | 31     |
| Análisis de Covarianza               | 31     |

|   |     |
|---|-----|
| Análisis de Varianza Combinado              | 32  |
| Índice de Selección                         | 33  |
| Tercer Ciclo                                | 34  |
| Cuarto Ciclo                                | 35  |
| Análisis de Aptitud Combinatoria            | 38  |
| Heterosis, Heterobeltiosis y Heterosis Util | 43  |
| Análisis de Correlación                     | 43  |
| Índice de Sequía                            | 44  |
| Modelo de Raíces                            | 46  |
| RESULTADOS Y DISCUSION                      | 48  |
| CONCLUSIONES                                | 139 |
| RESUMEN                                     | 142 |
| LITERATURA CITADA                           | 145 |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. |   | Pág. |
|------------|---|------|
| 3.1        | Método II y Modelo I de Griffing (1956) en bloques completos al azar  | 42   |
| 4.1        | Análisis de varianza combinado para diferentes características agronómicas en 90 líneas S <sub>1</sub> de maíz en Parras (Coahuila) y Celaya (Guanajuato) bajo riego. | 49   |
| 4.2        | Criterio de selección de 12 progenitores sobresalientes en base al índice de selección propuesto por Elston (1963)  | 51   |
| 4.3        | Análisis de varianza general y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas en maíz bajo riego.   | 52   |
| 4.4        | Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 12 progenitores S <sub>1</sub> de maíz bajo riego.   | 57   |
| 4.5        | Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 66 cruzas de maíz bajo riego.  | 58   |
| 4.6        | Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (gi) de 12 líneas progenitoras de maíz bajo riego.  | 66   |
| 4.7        | Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (Si) de 66 cruzas de maíz para diferentes características agronómicas bajo riego.                        | 69   |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 4.8  | Heterosis (H), heterobeltiosis (HB) y heterosis útil (HU) en porcentaje para diferentes características agronómicas de 66 cruzas de maíz bajo riego.    | 74  |
| 4.9  | Correlaciones fenotípicas entre diferentes características agronómicas de maíz bajo riego.  | 83  |
| 4.10 | Análisis de varianza general y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas en maíz bajo temporal.                                  | 86  |
| 4.11 | Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 12 progenitores S <sub>1</sub> de maíz bajo temporal.                              | 89  |
| 4.12 | Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 66 cruzas de maíz bajo temporal.   | 90  |
| 4.13 | Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (gi) de 12 líneas progenitoras de maíz bajo temporal.   | 98  |
| 4.14 | Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (Si) de 66 cruzas de maíz para diferentes características agronómicas bajo temporal.       | 100 |
| 4.15 | Heterosis (H), heterobeltiosis (HB) y heterosis útil (HU) en porcentaje para diferentes características agronómicas de 66 cruzas de maíz bajo temporal. | 104 |
| 4.16 | Correlaciones fenotípicas entre pares de características agronómicas de maíz bajo temporal.   | 112 |
| 4.17 | Comparación de los progenitores para ACG bajo riego y temporal.   | 114 |
| 4.18 | Comparación de las cruzas con altos valores de ACE bajo riego y temporal.   | 114 |
| 4.19 | Relación entre heterosis y aptitud combinatoria bajo riego.   | 117 |
| 4.20 | Relación entre heterosis y aptitud combinatoria bajo temporal.  | 118 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 4.21 | Índice de sequía basado en el rendimiento de grano de los tratamientos bajo riego y sequía según Fischer et al. (1978).                                    | 120 |
| 4.22 | Análisis de varianza, aptitud combinatoria y relación ACG/ACE para diferentes características agronómicas de maíz bajo invernadero.                        | 123 |
| 4.23 | Promedios de diferentes características agronómicas en los progenitores y cruzas de maíz bajo invernadero.   | 125 |
| 4.24 | Efectos de aptitud combinatoria de progenitores para diferentes características agronómicas en maíz bajo invernadero.                                      | 126 |
| 4.25 | Efectos de aptitud combinatoria de 15 cruzas de maíz para diferentes características agronómicas.  | 126 |
| 4.26 | Heterosis (H) y heterobeliosis (HB) en por ciento de diferentes características agronómicas de 15 cruzas de maíz bajo invernadero.                         | 128 |
| 4.27 | Análisis de varianza, aptitud combinatoria y relación ACG/ACE para el peso del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados. | 129 |
| 4.28 | Promedio de peso seco del sistema radical de los progenitores y cruzas para diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados.                       | 131 |
| 4.29 | Efectos de aptitud combinatoria de progenitores para el peso seco del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados.          | 133 |
| 4.30 | Efectos de aptitud combinatoria de 15 cruzas de maíz para el peso seco del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados.     | 135 |
| 4.31 | Correlaciones entre diferentes características agronómicas de 21 poblaciones de maíz bajo invernadero.   | 136 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura |   | Pág. |
|--------|---|------|
| 4.1    | Modelo de raíces de 6 progenitores y sus 15 híbridos en maíz. | 138  |

## 1. INTRODUCCION

Para desarrollar un eficiente programa de mejoramiento, el fitomejorador deberá tener conocimiento de la aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica, heterosis y correlaciones entre diferentes caracteres cuantitativos, pudiendo así seleccionar más racionalmente los progenitores para un programa de hibridación e identificar las cruzas superiores.

Si bien es abundante la literatura sobre la aptitud combinatoria general y específica en maíz en ambientes de riego y alta fertilización, (Zambezi *et al.* 1986; Beck *et al.* 1989; Nevado y Cross, 1990; Queme *et al.* 1990) no ocurre lo mismo en condiciones de temporal. La acción de los poligenes responsables de las características cuantitativas de la planta pueden variar en magnitud bajo condiciones de riego y temporal a causa de la interacción del genotipo con el ambiente.

La escasa y mala distribución de la precipitación es el problema de mayor importancia en las siembras de temporal y el mejoramiento genético puede resultar más rápido y eficiente si el procedimiento de selección toma en consideración otros caracteres además del rendimiento *per se*, (Gamble, 1962b; Johnson, 1973; Nevado y Cross, 1990; Vasco, 1990).

Varias características se encuentran involucradas en aportar mejor adaptación a estos ambientes, entre ellos, la precocidad, el intervalo de floración, el índice de cosecha, componentes del rendimiento y patrones de crecimiento radical.

En México no existe mucha información sobre evaluación de aptitud combinatoria bajo riego y mucho menos en temporal. Los rendimientos bajo temporal dependen de la capacidad de absorción de humedad a través de un mejor modelo de crecimiento del sistema radical. Para sistema radical de progenitores e híbridos de maíz no existe información sobre la variabilidad, habilidad combinatoria, heterosis y modelos de crecimiento, por lo tanto en este estudio se evaluaron 90 líneas  $S_1$  derivadas luego de dos generaciones de recombinación genética de diversos materiales provenientes de ocho diferentes fuentes de germoplasma. Se seleccionaron 400 plantas individuales con características sobresalientes y después, considerando la calidad de semilla, rendimiento y sus componentes, se seleccionaron las 90 mejores mazorcas. Estos 90 materiales se evaluaron en dos ambientes y se seleccionaron 12 progenitores para realizar cruza dialélicas según el Método II y Modelo I de Griffing (1956). Los 12 progenitores y 66 cruza con tres testigos se evaluaron bajo condición de riego y temporal, mientras que bajo invernadero, se evaluaron 6 progenitores y 15 cruza con los siguientes objetivos:

1. Seleccionar progenitores superiores a partir de los valores de aptitud combinatoria general bajo riego y temporal.
2. Identificar las cruza sobresalientes a partir de los valores de aptitud combinatoria específica.

3. Estudiar diferentes formas de heterosis para distintas características cuantitativas en ambos ambientes.
4. Estimar correlaciones fenotípicas entre pares de características agronómicas en ambos ambientes.
5. Graficar diferentes patrones de crecimiento de raíces en los progenitores de mayor rendimiento y sus cruas simples directas.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### Importancia del cultivo de maíz

El maíz es un cereal adaptado a diversas condiciones ecológicas y edáficas, es por eso que se cultiva en casi todo el mundo, constituyendo en lo académico, en lo científico, en lo social y en lo económico una de las plantas más útiles al hombre, debido a que es, actualmente y ha sido por muchos siglos el alimento básico natural para muchos pueblos.

En México es uno de los cultivos que ocupan la mayor superficie en cuanto a siembra (8'495,000ha) aproximadamente el 51 por ciento de la superficie cultivable, con una producción de 14'145,000 toneladas<sup>1</sup>.

En las siembras bajo temporal la precipitación varía año a año y rara vez el campesino obtiene una buena cosecha, como sucede en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí. Otras áreas de temporal, sufren limitantes referidas a la mala distribución de las lluvias durante el año; se presenta un período de sequía conocido como sequía intraestival, que generalmente coincide con la floración o previa a ésta, afectando el rendimiento al disminuir el número de granos por mazorca.

---

<sup>1</sup> Primer Informe de Gobierno 1989. Poder Ejecutivo Federal.

En México el mejoramiento genético del maíz se inició en 1941, enfocándose principalmente a la formación de híbridos para las áreas de riego, con el objetivo de aumentar la producción de granos en el país. Esta situación continuó por mucho tiempo ocasionando que a las regiones de temporal se les dedicara poca atención y que la investigación sobre el cultivo del maíz en ellas se realizara en forma aislada.

En el Instituto Mexicano de Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil", se han buscado estrategias para enfrentar la falta de abastecimiento de grano de maíz en el país, por lo que los técnicos del instituto, han enfocado su esfuerzo en la obtención de materiales mejorados. Se han formado líneas, híbridos y/o variedades mejoradas que actualmente están siendo utilizadas por productores nacionales. Se suma a este proyecto de mejoramiento otras instituciones nacionales que considerando la problemática de las regiones temporaleras y observando la amplia variabilidad que presentan las poblaciones de maíz existentes en el país, han dedicado su investigación a diferentes metodologías de laboratorio, invernadero y de campo, con la finalidad de seleccionar genotipos más adaptados a las condiciones de temporal.

La amplia variabilidad genética existente en las poblaciones respecto a los mecanismos de resistencia a sequía en maíz ha permitido obtener híbridos como el AN-310 o bien colectas como Michoacán 21 y Zacatecas 58, entre otros, que presentan buen comportamiento en condiciones de temporal.

### **Aptitud Combinatoria**

Un método de mejoramiento en maíz es la hibridación, el cuál tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación  $F_1$  (híbrido  $F_1$ ) resultante de la cruce de los progenitores ( $P_1$  y  $P_2$ ) con cualquier estructura genotípica.

(Márquez, 1988). Los progenitores pueden ser variedades de polinización libre, familias, líneas con endogamia parcial o totalmente endogámicas.

El valor del progenitor está determinado por la capacidad para producir híbridos superiores cuando se cruzan con otros progenitores, siendo la prueba de aptitud combinatoria la que determina dicho valor.

El concepto de aptitud combinatoria y su importancia en la mejora de las plantas se ha desarrollado en mayor medida a través de investigaciones realizadas en maíz. Es especialmente útil al conectarse con procedimientos de "prueba" en donde se desea comparar el comportamiento de líneas o clones en combinaciones híbridas.

Sprague y Tatum (1942) definieron la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) y, de acuerdo con los autores, la ACG expresa el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas y la ACE se refiere al comportamiento de combinaciones híbridas específicas, independiente de lo que podría esperarse en base a la ACG de las líneas intervinientes.

Rojas y Sprague (1952) dicen que en maíz, la aptitud combinatoria general es más estable en localidades y años que la específica. Indican, además, que los efectos no aditivos fueron más influenciados por el medio ambiente que los aditivos en un grupo seleccionado de líneas. En material no seleccionado ocurrió lo contrario.

Griffing (1956) presenta un detallado exámen del concepto de capacidad combinatoria en relación a los sistemas de cruzamientos dialélicos. El autor desarrolla una metodología que puede adaptarse a diferentes situaciones; así, como base de clasificación, son posibles cuatro métodos experimentales:

1. El ensayo de las autofecundaciones, un grupo de las  $F_1$  y las cruzas recíprocas de las  $F_1$  (las  $p^2$  combinaciones posibles); 2. El ensayo de las autofecundaciones y un conjunto de las cruzas  $F_1$ , pero no se incluyen las cruzas recíprocas (se ensayan en total  $(p(p+1)/2)$  combinaciones); 3. El ensayo de un conjunto de cruzas  $F_1$  y sus recíprocas, pero no se incluyen las autofecundaciones ( $p(p-1)$  combinaciones); 4. El ensayo de un grupo de cruzas  $F_1$  pero no se incluyen las cruzas recíprocas ni las autofecundaciones ( $(p(p-1)/2)$  combinaciones).

Los diversos métodos enunciados permiten un análisis de los datos en base a sólidos principios estadísticos, pero se diferencian en cuanto a que si los progenitores son considerados como la población sobre la que se harán inferencias (modelo fijo) o como una muestra al azar de una gran población de padres (modelo aleatorio). Un análisis basado en un modelo fijo sólo permite comparar las aptitudes combinatorias de los padres usados en el experimento y la identificación de las combinaciones superiores. En un análisis basado en un modelo aleatorio, se hacen inferencias acerca de la población en base a los componentes de varianza. Aunque el análisis de varianza es similar en ambos modelos, los parámetros probados son diferentes. Zambezi *et al.* (1986) cruzaron diez progenitores (9 líneas  $S_2$  y la población original) en un diseño factorial con un conjunto semejante de progenitores de otra población y los 100 cruzamientos resultante (10 de cada progenitor) fueron probados en dos localidades. Valores significativos de ACG se obtuvieron en ambas poblaciones para rendimiento de grano, altura de mazorca y porcentaje de plantas en pie. Los valores de ACE estimados fueron significativos, pero menos que aquellos de ACG.

López (1986) evalúa 66 cruzas posibles entre 12 líneas de maíz contrastantes en cuanto al área foliar y altura de planta utilizando el Método IV Modelo I de Griffing, bajo dos ambientes (riego y temporal), con el objeto de

estimar ACG, ACE y heterosis. La magnitud de la varianza obtenida para ACG fue mayor que la de ACE bajo condiciones de riego, indicando que los efectos genéticos aditivos juegan un papel muy importante en la herencia de esas características; para temporal, algunas de ellas mostraron efectos genéticos no aditivos.

Beck *et al.* (1990) evalúan un dialélico constituido por 10 progenitores respecto a aptitud combinatoria y heterosis en las características de rendimiento, altura de planta y mazorca, y días a flor en cinco localidades de México, una en Colombia, Ecuador, India y Thailandia. La ACG fue significativa para todos los caracteres evaluados. La ACE fue solo significativa para altura de mazorca. El material utilizado eran complejos genéticos y poblaciones tropicales adaptadas del CIMMYT, de madurez temprana e intermedia.

Nevado y Cross (1990) estudian tres grupos dialélicos independientes entre los mismos ocho progenitores sintéticos (cada dialelo comprendía cruza entre plantas diferentes dentro de cada sintético) en nueve ambientes durante tres años. Estiman ACG y ACE mediante el Método IV modelo I de Griffing. Se obtuvieron correlaciones entre efectos de ACG para todos los tratamientos. El cuadrado medio para ACG fue altamente significativo para todas las características en uno o más de los dialelos, mientras que los efectos de ACE fueron significativos en 50 por ciento de las pruebas de F. Las magnitudes relativas de la relación entre los cuadrados medios del componente de ACG contra el componente de ACG más ACE indican que sería factible seleccionar progenitores que brinden progenies de buen desempeño para número de hileras de grano, peso de grano, tasa relativa de crecimiento, longitud de hojas y días a flor. No ocurre lo mismo para rendimiento de grano y granos por hilera.

Queme *et al.* (1990) evalúan dialélicos entre líneas de maíz en diferentes grado de endogamia, derivadas de cuatro familias de hermanos completos pro-

genitores de un híbrido doble. El objetivo fue establecer la variación de la aptitud combinatoria en diferentes grados de endogamia ( $S_3$  vs  $S_6$ ) y determinar la factibilidad de evitar cruza dialélicas con elevada endogamia, cuando se identifican los progenitores de éstas en generaciones tempranas (endogamia parcial) por su buena aptitud combinatoria. Concluyen que debido a que existe alta probabilidad de repetir los efectos de aptitud combinatoria identificados en generaciones tempranas, los híbridos con endogamia parcial se pueden mejorar con avance generacional por autofecundación, selección *per se* de líneas y realizando cruza dirigidas. Apoyados en la conclusión mencionada se puede decir que en generaciones avanzadas de endogamia no es necesario realizar pruebas de ACE, repercutiendo en ahorro de tiempo y de recursos.

### Evaluación Temprana

En un programa de maíz híbrido, muchas líneas con buenas características agronómicas y de buena productividad, obtenidas al final de un largo proceso de autofecundaciones y selección pueden ser eliminadas por no presentar buena capacidad de combinación. La evaluación temprana fue propuesta por Jenkis (1935) y Sprague (1946) durante los estadíos iniciales del proceso de endogamia. Lonquist (1950) reporta que existe una alta correlación positiva entre la ACG de las líneas en la primera o primeras generaciones de autofecundación con respecto a la aptitud combinatoria de las líneas altamente homocigóticas.

La utilización de líneas con pocas generaciones de autofecundación puede ser valiosa en un programa de maíz. Wellhausen y Wortman (1954) relatan que las primeras variedades mejoradas en México fueron sintéticos de líneas  $S_1$ , continuándose con híbridos dobles y triples a partir de líneas más homocigóticas. Los autores presentan las ventajas del uso de líneas  $S_1$  o  $S_2$  en relación a líneas más homocigóticas: (a) mayor facilidad en la producción de semilla debido al mayor vigor y productividad de las líneas (b) flexibilidad ante enfermedades o

factores que se tornan problemáticos. Los autores presentan las ganancias en rendimiento respecto a una variedad, como punto de referencia, y encuentran que los sintéticos aumentaron la producción un 17 por ciento, los híbridos de líneas  $S_1$  aumentaron un 34 por ciento y los híbridos de líneas más homocigóticas aumentaron un 33 por ciento. Resaltan los autores que la experiencia ha demostrado que una mayor uniformidad en los híbridos de líneas más homocigóticas no resultan necesariamente en mayor productividad.

Allard (1980) menciona que se ha generalizado que la prueba de ACG se realice con las plantas seleccionadas originales ( $S_0$ ) o con la primera generación de autofecundación ( $S_1$ ) por la efectividad que han encontrado algunos investigadores en esta prueba temprana, quienes indicaron que las líneas adquieren su individualidad como progenitoras al principio del proceso de autofecundación, pues su aptitud combinatoria permanece bastante estable en lo sucesivo. En general, la evaluación temprana depende básicamente de la población que se usa para iniciar el programa de endogamia. Si se usa un sintético o una población que fue sometida a autofecundaciones, una evaluación temprana será ventajosa por que hay mayor posibilidad de obtener líneas con un buen comportamiento agronómico *per se*, (Vasal y Srinivasan, 1991).

Vasco (1990) evalúa el potencial genético de líneas con diferente endogamia a través de híbridos simples obtenidos en dos poblaciones de maíz. De cada población se utilizaron siete líneas en cuatro niveles de endogamia ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  y  $S_4$ ) totalizando 28 líneas progenitoras, las cuales fueron cruzadas de acuerdo al esquema de un dialélico parcial, formando cuatro conjuntos de cruzamientos  $7 \times 7$ . El análisis de la varianza de las tablas dialélicas para los caracteres de producción mostraron alta significancia para los efectos de aptitud combinatoria general en las líneas de ambas poblaciones, indicando la importancia de la varianza genética aditiva para aquellos caracteres.

## Heterosis

La heterosis o "vigor híbrido" expresada como la diferencia entre la  $F_1$  y los valores del progenitor medio, depende para su ocurrencia de la dominancia. Los loci sin dominancia no causan ni depresión endogámica ni heterosis. La magnitud de la misma depende de la diferencia de la frecuencia génicas entre las poblaciones. Si éstas al cruzarse no difieren en la frecuencia génica no habrá heterosis y ésta será más grande cuando un alelo está fijado en una población y el otro alelo en la otra, (Falconer, 1964).

Giesbrecht (1961) utiliza el método de análisis genético de Powers (1950, 1955) para analizar altura de mazorca y sus componentes (número de entrenudos y longitud de entrenudos). La media de la  $F_1$  fue considerablemente superior al promedio de los progenitores indicando dominancia para altura de mazorca. Pero no todos los genes que actúan para altura son responsables para esta heterosis. El número de entrenudos no parece mostrar dominancia, pero la longitud de los mismos sugiere heterosis.

Johnson y Fisher (1981) evalúan el comportamiento de materiales del CIMMYT en cruzas con Tuxpeño Crema-1 P.B.C-17 y ETO Blanco, representativos de dos muy bien conocidos grupos heteróticos en el trópico. Materiales tropicales precoces e intermedios probados en tres localidades de México exhiben cruzas con un 10 por ciento de heterosis respecto al mejor progenitor (heterobeltiosis) aunque no se pueden utilizar directamente por diferencias en el color del grano.

Rood y Major (1981) estudian un dialélico entre ocho líneas precoces de maíz para investigar la herencia y aptitud combinatoria del número de hojas, altura de planta, días a flor y tasa de desarrollo foliar. Una aparente sobredominancia

para disminución de la tasa de desarrollo foliar explicaría como la dominancia para aumento del número de hojas y la dominancia incompleta para disminución del tiempo a flor actuarían simultáneamente e indicaría que la heterosis ocurre para el desarrollo del maíz, pues la cruce de líneas precoces y tardías dan híbridos que tienden a florecer temprano y producir más hojas que el promedio de los progenitores. Ello provoca una tasa de desarrollo más rápida.

Cortéz *et al.* (1981) realizaron cruzas dialélicas entre varios materiales de grano blanco del CIMMYT adaptados al trópico, complejos génicos de madurez intermedia y tardía. En cruzas entre materiales intermedios, el Pool 20 x Población 49 exhibe efecto heterótico altamente significativo.

Beck *et al.* (1990) estudian el comportamiento heterótico y capacidad combinatoria de compuestos y poblaciones del CIMMYT con adaptación tropical, de madurez temprana e intermedia a través de un dialélico entre 10 progenitores (cinco poblaciones y cinco pools). Aunque la heterosis en rendimiento sobre el mejor progenitor fue baja en la mayoría de los cruzamientos, niveles moderados de heterosis se encontró en la cruce de Población 23 x Pool 26 (9.6 por ciento). La población 26 también combina bien con Pool 21 con 7.3 por ciento de heterosis sobre el mejor progenitor. La población 23 x Pool 20 tuvo 6.7 por ciento de heterosis. La heterosis para altura de planta y mazorca y días a flor fue generalmente baja.

### **Altura de Mazorca y Altura de Planta**

Estas características han sido preocupación de los mejoradores tratando de obtener porte bajo. Con ello se busca una arquitectura de planta que resista al acame, adaptación a la cosecha mecánica, posibilidad de incrementar la densidad de siembra y obtener mayores producciones.

Giesbrecht (1961) verifica variación en seis factores para altura de mazorca, de los cuales dos controlan el número de entrenudos y cuatro longitud de entrenudos. La heredabilidad estimada para los caracteres número de entrenudos, acortamiento de entrenudos y altura de mazorca fue de 65.6, 38.4 y 82.4 por ciento, respectivamente.

Cross y Zuber (1973) analizaron la interrelación entre altura de planta y número de días desde siembra a antesis (medida de madurez relativa). Mientras que en condiciones de invernadero existiría una alta correlación entre ellos no existiría la misma en condiciones ambientales de campo, especialmente cuando se consideran las siembras en una amplia zona. Encuentran una alta correlación entre el número de hojas y altura de planta a madurez.

La obtención de maíces precoces basados en una selección combinada para el menor número de hojas y altura y floración temprana será efectiva si estos caracteres están bajo el mismo control genético. Dominancia incompleta para floración temprana fue reportada por Bonaparte (1977) y Rood y Major (1981) y para precocidad por Bonaparte (1977) y Lorenzoni (1964) y aparente sobredominancia para el número de hojas explicarían la sobredominancia encontrada en altura de planta, (Giesbrecht, 1961).

### **Días a flor**

La precocidad, las adaptaciones al frío o sequía, la dependencia al fotoperíodo y otros caracteres fisiológicos en maíz están controlados por muchos genes. Los maíces que se cultivan en áreas con prolongados períodos de crecimiento muestran que el potencial de los granos para acomodar los asimilatos (destino) es el principal factor limitante. En cambio, para los que deben crecer en cortos períodos, la limitante principal parece ser la disponibilidad de asimilatos (fuente). No sorprende esta limitante ya que la planta de maíz que crece en un

período menor tiene menor altura, número y tamaño de hojas, (Chase y Nanda, 1967; Hunter y Kannenberg, 1970; Hunter *et al.* 1974).

### **Intervalo de Floración**

Se define como el intervalo de tiempo entre la dehiscencia del polen (antes) y la extrusión de los estigmas para el 50 por ciento de las plantas presentes por cada genotipo (anthesis-silking interval, ASI).

Bolaños y Edmeades (1990) sugieren que el intervalo de floración parece depender de factores genéticos en la distribución de la materia seca y no del balance hídrico de los genotipos. Consideran que la sequía permite identificar más fácilmente las familias capaces de sincronizarla floración masculina y femenina, ya que en buenas condiciones la variabilidad genética del intervalo de floración se reduce considerablemente. En todas las poblaciones estudiadas por los autores, el rendimiento disminuye aproximadamente 10 por ciento por cada día de retraso en la extrusión de los estigmas de cero a nueve días. El rendimiento es prácticamente cero cuando el intervalo de floración excede los 10 días. Esta relación entre el intervalo de floración y el rendimiento se ha observado en todos los genotipos examinados del Banco de Germoplasma del CIMMYT, desde poblaciones y variedades mejoradas hasta líneas endocreadas (S<sub>1</sub> a S<sub>6</sub>) e incluso híbridos. Evidencia adicional de la importancia del intervalo de floración proviene de la evaluación del proceso obtenido en la población Tuxpeño Sequía después de ocho ciclos de selección recurrente para resistencia a sequía. Los datos indican que esta reducción resultó en un mayor número de granos por planta, mazorcas por planta, y por tanto un mayor rendimiento de grano. No se registró mejoría alguna en el balance hídrico del cultivo ni en los parámetros fisiológicos y morfológicos indicadores de un balance hídrico positivo. Los datos sugieren así mismo, que las diferencias en el intervalo de floración son

el resultado de diferencias genéticas en los patrones de distribución de la materia seca hacia la mazorca en desarrollo.

### **Rendimiento y sus Componentes**

Jenkis (1940) señala que la capacidad para rendimiento depende del número de alelos dominantes favorables llevados por las líneas y de su relativa importancia. El rendimiento está controlado por un gran número de genes dominantes.

Johnson y Hayes (1940) indican que puede esperarse un rendimiento bajo del cruce entre líneas de baja aptitud combinatoria, pero que cuando se cruzan líneas de aptitud elevada, los rendimientos son altos. Al cruzar una línea de baja aptitud combinatoria con otra de alta, los híbridos rinden tanto como si derivaran de cruzamientos entre líneas con alta aptitud.

Leng (1954) estudió líneas puras y sus  $F_1$  señalando que en el maíz el rendimiento total de grano por planta es el producto de los siguientes componentes:

A - Número de mazorcas por planta

B - Peso del grano por mazorca, determinado por:

1. Peso del grano

2. Número de granos por mazorca, que depende de:

a. Número de hileras (diámetro)

b. Número de granos por hilera (longitud)

Graffius (1959) considera que como los componentes de rendimiento poseen una relación multiplicativa respecto al rendimiento mucha de la variabilidad no aditiva del rendimiento podría explicarse en término de la varia-

ción aditiva de los componentes, y que, los padres de las cruzas destinadas a capitalizar los efectos favorables no aditivos, podrían seleccionarse sobre la base de los efectos aditivos estimados en los componentes.

Bauman (1959) y Gamble (1962a) dicen que la importancia de la interacción no alélica en heterosis y en herencia cuantitativa es relativamente desconocida. Agregan que la epistasis esta presente en la herencia del rendimiento, pero que mientras no se perfeccionen los métodos para determinarla no tendrá la importancia que debiera tener.

Gamble (1962a, 1962b) en un estudio de seis líneas puras y sus F<sub>1</sub> directas, encontró que los efectos génicos de dominancia fueron los que más contribuyeron a la herencia del rendimiento de grano. Robinson *et al.* (1949), por su parte, concluyeron que los efectos aditivos contribuyen en mayor grado a la herencia del rendimiento. Los estudios poblacionales en maíz han mostrado una preponderancia de la varianza génica aditiva respecto a la dominancia. Hallauer y Miranda (1988) y López G. (1986) mostraron una baja heredabilidad, cuyo coeficiente generalmente es inferior al 0.20.

Gamble (1962b) dice que los efectos génicos aditivos fueron más importantes para los componentes de rendimiento que para el mismo rendimiento, y que fueron realmente más altos para el número de hileras, diámetro de mazorca y peso de grano, que para longitud de mazorca.

El rendimiento se considera fundamental en los maíces híbridos. Poehlman (1971) señala que la capacidad particular del maíz híbrido para producir altos rendimientos es la principal razón de la rápida sustitución de las variedades de polinización libre. Muchos híbridos comerciales deben su superioridad de rendimiento a la fijación de efectos no aditivos favorables que se producen al cruzar líneas que se han seleccionado previamente por su superior aptitud combinatoria. En

consecuencia, si los efectos aditivos de los componentes de rendimiento son útiles para predecir los efectos no aditivos del carácter rendimiento, la información de los componentes obtenida con la ACG de las líneas puede usarse para predecir cruza simples superiores, (Sprague et al, 1962).

Johnson (1973) examina el modelo hereditario de la relación entre el rendimiento y sus componentes. Un modelo que incluye efectos aditivos para el número de hileras y peso de 300 granos y de efectos aditivos más efectos de dominancia para granos por hilera se adecuó a la variación en rendimiento como debida a la variabilidad en estos componentes. El rendimiento máximo con respecto a efectos aditivos estuvo caracterizado por alto número de hileras y peso de 300 granos, mientras que la respuesta de rendimiento a los efectos dominantes se debió a granos por hilera solamente. Estos resultados indican que la respuesta a rendimiento debido a efectos no aditivos se maximizó por cruza entre líneas que, sobre la base de efectos aditivos, exhibía número alto de hileras y peso por grano. Sin embargo, los efectos aditivos de los componentes estimados no provéen más información sobre el rendimiento que el efecto aditivo del propio rendimiento. Por otro lado, estimaciones de efectos aditivos en los componentes de rendimiento de los progenitores no son útiles en predecir cruza poseyendo efectos favorables no aditivos. En conclusión, como los componentes de rendimiento exhiben al menos tanta variación no aditiva como el rendimiento, las estimaciones de los componentes obtenidos de las propias líneas no tendrían mayor uso en predecir el comportamiento de los híbridos que considerar el rendimiento de las líneas. En los recientes híbridos de Estados Unidos de América hay un notable incremento del rendimiento bajo condiciones desfavorables, (Russell et al. 1974). Debido al desconocimiento de las características que determinan resistencia a sequía y a la complejidad del carácter rendimiento, la estrategia de seleccionar en ambientes húmedos es más eficiente para obtener progresos rápidos. Esto se debe a que en condiciones óptimas la heredabilidad para rendimiento es más alta que en condiciones subóptimas. El mejoramiento del

rendimiento bajo condiciones de sequía muestra ganancias irrelevantes, (Blum, 1979). Una alternativa entre las dos estrategias de selección es mejorar resistencia a sequía en aquellos materiales que mostraron alto potencial de rendimiento. Debería prestarse más atención a los mecanismos que aportan resistencia, (Fischer *et al.* 1983). El incremento de la frecuencia génica generacional para uno o dos mecanismos de resistencia y al mismo tiempo el rendimiento de grano favorecería las respuestas en condiciones de sequía, (Johnson y Fisher, 1979).

Bolaños y Edmeades (1989) prueban la población Tuxpeño Sequía en 11 localidades internacionales con diferentes niveles de sequía y obtienen resultados semejantes con rendimientos aumentados 800 a 900 kg/ha entre el ciclo cero (C<sub>0</sub>) y el ciclo ocho (C<sub>8</sub>) de selección. Un análisis de los componentes de rendimiento indica que la selección mejoró considerablemente el número de mazorcas por planta, especialmente en condiciones de sequía, aumentando poco el número de granos por mazorca. Dado que el rendimiento de una planta sin mazorca es cero, la primera prioridad en mejorar la resistencia a sequía es garantizar que la planta no quede infértil (sin mazorca) ante el estrés ambiental.

Edmeades *et al.* (1990) consideran que el cultivo de maíz creciendo en condiciones ambientales de sequía sufre de severos estrés quizás dos años de cinco, estrés medio otros dos años y nada o poco estrés el año restante. Entonces un genotipo tolerante a sequía debe retener la capacidad de explotar buenos ambientes cuando éstos ocurren, o serán rápidamente descartados por los agricultores.

### **Índice de Cosecha**

El índice de cosecha (IC) definido como la relación del rendimiento de grano respecto al rendimiento biológico (o materia seca) fue propuesto por Do-

nald (1962) y su utilidad en conexión a los esfuerzos agronómicos o de mejoramiento en incrementar los rendimientos de los cultivos fue tratado por Donald y Hamblin (1976). Estos autores recomiendan que el rendimiento total biológico debe determinarse y reportarse junto con el rendimiento de grano. Consideran que se permite así una mejor interpretación analítica de los efectos genéticos y ambientales que lo que es posible con el rendimiento de grano solamente.

Snyder y Carlson (1984) sugieren que la "síntesis, translocación, particionamiento y acumulación de productos fotosintéticos dentro de la planta está controlado genéticamente e influenciado por el ambiente". Por ello el índice de cosecha debe ajustar al índice de cosecha genético. Dependiendo de la naturaleza del estrés y su extensión el índice de cosecha se aparta del genético.

El análisis de los datos indican que no es el tamaño de la planta pero si el estrés a la que está sometida, quien determina el índice de cosecha (Prihar y Stewart, 1990).

### **Correlación entre caracteres**

El estudio de correlaciones entre caracteres en maíz ha sido intenso y comprende materiales muy diversos como líneas, híbridos o progenies de poblaciones. Jenkis (1929) muestra que la producción de líneas endogámicas estuvo significativa y positivamente correlacionada con altura de planta, número de mazorcas por planta, diámetro de mazorcas; estando negativamente correlacionada con floración femenina. De acuerdo con Falconer (1964), las causas genéticas de correlación son principalmente la pleiotropía y el ligamiento, aunque esta última sea una causa transitoria de correlación, en poblaciones derivadas de cruzamientos entre materiales genéticamente divergentes; en cuanto a la pleiotropía, es la propiedad de un gen de afectar a dos o más caracte-

res. En otras palabras, la pleiotropía expresa la magnitud por medio del cuál dos caracteres están influenciados por los mismos genes.

La correlación tiene importancia en el mejoramiento de plantas porque permite la selección de manera más apropiada las plantas más eficientes. En la literatura existe una amplia revisión relacionada a evidencias de correlación entre los caracteres altura de planta y altura de mazorca, producción y altura de planta o de mazorca, días a flor y altura de planta, entre otros caracteres.

Bhan *et al.* (1973) mencionan que los días a emergencia de la flor femenina estuvo correlacionada positiva y significativamente con peso de raíz y días a madurez. Estas correlaciones sugieren que los días a emergencia de la flor femenina y madurez, pueden ser tomados como convenientes índices para tener una idea del sistema radical y consecuentemente de la resistencia a sequía.

Singh y Singh (1973) señalan que la correlación simple no toma en cuenta las relaciones extremadamente complejas, entre varios caracteres que están relacionados a variables dependientes. Sin embargo, Fonseca y Patterson (1969) indican que el coeficiente de sendero es útil en la partición de asociaciones complejas en efectos directos e indirectos.

Una revisión sobre correlación de caracteres en maíz, incluido líneas como material básico fue presentado por Hallauer y Miranda (1988). Dentro de los híbridos simples Jugenheimer (1981) verificó que la producción se correlaciona positiva y significativamente con la floración masculina y femenina, altura de planta, número de nudos por planta, número de nudos debajo de la mazorca, número de mazorcas por planta, cobertura y diámetro de mazorca, y al mismo tiempo, estuvo correlacionada negativamente con el porcentaje de mazorcas podridas.

Varios trabajos se condujeron procurando evaluar las relaciones entre caracteres de las líneas y de los híbridos. Hallauer y Miranda (1988) consideran que algunos estudios muestran que algunas líneas tienen mayor capacidad de transmisión de sus caracteres a los híbridos, pero de modo general, las correlaciones no fueron mayoritariamente positivas y altas como para ser efectivamente consideradas en el proceso de selección; otros estudios, no obstante, muestran correlaciones positivas de suficiente magnitud para ser consideradas en ese proceso. Las estimaciones de correlación entre producción de granos y otros caracteres son de gran ayuda para el auxilio del mejorador en la identificación de genotipos superiores. Así, correlaciones positivas y significativas entre producción y los caracteres de altura de planta y mazorca fueron verificados por diversos autores, (Robinson, *et al.* 1949; Goodman, 1965 ; Johnson, 1973; Hallauer y Miranda, 1988; Nevado y Cross, 1990).

Vasco (1990), evalúa la producción total de mazorcas por parcela utilizando una muestra aleatoria de cinco mazorcas y ello parece ser un criterio eficiente teniendo en cuenta que las correlaciones obtenidas entre peso total de mazorcas y peso de cinco mazorcas fueron estadísticamente significativas y de magnitudes elevadas: 0.83 a 0.93, siendo este procedimiento posible de ser usado con seguridad en la evaluación de híbridos simples.

Hallauer y Miranda (1988) hicieron una relevante revisión sobre correlaciones entre 13 caracteres de la planta de maíz. Dentro de los caracteres de interés se pueden citar varias medidas de correlación entre producción y: altura de planta (0.26), altura de mazorca (0.31), diámetro de mazorca (0.41), peso de granos (0.25), días a flor (0.14); altura de planta y altura de mazorca (0.81); días a flor y altura de mazorca (0.42).

Bolaños y Edmeades (1989) evalúan cuatro poblaciones élite de maíz tropical del CIMMYT. Se mejoran para resistencia a sequía bajo un esquema de se-

lección recurrente ( $S_1$  o hermanos completos) para rendimiento de grano y otras características, tanto bajo estrés de sequía como bajo condiciones de buena humedad. Los datos recolectados de más de 2.000 familias por población evaluadas en tres niveles de humedad edáfica: 1. estrés severo durante el período de pre y postfloración; 2. estrés intermedio durante el llenado de granos y 3. irrigación normal, todos en ausencia de lluvias, mostraron correlación débil o ausencia entre el rendimiento de grano y otras características relacionadas al balance hídrico de la planta, tales como: enrollamiento foliar y senescencia, foto-oxidación, concentración foliar de clorofila, tasa de elongación vegetativa, temperatura foliar y potencial hídrico matutino. El rendimiento bajo todos los niveles de estrés estuvo correlacionado negativamente con el intervalo de floración, el cuál se amplió debido a la sequía. Así mismo los granos y mazorcas por planta se redujeron significativamente. En todas las poblaciones el rendimiento disminuyó aproximadamente un 10 por ciento por día de incremento en el intervalo de floración.

### **Indices de Selección**

La teoría clásica de los índices, como forma sistemática de realizar selección simultánea fue propuesta por Smith (1936) y Hazel (1943); se requieren parámetros poblacionales determinados sin error. Posteriormente se han propuesto otros tipos de índices como el restringido, Kempthorne and Nordskog (1959) aplicable en los casos en que se desea realizar mejoramiento genético manteniendo constante la media de uno o más caracteres. Se requieren estimaciones de varianzas fenotípicas y genotípicas y covarianzas entre tratamientos y/o especificación de pesos económicos relativos para cada tratamiento. Estos requisitos han limitado el uso de índices de selección formales en programas de mejoramiento aplicados, (Hallauer *et al.* 1988; Johnson *et al.* 1988).

El índice multiplicativo o de ponderación libre de Elston (1963) no hace suposición alguna acerca de las variables ni se requieren estimaciones de

parámetros genéticos y el índice de selección para ganancias deseadas de Pesek and Baker (1969) requiere de las ganancias relativas que se pretenden obtener para cada carácter. El uso de estos índices de ponderación libre es limitado porque los tratamientos a menudo difieren en su importancia relativa. Por ejemplo, los mejoradores de Estados Unidos de América creen que el rendimiento de grano es más importante que la resistencia a enfermedades e insectos, (Hallauer, 1990).

Subandi *et al.* (1973) evalúan la eficiencia de cinco índices de selección de tres tipos : 1) simple multiplicativo 2) índices aditivos y 3) índices contruidos por procedimientos estadísticos formales (de Smith). Cada uno comprendía tres caracteres : rendimiento ajustado, plantas erguidas y y plantas sin mazorcas caídas en dos cruza varietales de maíz. Encuentran que tanto el índice multiplicativo como el de Smith dieron la misma ganancia total de selección. Los autores sugieren que bajo ciertas condiciones el índice multiplicativo puede ser favorable ya que no requiere estimación de parámetros ni pesos económicos en su construcción.

Smith *et al.* (1981) comparan tres índices de selección. Dos índices, uno que usa heredabilidad como índice de ponderación y el otro que usa pesos relativos económicos (índice base) como índice de ponderación, fueron comparados con el índice óptimo de Smith-Hazel. Encuentran que el índice base y el índice que usa heredabilidades tienen muy alta eficiencia relativa para caracteres individuales y compuestos, comparados con el de Smith-Hazel. Recomiendan el que utiliza heredabilidades porque 1) éstas surgen de rutina en el análisis de datos y requieren poco esfuerzo adicional y 2) son ponderaciones óptimas cuando los caracteres no están correlacionados.

Reyes *et al.* (1990) comparan el índice clásico (Smith, 1936) con el índice de multiplicación libre (Elston, 1963) y encuentran una fuerte correlación entre ambos.

### **Índice de Sequía**

Muñoz (1978) menciona que mediante el sistema riego sequía se puede obtener la capacidad de un genotipo y utilizarla como un índice de resistencia a la sequía.

Fischer y Maurer (1978) establecen una ecuación matemática correspondiente a un índice de sequía (IS) basándose en el rendimiento de grano bajo sequía y no sequía, con relación al rendimiento medio de todos los genotipos bajo sequía y no sequía. Así, un índice de sequía  $> 1$  sugiere una resistencia relativa a sequía y un índice  $< 1$  susceptibilidad relativa a sequía.

Fischer *et al.* (1983) encuentran diferencias entre 8 genotipos de maíz con amplia diversidad genética, con valores extremos de 1.43 (Tuxpeño-1) y 0.75 (Mezcla Amarilla). Bajo condiciones de no estrés se encontró alta correlación entre rendimiento y el índice de sequía ( $r = 0.75$ )

### **Modelo de raíces**

La importancia del crecimiento y la habilidad de la raíz para suministrar agua al vástago, desde el punto de vista de la tolerancia a la sequía ha sido reportada por Blum (1974), quien definió a este comportamiento como evasión a la sequía.

Foth (1962) asoció las etapas de crecimiento del tallo en maíz con su crecimiento radical. Durante la etapa vegetativa temprana observó que la raíz

crecen dirección diagonal y posteriormente hacia los lados, terminando dos semanas antes de emerger la espiga; este crecimiento causa una marcada uniformidad en la densidad de las raíz en la parte superior del suelo (12 a 15 pulgadas). Durante el espigado y desarrollo inicial de la mazorca observó un crecimiento apreciable de raíz por debajo de 15 pulgadas y terminó cuando se hizo visible el crecimiento de los granos en la mazorca.

Sullivan y Ross (1979) menciona que las sequías moderadas o severas pero cortas y un sistema radical profuso pueden continuar suministrando agua al tallo, mientras que sequías prolongadas y severas pueden agotar el agua del suelo y hacer sucumbir la planta.

Goldsworthy (1974) hace referencia a la importancia de las resistencias presentes en el flujo de agua a través del continuum suelo-planta-atmósfera durante períodos de sequía. Menciona que el contenido de agua en la planta esta controlado por estas resistencias, por el poder evaporativo de agua en la atmósfera y por el potencial de agua en el suelo; en consecuencia, a medida que el suelo se seca, la magnitud de las resistencias suelo-planta aumentan, debido principalmente a un cambio en la resistencia del suelo, la cual depende del perfil del suelo, del potencial agua del suelo y de la profundidad y ramificaciones de las raíces.

Cadwell (1976) hizo énfasis en la continuidad de la extensión radical dentro del perfil vertical del suelo, en el cual la planta ya tiene un buen establecimiento del sistema radical; es una ventaja para evitar la presencia de altas resistencias al flujo del agua.

Whahab *et al.*(1976) observaron que bajo sequía, durante el llenado de grano, la raíz de maíz cultivado en el suelo profundo y de buenas propiedades físicas y químicas, extrajo humedad de 120 cm de profundidad y pro-

dujo tres veces más que el mismo maíz sembrado en otro tipo de suelo en el que la raíz no pudo extraer agua ni a 30 cm de profundidad.

La entrada de agua a la raíz y su movimiento a través de ella, guarda estrechas relaciones con la estructura que la pone en contacto con el agua del suelo y también con una estructura anatómica de sus tejidos. A medida que disminuye el agua en el suelo, el crecimiento de las raíces es importante, porque aumenta el radio y la profundidad de los tejidos radicales capaces de absorber agua y porque incrementa la densidad radical, acortando la distancia a todos los puntos con humedad en el suelo, (Soriano y Montaldi, 1980). Especies con esa capacidad de crecimiento radical en suelos secos, son comparativamente tolerantes a sequía, (Ogata *et al.*, 1985).

Passioura (1981) señala la ventaja de las plantas con sistema radical reducido cuando el agua no es útil en la profundidad del perfil del suelo y considera que la ventaja del sistema radical extensivo debe ser examinado por el costo de crecimiento y mantenimiento de las raíces, ya que un aumento en la materia seca distribuido a las raíces para permitir una exploración extra podría reducir el índice de cosecha.

Sharp y Davies (1985) investigaron la dinámica del crecimiento radical y la absorción de agua en plantas de maíz sujetas a condiciones limitantes y no limitantes de agua. Las raíces de plantas bien dotadas de humedad penetraron en el perfil del suelo a 60 cm y mostraron un amplio porcentaje de la longitud total entre 20 y 40 cm; en contraste, las plantas con limitaciones de humedad tuvieron una considerable proliferación radicular abajo de los 60 cm. Las tasas de disminución de agua en el suelo correspondieron a las altas densidades radiculares, y más altas tasas por unidad de longitud radical en las raíces profundas, de las plantas sujetas a limitación de agua. El peso seco absoluto de la raíz no se incrementó en el tratamiento seco, pero sí se

registró un aumento en peso seco en la capa superior del suelo, debido a la suberización del tejido radical y al crecimiento de gruesas axilas radicales nodales. Consideran que esta última característica y la proliferación extensiva de las raíces en lo profundo del perfil de suelo pueden constituir importantes respuestas adaptativas, las cuales aumentan la utilidad del agua en el suelo.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### Primer Ciclo (Invierno 1990)

En el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (U.A.A.A.N.) de Tepalcingo, Morelos, se sembró en diciembre de 1990 la población de maíz Compuesto Precoz proporcionada por el Instituto de Maíz, la cual es el producto de dos generaciones de recombinación genética de diversas colectas tales como: Obregón Sequía, Pool 26 Sequía, Pool 18 Sequía, La Posta Sequía, Cafime, Compuesto Norteño, VS-201, Zacatecas 58, Compuesto Calera. Este recurso genético presenta un amplio fondo genético para resistencia a sequía y es considerado un material apropiado para realizar estudios en la formación de híbridos de alto rendimiento bajo temporal.

Se sembraron 1000 semillas en surcos separados a 75 cm, la longitud de los mismos fue de 6 m y en él se sembraron 25 semillas. Se aplicó 180:90:00 kg/ha de N:P:K bajo condiciones de riego, el cuál se continuó siguiendo la necesidad de multiplicación de semilla del cultivo.

Se realizaron 500 autofecundaciones durante el mes de marzo con el fin de obtener semilla  $S_1$ . La selección de las plantas autofecundadas fue por precocidad, sincronización floral, prolificidad, altura de planta y mazorca, hojas erectas.

tas, enrollamiento foliar, acame de raíz, acame de tallo y comportamiento a enfermedades.

La cosecha se efectuó en abril y en laboratorio se seleccionaron las 90 mejores mazorcas por su aspecto visual y que respondieran a las características buscadas.

### **Segundo Ciclo (Primavera - Verano 1991)**

El 3 de mayo de 1991 se sembró en Parras (Coahuila) y el 12 de mayo en Celaya (Guanajuato) las 90 líneas seleccionadas en el experimento anterior y el testigo Compuesto Germoplasma Precoz 4701 MP del Instituto de Maíz de la UAAAN.

Se utilizó el diseño estadístico de bloques dentro de repeticiones, (Yates, 1936). Se sembraron tres bloques dentro de cada repetición, cada uno con 30 participantes y el testigo común (31 genotipos en cada bloque). Se efectuaron dos repeticiones.

Las dimensiones de la parcela fueron: un surco de 21 plantas separadas a 25 cm dentro del surco y a 81 cm entre surcos. Se fertilizó con N:P:K a razón de 180:90:00 kg/ha y se aplicaron riegos cuando fue necesario.

Se registraron las siguientes variables en cada parcela experimental:

- a) Días a flor: el número de días entre la siembra y la fecha en que el 50 por ciento de las plantas de la parcela emitían polen .

- b) Intervalo de floración: el número de días entre la fecha en que el 50 por ciento de las plantas emitían polen y se presentaban estigmas receptivos.
- c) Altura de planta: de diez plantas tomadas al azar se midió la altura, en centímetros, desde la base hasta donde nace la hoja bandera.
- d) Altura de mazorca: de las mismas plantas a las que se midió la altura, se tomó la distancia en centímetros, desde la base hasta el nudo portador de la mazorca principal.
- e) Acame de raíz: el número de plantas con una inclinación igual o mayor a 30 grados respecto a la vertical, expresado en por ciento.
- f) Acame de tallo: el número de plantas con el tallo quebrado debajo de las mazorcas, expresado en por ciento.
- g) Mazorcas podridas: el número de mazorcas que presentan más del 10 por ciento de pudrición.
- h) Número de plantas cosechadas: es el total de plantas cosechadas de la parcela útil.
- i) Número de mazorcas cosechadas: es el total de mazorcas que se obtuvieron de las plantas cosechadas.
- j) Peso total de mazorcas: es el peso total de las mazorcas cosechadas, medido en báscula de reloj con una precisión de tres decimales y expresado en kilogramos.

- k) Por ciento de humedad: en la cosecha se tomó la humedad de una muestra de grano representativa de todas las mazorcas utilizando un aparato medidor de humedad portátil, con un decimal de precisión.
- l) Por ciento de materia seca: se obtuvo por diferencia en base al por ciento de humedad.
- m) Peso seco: se calculó multiplicando el por ciento de materia seca por el peso total de mazorcas.
- n) Rendimiento: se realizaron los cálculos de rendimiento en toneladas por hectárea utilizando el método de plantas con competencia completa de la siguiente manera:

La densidad de siembra se divide entre 0.845 que es una constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad. La cantidad así calculada dividida por 1000 viene a ser el factor de conversión a toneladas por hectárea al 15.5 por ciento de humedad. Posteriormente el peso seco se divide entre el número de plantas cosechadas y se multiplica por el factor de conversión para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea al 15.5 por ciento de humedad.

## **Análisis Estadístico**

### **Análisis de Covarianza**

Antes de efectuar el análisis de varianza fue necesario ajustar el peso seco de granos por parcela respecto al número de plantas cosechadas por parcela experimental utilizando el método de covarianza (Steel y Torrie, 1988) con un ajuste para una población ideal de 18 plantas por parcela. La variable depen-

diente fue el peso seco y la independiente número de plantas cosechadas; los ajustes fueron hechos para parcela individual, utilizando la fórmula:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_i - b (X_i - X)$$

Donde:

$\hat{Y}_{ij}$  = peso seco ajustado por regresión.

$Y_i$  = peso seco no ajustado del i-ésimo tratamiento.

$b$  = coeficiente de regresión.

$X_i$  = plantas cosechadas del i-ésimo tratamiento

$X$  = población ideal

El coeficiente de regresión ( $b$ ) se determina mediante la siguiente fórmula:

$$b = \frac{\sum XY}{\sum XX}$$

Donde:

$\sum XY$  = suma de productos  $XY$  y

$\sum XX$  = suma de cuadrados  $XX$  correspondientes al error experimental del análisis de covarianza.

## Análisis de Varianza

Se realizó el análisis de varianza combinado para ambas localidades correspondiente a un diseño de bloques incompletos, mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_{ji} + B_j + R_{lk} + L_l + (BL)_{jl} + (FL)_{il} + (BR)_{jk} + E_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = valor fenotípico observado en la  $i$ -ésima familia del  $k$ -ésimo grupo de la  $j$ -ésima repetición en la  $l$ -ésima localidad.

$\mu$  = media general de todas las familias.

$F_{ji}$  = efecto de la  $i$ -ésima familia en el  $j$ -ésimo bloque,  $i = 1, 2, \dots, f$ .

$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque,  $j = 1, 2, \dots, b$ .

$R_{lk}$  = efecto de la  $k$ -ésima repetición en la  $l$ -ésima localidad.

$L_l$  = efecto de la  $l$ -ésima localidad,  $l = 1, 2, \dots, p$ .

$(BL)_{jl}$  = efecto de la interacción del  $j$ -ésimo bloque y la  $l$ -ésima localidad.

$(FL)_{il}$  = efecto de la interacción de la  $i$ -ésima familia y la  $l$ -ésima localidad.

$(BR)_{jk}$  = efecto de la interacción del  $j$ -ésimo bloque y la  $k$ -ésima repetición.

$E_{ijkl}$  = efectos aleatorios ambientales asociados con la parcela conteniendo la  $i$ -ésima familia en el  $j$ -ésimo bloque de la  $k$ -ésima repetición en la  $l$ -ésima localidad.

## Índice de Selección

Con los resultados del análisis de varianza conjunto de las localidades de Parras y Celaya se identificaron las líneas superiores en base al índice de ponderación libre propuesto por, (Elston, 1963).

$$W: \prod_{i=1}^p (x_i - k).$$

$i = 1, 2, 3, \dots, p$

Donde:

- $x_i$  = medida de un carácter
- $k$  = valor más pequeño del carácter  $x$
- $i$  = número de caracteres incluidos

En la construcción del índice se incluyeron los caracteres: precocidad, intervalo de floración, altura de planta, altura de mazorca, prolificidad, aspecto y rendimiento. En los cuatro primeros se consideran deseables y se registran con valores negativos. Para los tres últimos caracteres son deseables las medidas más altas.

### **Tercer Ciclo (Invierno 1992)**

En Tepalcingo, Morelos, se sembraron las 12 líneas  $S_1$  de maíz seleccionadas en el ciclo previo en base a rendimiento, precocidad, sincronización floral, altura de planta y de mazorca, ausencia de enfermedades y aspecto de planta. Se realizaron tres siembras espaciadas (cinco, diez y quince de diciembre de 1991) a fin de prolongar el período de floración. En las tres repeticiones, cada genotipo se sembró en dos surcos separados a 81 cm y de seis m de longitud.

En marzo se realizaron las cruza dialélicas entre las 12 líneas  $S_1$  obteniendo un total de  $n(n-1)/2$  cruza directas. Cada cruza se obtuvo polinizando entre seis a diez inflorescencias femeninas, para lograr muestras representativas.

Mediante cruzas fraternales, se incrementó la semilla de cada línea. La cosecha se efectuó en el mes de abril.

#### **Cuarto ciclo (Primavera - Verano 1992)**

##### **Aptitud Combinatoria para diferentes características agronómicas en condiciones de riego y temporal**

En el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de Durango (Durango) el 13 de mayo de 1992 se sembraron las cruzas dialélicas obtenidas en la generación anterior. Son 66 cruza simples directas más los 12 progenitores y tres testigos, que totalizan 81 participantes. Los testigos utilizados son los híbridos (255-18-19 x AN 7) x (CN 67 x CN-66), (255-18-19 x AN7) x (CN66 x CN61) y (255-18-19 x AN 7) x (VS 201-27 x VS 201-27 x VS 201-13) realizados en Celaya en 1991 por el Instituto de Maíz de la UAAAN y caracterizados por ser precoces, de buena sincronización floral, ausencia de enfermedades, estatura media y fundamentalmente por sus altos rendimientos en condiciones de riego. En temporal se sembró en el Campo Experimental del INIFAP localizado en Francisco I. Madero (Durango) el día 13 de julio de 1992.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones. Las dimensiones de la parcela experimental fue de un surco de 5 m de largo y separados a 81 cm. Dentro del surco se sembraron 20 matas de dos semillas cada una, separadas a 25 cm en riego y a 30 cm en temporal, que se aclarearon a una planta por mata. La incorporación del riego siguió las necesidades del cultivo y se fertilizó con N:P:K en la dosis de 180:90:00 kg/ha repartida a la siembra y aporque. La cosecha se efectuó en septiembre. En temporal se aplicó N:P:K en la dosis de 60:30:00 kg/ha. La cosecha se

efectuó en diciembre. En cada parcela experimental se registraron las siguientes variables:

- a) Días a flor: el número de días entre la siembra y la fecha en que el 50 por ciento de las plantas de la parcela mostraban antesis.
- b) Altura de planta: de diez plantas tomadas al azar se midió la altura, en centímetros, desde la base del tallo hasta donde nace la hoja bandera.
- c) Altura de mazorca: de las mismas plantas a las que se midió la altura, tomando la distancia en centímetros desde la base hasta el nudo portador de la mazorca principal.
- d) Intervalo de floración: diferencia en el número de días en que el 50 por ciento de las plantas de la parcela mostraban antesis y estigmas receptivos, respectivamente.
- e) Número de plantas cosechadas: es el total de plantas cosechadas de la parcela útil.
- f) Número de mazorcas cosechadas: es el total de mazorcas que se obtuvieron de las plantas cosechadas.
- g) Peso de campo: es el peso total de las mazorcas cosechadas pesado con báscula de reloj con una precisión de tres decimales y expresado en kilogramos.
- h) Por ciento de humedad: en la cosecha se tomó la humedad de una muestra de grano representativa de todas las mazorcas por medio de

un aparato medidor de humedad portátil, con un decimal de precisión.

- i) Por ciento de materia seca: se obtuvo por diferencia en base al por ciento de humedad.
- j) Peso seco: se calculó multiplicando el por ciento de materia seca por el peso de campo.
- k) Rendimiento: calculado al 15.5 por ciento en toneladas por hectárea al multiplicar el peso ajustado por el factor de conversión.
- l) Índice de cosecha: resultado de dividir el peso seco de granos por parcela sobre el peso seco del material biológico de las plantas cosechadas.
- m) Número de mazorcas por planta: resultado de dividir el número de mazorcas cosechadas en la parcela por el número de plantas cosechadas.
- n) Número de hileras de granos por mazorca: sobre cinco mazorcas representativas de la parcela.
- ñ) Número de granos por hilera: sobre las mismas cinco mazorcas por parcela.
- o) Peso de 1000 granos: se contó y pesó 100 granos de las muestras de rendimiento en cada genotipo.

## Análisis estadístico

### Análisis de covarianza

Se debió ajustar el peso seco porque no fue posible cosechar el mismo número de plantas por parcela útil. Ello quedó determinado por un análisis de covarianza (Steel y Torrie, 1988) y se procedió entonces a ajustar el peso seco por regresión.

Se utilizó el factor de conversión ya descrito para expresar el rendimiento en ton/ha al 15.5 por ciento de humedad.

### Análisis del Dialélico

En la estimación de la aptitud combinatoria se consideró el Método II y Modelo I de la serie de análisis dialélicos de Griffing (1956), mediante el cual se consideran los progenitores ( $p$ ) y las  $p(p-1)/2$  cruzas posibles en un sólo sentido.

Para cada variable estudiada se procedió a efectuar el análisis con distribución en bloques al azar con tres repeticiones. El modelo lineal para realizar el análisis de experimentos dialélicos alojados en diseños de bloques completos al azar es:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \beta_k + \epsilon_{ijk}$$

$i, j = 1, \dots, p$  (progenitores)

$k = 1, \dots, r$  (repeticiones)

donde:

- $Y_{ijk}$  = valor fenotípico de la cruza (i,j) en el bloque k.  
 = efecto común a todas las observaciones.  
 $g_i$  = efecto de la ACG del progenitor i.  
 $g_j$  = efecto de la ACG del progenitor j.  
 $s_{ij}$  = efecto de la ACE de la cruza (i,j).  
 $\beta_k$  = efecto de bloques (repeticiones).  
 $\epsilon_{ijk}$  = efecto aleatorio del error correspondiente a la ijk-ésima observación

Los efectos relativos de la aptitud combinatoria general ( $g_i$ ) y de aptitud combinatoria específica ( $s_{ij}$ ), respectivamente se estimaron como sigue:

$$g_i = \frac{1}{p+2} [(Y_{i.} + Y_{ii}) - \frac{2}{p} Y_{...}]$$

$$s_{ij} = Y_{ij} - \frac{1}{p+2} (Y_{i.} + Y_{ii} + Y_{.j} + Y_{jj}) + \frac{2}{(p+1)(p+2)} Y_{...}$$

donde:

- $Y_{ij}$  = media de i x jh genotipo sobre el k-ésimo bloque  
 $Y_{i.}$  = suma de medias del i-ésimo progenitor en el n-ésimo cruzamiento  
 $Y_{ii}$  = media del i-ésimo progenitor  
 $Y_{.j}$  = suma de medias del j-ésimo progenitor en el n-ésimo cruzamiento

$Y_{jj}$  = media del j-ésimo progenitor  
 $p$  = número de progenitores

Al encontrar diferencias significativas en el análisis de varianza, entre las medias de tratamiento, se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) con una probabilidad del cinco por ciento, para agrupar los tratamientos estadísticamente iguales. La fórmula es la siguiente:

$$DMS = t_{\alpha}(glE) \sqrt{\frac{2 \text{ CME}}{r}}$$

donde:

$t_{\alpha}(glE)$  = valor de t para  $\alpha$  de probabilidad con los grados de libertad del error

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

$r$  = número de repeticiones

El cálculo del error estandar (SE) en cada una de las variables en sus aptitudes combinatorias, se efectuó de la siguiente manera:

$$\text{Var}(\mu) = \frac{2}{p(p+1)} \hat{\sigma}_e^2$$

$$\text{Var}(g_i) = \frac{p-1}{p(p+2)} \hat{\sigma}_e^2$$

$$\text{Var}(s_{ij}) = \frac{p(p-1)}{(p+1)(p-1)} \hat{\sigma}_e^2$$

$$\text{Var}(s_{ij}) = \frac{(p^2 + p + 2)}{(p+1)(p+2)} \hat{\sigma}_e^2$$

$$\text{Var}(g_i - g_j) = \frac{2}{p+2} \hat{\sigma}_e^2$$

$$\text{Var}(S_{ij} - S_{ik}) = \frac{2(p+1)}{(p+2)} \hat{\sigma}_e^2$$

$$\text{Var}(S_{ij} - S_{kl}) = \frac{2p}{(p+2)} \hat{\sigma}_e^2$$

donde:

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{\sigma^2}{r}$$

La contribución a las fuentes de variación del Método II y Modelo I de Griffing (1956) en diseño de bloques completos al azar se detalla en el Cuadro 3.1.

Para probar  $\sigma^2_g = 0$

$$F = CM(ACG) / CME$$

para  $p - 1$  y  $(r - 1)(n - 1)$  grados de libertad

Para probar  $\sigma^2_s = 0$

$$F = CM(ACE) / CME$$

para  $p(p - 1)/2$  y  $(r - 1)(n - 1)$  grados de libertad

Cuadro 3.1 Método II y Modelo I de Griffing en bloques completos al azar

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F <sub>c</sub> |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Repeticiones         | r-1                | Sr                |                  |                |
| ACG                  | p-1                | Sg                | Mg               | Mg/Me          |
| ACE                  | p(p-1)/2           | Ss                | Ms               | Ms/Me          |
| Error                | (r-1)(n-1)         | Se                | Me               |                |
| Total                | rn-1               | St                |                  |                |

r = No. de repeticiones = 3

p = No. de progenitores = 12

n = No. de tratamientos (progenitores y cruzas) = 78

### Análisis de Heterosis , Heterobeltiosis y Heterosis útil

La heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil se calcularon para los diferentes tipos de cruzas mediante las fórmulas:

$$\text{Heterosis: } \frac{F_1 - (P_1 + P_2 / 2) \times 100}{(P_1 + P_2 / 2)}$$

donde:

- $F_1$  = promedio de la  $F_1$
- $p_1$  = promedio del progenitor 1
- $p_2$  = promedio del progenitor 2

$$\text{Heterobeltiosis: } \frac{F_1 - MP \times 100}{MP}$$

donde:

MP = promedio del mejor progenitor

$$\text{Heterosis útil: } \frac{F_1 - T \times 100}{T}$$

donde:

T = promedio de los híbridos experimentales.

## **Análisis de correlación**

Para conocer el grado de asociación entre las variables y sus implicancias en el mejoramiento genético se calcularon las correlaciones simples mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x^2 s_y^2}$$

donde:

- $r$  = Correlación fenotípica
- $s_{xy}$  = Covarianza de las variables x e y
- $s_x^2$  = Varianza fenotípica de la variable x
- $s_y^2$  = Varianza fenotípica de la variable y

### Índice de Sequía

Con los datos de rendimiento en riego y sequía se determinó el índice de sequía propuesto por Fischer y Maurer (1978) cuya fórmula es la siguiente:

$$S = (1 - Y/Y_p) / D$$

donde:

- $S$  = índice de sequía
- $Y$  = rendimiento bajo condiciones de estrés
- $Y_p$  = rendimiento en condiciones de no estrés
- $D$  =  $1 - X/X_p$

donde:

- $X$  = rendimiento promedio de todos los genotipos en condiciones de estrés

$X_p$  = rendimiento promedio de todos los genotipos en condiciones de no estrés

### **Análisis dialélico y Heterosis para el Potencial del Sistema Radical y Otras Características Agronómicas de Maíz Bajo Invernadero**

Se utilizó para este estudio seis progenitores  $S_1$  de maíz seleccionados por su rendimiento en condiciones de riego y temporal, y sus 15 cruzas directas. Fue realizado en un invernadero de la UAAAN, utilizando 42 macetas de polietileno negro de 110 cm de longitud por 23 cm de diámetro; se llenaron hasta la altura de 100 cm con suelo liviano, cribado y fumigado con bromuro de metilo. El suelo dentro de cada bolsa fue compactado ligeramente durante el proceso de llenado, a fin de dar consistencia a las bolsas y a la vez, para simular las condiciones naturales del suelo. Cada bolsa requirió 55 kg de suelo seco, al cual se le aplicó un riego hasta punto de saturación, previamente a la siembra. La siembra se realizó el cuatro de febrero de 1993. En cada bolsa fueron sembradas seis semillas de cada uno de los genotipos bajo estudio, 15 días después de la emergencia se realizó el aclareo, dejando las dos plantas más vigorosas y sanas en cada una de las bolsas. Dichas bolsas fueron colocadas en hileras cuya separación de 50 y 30 cm entre y dentro de la hilera. En relación a los riegos posteriores a la siembra, éstos se aplicaron cuando al menos un genotipo (el más sensible) mostraba un ligero marchitamiento durante las horas frescas del día (7 a 9 A.M.); siguiendo éstas consideraciones, se aplicaron dos riegos de 10 y 5 litros a los 45 días y 68 días posteriores a la siembra, respectivamente.

#### **Mediciones Realizadas**

Altura de planta: a flor, se midió desde la base del tallo hasta la base de la lámina de la hoja bandera, y fue expresada en cm.

Días a flor: el número de días desde la siembra hasta la antesis de la planta.

Peso fresco del tallo: cuando las plantas mostraron flor se cortaron en la base del tallo y se peso todo el vástago aéreo.

Peso seco del tallo: peso seco del vástago aéreo después de haberse sometido la planta 48 hs a 60° C en estufa para eliminar humedad.

Peso seco de raíces: posteriormente al corte de las plantas al alcanzar floración, las bolsas fueron seccionadas en cinco estratos de 20 cm cada uno (00-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm) los cuales fueron lavados por separado con agua a presión suave, a fin de extraer las raíces de cada estrato, para evitar la pérdida de dichas raíces se utilizaron dos cribas, una superior con perforaciones de 6.25 mm<sup>2</sup> y la inferior con perforaciones de 1 mm<sup>2</sup>, después de lo cual se realizó una limpieza manual de las raíces extraídas de cada estrato, quitando las impurezas de la masa radical. Posteriormente, la masa radical recuperada en cada estrato fue colocada en platos de aluminio y se introdujeron en estufa, para ser secados por 24 hr a una temperatura de 60°C para determinar finalmente el peso seco en gramos, mediante el uso de una balanza analítica.

Patrón de crecimiento radical: con los pesos secos de la masa radical recuperada en cada estrato fue graficado el patrón de crecimiento radical de cada uno de los genotipos bajo estudio. El ancho de la barra representa el peso seco de raíces en cada estrato de 20 cm cada uno. A cada g de peso seco le corresponde un cm en el ancho de la barra, pero fue reducido al tamaño carta para ser incluido en la tesis.

## Diseño Experimental

Para el análisis del dialélico se utilizó el Método II y Modelo I de Griffing (1956) con disposición de parcelas en bloques al azar. Consistió en dos bloques, cada uno formado por 21 unidades experimentales y cada unidad experimental formada por dos macetas (bolsas de polietileno), cada bolsa con dos plantas. La unidad experimental en su totalidad fue considerada como parcela útil.

Con los valores medios por parcela de cada variable se realizó el análisis de la aptitud combinatoria, heterosis, heterobeltiosis y correlaciones simples entre caracteres.

Las estimaciones se realizaron de la misma forma que para los experimentos de campo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### Selección de los Progenitores de las Cruzas Dialélicas

El análisis de varianza combinado que se presenta en el Cuadro 4.1 corresponde a 90 líneas  $S_1$  de maíz seleccionadas entre 400 por características agronómicas observables a campo y laboratorio, tales como: precocidad, prolificidad, altura de planta y de mazorca, sincronización floral, acame de raíz y de tallo, ausencia de enfermedades, aspecto de mazorca, y cobertura de espigas. Se combinaron los resultados de los análisis de varianza de Parras (Coahuila) y Celaya (Guanajuato) bajo riego. El testigo común utilizado en cada grupo de familias dentro de bloques fue Germoplasma Precóz 4701 del Instituto de Maíz de la U.A.A.A.N. El análisis revela diferencias significativas para todas las características evaluadas, tales como rendimiento, días a flor, intervalo de floración, aspecto, altura de mazorca y planta, lo cual es indicativo de la existencia de variabilidad en la población original. Navarro *et al.* (1992) encuentra varianzas genéticas significativas entre líneas  $S_2$  de maíz provenientes de la población Nebraska Stiff Stalk Synthetic (NSS) para rendimiento de grano, días a flor, altura de planta y altura de mazorca.

Se seleccionaron las 12 líneas  $S_1$  sobresalientes para utilizarlas como progenitores en las cruas dialélicas en base al índice de ponderación libre propuesto por Elston (1963) entre 90 líneas evaluadas bajo riego. Se consideraron las si-

Cuadro 4.1 Análisis de varianza combinado para diferentes características agronómicas en 90 líneas S1 de maíz en Parras (Coahuila) y Celaya (Guanajuato) bajo riego.

| Fuente de Variación           | Cuadrados medios   |             |             |                     |         |                |               |
|-------------------------------|--------------------|-------------|-------------|---------------------|---------|----------------|---------------|
|                               | Grados de Libertad | Rendimiento | Días a flor | Intervalo floración | Aspecto | Altura mazorca | Altura planta |
| Localidades (L)               | 1                  | 378.1 **    | 4712.3 **   | 825.0 **            | 224.4 * | 189.3 **       | 161.8 **      |
| Repeticiones(R)/ L            | 2                  | 2.9 *       | 26.2 *      | 19.6 **             | 18.9 ** | 21.8           | 32.4 *        |
| Bloques (B)                   | 2                  | 2.0         | 297.5 **    | 4.7 *               | 7.6     | 8.2            | 13.6          |
| B x L                         | 2                  | 4.8 *       | 22.3 *      | 4.9 *               | 15.4 *  | 20.9 *         | 35.4 *        |
| R x B / L                     | 4                  | 3.1 *       | 21.4 *      | 14.6 **             | 14.6 ** | 15.4           | 10.4          |
| Familias (F) / B              | 90                 | 6.4 **      | 53.8 **     | 10.2 **             | 18.7 ** | 13.6 **        | 26.2 **       |
| F x L / B                     | 90                 | 2.1 **      | 18.7 **     | 6.1 *               | 20.4 ** | 10.3 *         | 19.7 **       |
| Error                         | 180                | 0.9         | 7.0         | 4.4                 | 6.2     | 7.4            | 10.5          |
| Coefficiente de Variación (%) |                    | 22.41       | 3.46        | 19.8                | 16.9    | 9.7            | 12.3          |

\* Significativo al 5 por ciento

\*\* Significativo al 1 por ciento

güentes variables como integrantes multiplicativas del índice: rendimiento de grano, días a flor, intervalo de floración, altura de planta, altura de mazorca y aspecto de planta. Las líneas seleccionadas intervinieron como progenitoras en las cruas dialélicas dando como resultado 66 cruas simples directas. El Cuadro 4.2 presenta la dispersión de los valores dentro de cada una de las características incorporadas en el índice. Esta dispersión es significativa y permitirá discriminar entre las cruas resultantes. Debido a simplicidad y eficiencia comparable a la del índice clásico, el índice de ponderación libre puede ser de gran ayuda al mejorador al complementarse con su criterio y experiencia. En presencia de errores de gran magnitud o correlaciones entre ellos, se hace necesario tenerlos en cuenta (Smith, 1936).

### **Estudio de Aptitud Combinatoria y Heterosis para Diferentes Características Agronómicas de Maíz Bajo Riego**

El análisis de varianza y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas de líneas S<sub>1</sub> de maíz se presentan en el Cuadro 4.3 indicando diferencias significativas entre tratamientos para todas las variables estudiadas (con excepción del intervalo de floración), tales como: rendimiento por hectárea, mazorcas por planta, hileras de granos por mazorca, granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, altura de planta, altura de mazorca e índice de cosecha, revelando una amplia variabilidad para todas las características bajo estudio. Representan recursos genéticos promisorios para desarrollar variedades superiores. La subdivisión de la varianza de tratamientos en varianza debida a progenitores y cruas, indicó que los progenitores no diferían en rendimiento por hectárea, mazorcas por planta, hileras de grano por mazorca, peso de 1000 granos, intervalo de floración e índice de cosecha. En las cruas se observó diferencias significativas para rendimiento, mazorcas por planta, hileras de grano por mazorca, granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, intervalo de floración, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha. En la

Cuadro 4.2 Criterio de selección de 12 progenitores sobresalientes en base al índice de selección propuesto por Elston (1963).

| Progenitor | Índice de selección | Rendimiento (tn/ha) | Días a flor | Intervalo floración | Aspecto | Altura de mazorca (cm) | Altura de planta (cm) |
|------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------|------------------------|-----------------------|
| 1          | 449739              | 2.44                | 11.16       | 2.83                | 1.50    | 51.10                  | 76.20                 |
| 2          | 318117              | 1.77                | 8.83        | 4.33                | 1.17    | 50.60                  | 79.40                 |
| 3          | 264005              | 2.87                | 8.16        | 3.67                | 1.17    | 46.50                  | 56.60                 |
| 4          | 233995              | 1.32                | 12.50       | 3.67                | 1.67    | 41.80                  | 55.50                 |
| 5          | 203354              | 2.17                | 10.00       | 4.00                | 1.17    | 39.90                  | 50.40                 |
| 6          | 164028              | 1.90                | 8.00        | 3.67                | 1.17    | 42.80                  | 59.10                 |
| 7          | 160110              | 3.50                | 8.00        | 2.83                | 1.17    | 43.70                  | 39.60                 |
| 8          | 139454              | 3.37                | 5.16        | 3.00                | 1.00    | 42.20                  | 63.30                 |
| 9          | 103367              | 1.73                | 8.50        | 2.50                | 1.00    | 44.90                  | 62.70                 |
| 10         | 88557               | 1.90                | 7.16        | 4.33                | 1.00    | 31.80                  | 47.20                 |
| 11         | 82223               | 1.55                | 7.83        | 3.67                | 0.83    | 41.30                  | 53.80                 |
| 12         | 43267               | 4.41                | 10.00       | 3.50                | 1.50    | 18.50                  | 10.10                 |

Aspecto: 1. regular 2. bueno 3. muy bueno

\* valores expresados como  $[xi - k]$

\*\* valores expresados como  $[-xi - (-k)]$

donde  $xi =$  valor registrado de la característica  $i$

$k =$  mínimo valor registrado de la característica  $xi$

Cuadro 4.3 Análisis de varianza general y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas en maíz bajo riego.

| Fuente de Variación | C U A D R A D O S M E D I O S |             |                 |                      |                  |                     |  |
|---------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|----------------------|------------------|---------------------|--|
|                     | Grados de Libertad            | Rendimiento | Mazorcas planta | N° Hileras grano/maz | N° Granos hilera | Peso de 1000 granos |  |
| Repeticiones        | 2                             | 1013.82     | 0.19            | 3.33 **              | 46.52 **         | 0.61                |  |
| Tratamientos        | 77                            | 644.07 **   | 0.24 **         | 3.14 **              | 27.38 **         | 3.90 **             |  |
| Progenitores        | 11                            | 20.11       | 0.13            | 3.21                 | 217.96 **        | 3.61                |  |
| Cruzas              | 65                            | 572.05 *    | 0.26 **         | 3.10 **              | 22.40 **         | 3.61 **             |  |
| Prog. vs Cruzas     | 1                             | 11.58       | 0.05            | 2.07                 | 411.93 **        | 22.11 **            |  |
| ACG                 | 11                            | 423.18      | 0.64 **         | 14.10 **             | 75.80 **         | 10.90 **            |  |
| ACE                 | 54                            | 643.57 *    | 0.19            | 0.89                 | 11.94            | 2.10                |  |
| Error               | 154                           | 441.76      | 0.14            | 0.88                 | 12.44            | 1.50                |  |
| ACG / ACE           |                               | 1:1.5       | 3.3:1           | 16:1                 | 6.3:1            | 5:1                 |  |
| C.V. (%)            |                               | 10.01       | 7.46            | 6.59                 | 13.41            | 14.10               |  |

\* Significativo al 5 por ciento

\*\* Significativo al 1 por ciento

Continuación .....

| Fuente de Variación | C U A D R A D O S M E D I O S |             |                     |                |               |                   |  |
|---------------------|-------------------------------|-------------|---------------------|----------------|---------------|-------------------|--|
|                     | Grados de Libertad            | Días a flor | Intervalo floración | Altura mazorca | Altura planta | Indice de cosecha |  |
| Repeticiones        | 2                             | 59.43 **    | 0.73                | 948.91 **      | 1247.38 **    | 0.0264 **         |  |
| Tratamientos        | 77                            | 21.89 **    | 1.60                | 365.68 **      | 489.10 **     | 0.0093 **         |  |
| Progenitores        | 11                            | 46.33 **    | 1.63                | 359.26 *       | 841.95 **     | 0.0064            |  |
| Cruzas              | 65                            | 15.64 **    | 1.59 **             | 307.77 **      | 320.09 **     | 0.0095 **         |  |
| Prog. vs Cruzas     | 1                             | 143.95 **   | 0.59                | 3892.91 **     | 7233.04 **    | 0.0260 **         |  |
| ACG                 | 11                            | 94.09 **    | 2.40 **             | 506.87 **      | 1679.03 **    | 0.0209 **         |  |
| ACE                 | 54                            | 1.32        | 1.46                | 69.21          | 49.20         | 0.0072 **         |  |
| Error               | 154                           | 5.33        | 1.43                | 76.19          | 112.88        | 0.0036            |  |
| ACG / ACE           |                               | 71.2:1      | 1.64:1              | 21.7:1         | 34.1:1        | 3:1               |  |
| C.V. (%)            |                               | 3.21        | 20.01               | 11.54          | 7.66          | 13.6              |  |

\* Significativo al 5 por ciento

\*\* Significativo al 1 por ciento

comparación de progenitores vs. cruzas, se detectaron diferencias significativas para granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha. Cortés (1981) encuentra diferencias significativas para rendimiento, días a flor, altura de planta y mazorca entre familias de medios hermanos provenientes de la población Calera-74 bajo condiciones de riego. La presencia de condiciones favorables de humedad le permiten expresar su potencial genético y manifestar amplia diferenciación en las características mencionadas. Vasco (1990) reporta diferencias significativas entre híbridos, progenitores e híbridos vs. progenitores al evaluar un dialélico entre líneas con diferentes niveles de endogamia (S1, S2, S3 y S4) en cinco localidades latinoamericanas de Ecuador, Colombia, Brasil y México para peso total de mazorca, peso de grano, altura de mazorca, altura de planta y días a flor femenina. Para altura de planta no encuentra diferencias entre híbridos vs. progenitores. Beck *et al.* (1990) evalúan un dialelo de diez poblaciones de maíces precoces e intermedios del C.I.M.M.Y.T y encuentran diferencias estadísticas significativas para progenitores, cruzas y progenitores vs. cruzas para rendimiento de grano (ton/ha), altura de mazorca y altura de planta.

El análisis de varianza para aptitud combinatoria general (ACG) mostró diferencias significativas para mazorcas por planta, hileras de grano por mazorca, granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, intervalo de floración, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha, indicando que los efectos aditivos están controlando estas características. El análisis de varianza correspondiente a aptitud combinatoria específica (ACE) mostró diferencias significativas sólo para rendimiento e índice de cosecha, indicando que los efectos no aditivos está controlando estas complejas variables. Si el cuadrado medio de la ACE no resulta significativo se puede aceptar la hipótesis de que el comportamiento de la progenie híbrida puede adecuadamente predecirse en base a la ACG, (Baker, 1978). Gamble (1962a) evalúa seis líneas puras de maíz y sus cruzas directas, encontró que los efectos génicos de dominancia

fueron los que más contribuyeron a la herencia de rendimiento de grano. Los efectos génicos aditivos fueron más importantes para los componentes de rendimiento, siendo más altos para número de hileras y peso de grano que para longitud de la mazorca. Younes y Andrew (1978) estudian un dialelo entre 10 líneas endogámicas de maíz y señalan que los procedimientos basados en la acción génica aditiva pueden ser efectivos para alterar la prolificidad. Harville *et al.* (1978) encuentran que los efectos de ACG exceden considerablemente los de ACE para altura de mazorca. Queme *et al.* (1990) evalúan la aptitud combinatoria de líneas S<sub>1</sub> y S<sub>3</sub> de maíz hallando una ACG no significativa para rendimiento de grano, no así para la ACE.

La comparación de las proporciones de ACG / ACE señalan una gran diferencia a favor de la ACG para los siguientes caracteres: mazorcas por planta, número de hileras de granos, granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, intervalo de floración, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha. Sin embargo, para rendimiento de grano, los efectos de ACE predominan en el control de su herencia. Sprague y Tatum (1942) consideran que la ACG es relativamente más importante que la ACE en material no seleccionado previamente por ACG. Sprague *et al.* (1962) consideran que si los efectos aditivos de los componentes de rendimiento fueran útiles en predecir efectos no aditivos en el rendimiento, la información proporcionada por la ACG de las líneas podría aplicarse ventajosamente en la predicción de cruza simples superiores. Johnson (1973) estudia la relación entre rendimiento y componentes (número de hileras, granos por hilera y peso de 300 granos) a través de modelos de efecto aditivo, aditivos más dominancia y aditivos más dominancia más epistasis. Encuentra que la respuesta de rendimiento debido a efectos no aditivos se maximizó al cruzar líneas, que sobre la base de efectos aditivos, exhibían alto número de hileras y peso de grano. Sin embargo, los efectos aditivos de los componentes no provienen más información sobre el rendimiento que el efecto aditivo del propio rendimiento. Entonces, estimar los efectos aditivos de

los componentes no son útiles para predecir cruzas poseyendo efectos no aditivos favorables en un grupo de híbridos.

El por ciento del coeficiente de variación varió desde 3.21 a 20.01 para todas las características evaluadas en maíz bajo riego, indicando que son aceptables y una conducción del experimento y análisis de datos confiables.

Los promedios para diferentes características agronómicas de los progenitores e híbridos se presentan en los Cuadros 4.4 y 4.5. El rendimiento por hectárea en los progenitores varió de 5746.0 (línea 7) a 6594 (línea 9) con un promedio de 6100 kg, mientras que en los híbridos el rango fue de 5311.2 (3x4) a 7677.1 (2x6), con una media de 6670 kg/ha.

Los híbridos superaron a los progenitores en 8.54 por ciento. Si bien no hubo diferencias estadísticas entre los progenitores, las líneas más rendidoras fueron: 9,8,3,1 y 4 con rango entre 6594 y 6149 kg/ha. Las semillas de estas líneas se sembrarán en diferentes localidades con el objeto de identificar su adaptación y también pueden utilizarse como progenitores en los programas de hibridación para obtener recombinantes superiores bajo riego. Con respecto a los híbridos, 35 de ellos forman un grupo estadísticamente superior en rendimiento, siendo las cruzas (2x6) (5x10) (4x8) (8x9) (7x8) (1x7) (1x9) (7x11) (3x12) (1x3) (1x6) (5x8) (6x7) (6x12) y (6x9) las que superan los 7000 kg/ha. Estos 35 híbridos se sembrarán en diferentes localidades para observar su comportamiento y adaptación e identificar los superiores. Graffius (1959) considera que el rendimiento en maíz es una "percepción mental" porque puede expresarse como el producto de varios caracteres componentes y podría no existir como una entidad genética; indica que los componentes están gobernados por grupos independiente de genes. Leng (1954) señala que los componentes primarios de rendimiento en maíz son: número de mazorcas por planta, peso del grano, número de hileras de grano por mazorca y número de granos por hilera. La variación en los pro-

Cuadro 4.4 Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 12 progenitores S1 de maíz bajo riego.

| Progeni-<br>tores | Rendi-<br>miento<br>(kg/ha) | Mazorcas<br>planta | N° Hileras<br>Grano/maz | N° Granos<br>Hilera | Peso de<br>000 grano<br>(g) | Días a<br>flor | Altura de<br>mazorca<br>(cm) | Altura de<br>planta<br>(cm) | Intervalo<br>floración | Indice de<br>cosecha<br>(%) |
|-------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1                 | 6163                        | 1.57               | 14.17                   | 18.40               | 262.75                      | 72.00          | 57.17                        | 109.07                      | 3.66                   | 44                          |
| 2                 | 6084                        | 1.61               | 14.87                   | 21.56               | 198.34                      | 69.67          | 71.33                        | 134.67                      | 2.33                   | 41                          |
| 3                 | 6355                        | 1.49               | 15.67                   | 26.90               | 227.12                      | 72.67          | 63.10                        | 128.73                      | 2.33                   | 46                          |
| 4                 | 6149                        | 1.47               | 14.67                   | 22.73               | 256.99                      | 72.00          | 67.90                        | 139.93                      | 2.33                   | 40                          |
| 5                 | 5989                        | 1.48               | 15.00                   | 23.56               | 219.05                      | 74.00          | 67.67                        | 110.10                      | 3.00                   | 46                          |
| 6                 | 5838                        | 1.54               | 14.33                   | 24.80               | 277.67                      | 72.00          | 75.67                        | 150.27                      | 2.67                   | 35                          |
| 7                 | 5746                        | 1.64               | 12.00                   | 22.01               | 233.85                      | 78.37          | 51.60                        | 97.33                       | 2.33                   | 43                          |
| 8                 | 6361                        | 1.57               | 12.50                   | 19.50               | 256.73                      | 82.67          | 66.08                        | 114.63                      | 2.67                   | 39                          |
| 9                 | 6594                        | 1.48               | 14.00                   | 25.23               | 309.00                      | 70.33          | 70.08                        | 135.80                      | 3.00                   | 44                          |
| 10                | 6075                        | 1.54               | 13.33                   | 24.50               | 305.47                      | 72.00          | 67.62                        | 123.63                      | 0.66                   | 42                          |
| 11                | 5822                        | 1.45               | 14.03                   | 21.44               | 295.45                      | 78.67          | 88.10                        | 148.53                      | 3.00                   | 30                          |
| 12                | 6092                        | 1.57               | 14.00                   | 25.73               | 256.00                      | 73.00          | 47.53                        | 114.67                      | 2.00                   | 43                          |
| Promedio          | 6100                        | 1.53               | 14.04                   | 23.02               | 258.24                      | 73.93          | 66.05                        | 125.62                      | 2.49                   | 43                          |
| DMS (5%)          | 1072                        | 0.18               | 1.51                    | 5.68                | 64.27                       | 3.74           | 14.08                        | 17.13                       | 1.53                   | 9.67                        |

Cuadro 4.5 Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 12 líneas agronómicas de 66 cruzas de maíz bajo riego.

| Cruza | Rendimiento (kg/ha) | Mazorcas planta | Nº Hileras Grano/maz | Nº Granos Hilera | Peso de 1000 granos (g) |
|-------|---------------------|-----------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| 1x2   | 6304.1              | 1.60            | 16.00                | 23.80            | 216.50                  |
| 1x3   | 7065.8              | 1.59            | 15.66                | 23.50            | 267.56                  |
| 1x4   | 6692.9              | 1.60            | 16.50                | 22.30            | 287.59                  |
| 1x5   | 5734.2              | 1.48            | 14.33                | 24.23            | 299.59                  |
| 1x6   | 7064.6              | 1.63            | 14.10                | 23.50            | 376.86                  |
| 1x7   | 7333.1              | 1.82            | 13.33                | 22.06            | 268.67                  |
| 1x8   | 6191.0              | 1.40            | 13.93                | 24.06            | 302.58                  |
| 1x9   | 7269.8              | 1.62            | 14.66                | 25.16            | 274.52                  |
| 1x10  | 6920.2              | 1.65            | 12.83                | 21.63            | 321.54                  |
| 1x11  | 6715.6              | 1.54            | 14.83                | 24.33            | 333.85                  |
| 1x12  | 6017.5              | 1.53            | 15.16                | 22.50            | 211.14                  |
| 2x3   | 6575.2              | 1.46            | 14.50                | 28.30            | 264.34                  |
| 2x4   | 6527.2              | 1.46            | 13.50                | 25.23            | 251.60                  |
| 2x5   | 6171.7              | 1.49            | 15.16                | 26.33            | 281.09                  |
| 2x6   | 7677.7              | 1.79            | 14.23                | 23.90            | 263.63                  |
| 2x7   | 6639.7              | 1.65            | 13.50                | 28.46            | 253.15                  |
| 2x8   | 6131.2              | 1.52            | 14.16                | 21.33            | 272.53                  |
| 2x9   | 6681.7              | 1.66            | 14.66                | 26.90            | 267.39                  |
| 2x10  | 6281.9              | 1.56            | 14.16                | 26.23            | 298.29                  |
| 2x11  | 6158.1              | 1.47            | 15.00                | 29.40            | 252.72                  |
| 2x12  | 6886.1              | 1.63            | 14.33                | 28.06            | 295.82                  |
| 3X4   | 5311.2              | 1.55            | 15.16                | 26.66            | 257.73                  |
| 3X5   | 6835.1              | 1.49            | 15.83                | 30.73            | 247.35                  |
| 3X6   | 6589.5              | 1.41            | 14.16                | 28.00            | 320.96                  |
| 3X7   | 6962.5              | 1.66            | 13.66                | 27.56            | 242.76                  |
| 3X8   | 6913.6              | 1.51            | 14.66                | 30.63            | 293.47                  |
| 3X9   | 6321.3              | 1.67            | 14.00                | 26.46            | 256.26                  |
| 3X10  | 6779.1              | 1.48            | 15.56                | 25.00            | 252.06                  |
| 3X11  | 6332.6              | 1.48            | 15.00                | 27.56            | 264.73                  |
| 3X12  | 7117.1              | 1.57            | 15.66                | 30.06            | 244.91                  |
| 4X5   | 6290.7              | 1.50            | 16.00                | 26.23            | 237.62                  |
| 4X6   | 6920.3              | 1.59            | 15.16                | 24.16            | 294.14                  |
| 4X7   | 6611.4              | 1.83            | 13.83                | 22.50            | 270.68                  |
| 4X8   | 7434.8              | 1.48            | 15.16                | 29.83            | 352.75                  |
| 4X9   | 6497.3              | 1.57            | 14.16                | 21.96            | 259.11                  |
| 4X10  | 6437.4              | 1.54            | 14.70                | 23.50            | 254.63                  |
| 4X11  | 6559.3              | 1.54            | 15.33                | 25.73            | 300.79                  |
| 4X12  | 6442.1              | 1.57            | 15.33                | 24.03            | 251.50                  |
| 5X6   | 6362.6              | 1.42            | 13.83                | 31.96            | 330.96                  |
| 5X7   | 6979.5              | 1.51            | 14.00                | 26.40            | 314.34                  |
| 5X8   | 7064.9              | 1.49            | 15.66                | 23.56            | 347.97                  |
| 5X9   | 6381.6              | 1.41            | 15.66                | 27.00            | 302.67                  |
| 5x10  | 7662.9              | 1.51            | 14.33                | 26.13            | 271.32                  |
| 5x11  | 6859.4              | 1.57            | 14.50                | 25.90            | 303.89                  |
| 5x12  | 6255.6              | 1.49            | 14.00                | 28.80            | 254.55                  |

Continuación .....

| Cruza    | Rendimiento<br>(kg/ha) | Mazorcas<br>planta | N° Hileras<br>Grano/maz | N° Granos<br>Hilera | Peso de 1000<br>granos (g) |
|----------|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|
| 6x7      | 7028.6                 | 1.50               | 12.66                   | 30.33               | 351.56                     |
| 6x8      | 6586.5                 | 1.46               | 13.33                   | 26.06               | 342.01                     |
| 6x9      | 7007.5                 | 1.44               | 14.16                   | 30.16               | 280.66                     |
| 6x10     | 6752.7                 | 1.43               | 14.16                   | 29.46               | 307.10                     |
| 6x11     | 6544.9                 | 1.50               | 14.33                   | 26.63               | 276.56                     |
| 6x12     | 7013.5                 | 1.55               | 14.66                   | 29.56               | 306.21                     |
| 7x8      | 7415.7                 | 1.54               | 12.33                   | 29.00               | 338.46                     |
| 7x9      | 6510.6                 | 1.55               | 12.50                   | 28.33               | 296.96                     |
| 7x10     | 6521.3                 | 1.54               | 11.33                   | 27.50               | 303.22                     |
| 7x11     | 7167.9                 | 1.51               | 13.66                   | 32.66               | 294.42                     |
| 7x12     | 6760.7                 | 1.59               | 12.33                   | 28.06               | 262.72                     |
| 8x9      | 7433.0                 | 1.52               | 13.00                   | 26.23               | 330.01                     |
| 8x10     | 6651.5                 | 1.51               | 14.16                   | 28.23               | 296.62                     |
| 8x11     | 6716.6                 | 1.49               | 15.00                   | 27.56               | 327.61                     |
| 8x12     | 6445.1                 | 1.48               | 13.66                   | 28.23               | 263.87                     |
| 9x10     | 6085.0                 | 1.52               | 13.66                   | 25.06               | 277.77                     |
| 9x11     | 6720.7                 | 1.44               | 14.83                   | 29.56               | 327.75                     |
| 9x12     | 6942.3                 | 1.57               | 14.00                   | 29.40               | 262.08                     |
| 10x11    | 6274.7                 | 1.43               | 14.33                   | 29.33               | 268.70                     |
| 10x12    | 6229.1                 | 1.57               | 12.16                   | 28.63               | 228.63                     |
| 11x12    | 6493.4                 | 1.43               | 14.00                   | 30.73               | 288.71                     |
| Promedio | 6670                   | 1.54               | 14.30                   | 26.65               | 286.59                     |
| DMS (5%) | 1072                   | 0.18               | 2.62                    | 0.56                | 64.27                      |

Continuación .....

| Cruza | Días a flor | Altura de mazorca (cm) | Altura de planta (cm) | Intervalo floración | Indice de cosecha (%) |
|-------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1x2   | 71.00       | 69.62                  | 151.73                | 2.33                | 40                    |
| 1x3   | 71.33       | 73.03                  | 146.53                | 2.00                | 44                    |
| 1x4   | 72.00       | 72.17                  | 138.73                | 3.00                | 43                    |
| 1x5   | 69.00       | 64.00                  | 117.80                | 1.67                | 38                    |
| 1x6   | 72.33       | 73.08                  | 127.03                | 2.00                | 47                    |
| 1x7   | 72.67       | 60.03                  | 124.87                | 2.00                | 48                    |
| 1x8   | 77.67       | 85.83                  | 139.67                | 1.67                | 34                    |
| 1x9   | 72.00       | 73.68                  | 142.60                | 1.67                | 45                    |
| 1x10  | 70.00       | 71.58                  | 139.73                | 1.33                | 45                    |
| 1x11  | 76.00       | 86.92                  | 151.90                | 2.67                | 37                    |
| 1x12  | 71.67       | 65.77                  | 134.33                | 3.00                | 49                    |
| 2x3   | 70.33       | 80.00                  | 149.00                | 2.00                | 44                    |
| 2x4   | 69.33       | 81.92                  | 155.83                | 2.00                | 45                    |
| 2x5   | 68.67       | 75.43                  | 141.20                | 1.67                | 44                    |
| 2x6   | 71.00       | 91.82                  | 161.40                | 2.00                | 53                    |
| 2x7   | 73.00       | 85.87                  | 144.13                | 3.00                | 34                    |
| 2x8   | 73.33       | 86.67                  | 144.07                | 2.00                | 38                    |
| 2x9   | 69.67       | 85.83                  | 148.40                | 2.00                | 40                    |
| 2x10  | 70.33       | 90.43                  | 144.93                | 2.33                | 38                    |
| 2x11  | 72.00       | 93.31                  | 160.53                | 2.00                | 42                    |
| 2x12  | 69.33       | 69.90                  | 133.90                | 1.67                | 56                    |
| 3X4   | 69.33       | 74.31                  | 139.43                | 2.67                | 33                    |
| 3X5   | 71.00       | 71.33                  | 137.33                | 1.67                | 48                    |
| 3X6   | 68.00       | 67.43                  | 135.13                | 2.00                | 49                    |
| 3X7   | 74.00       | 64.37                  | 124.80                | 3.00                | 44                    |
| 3X8   | 72.33       | 89.33                  | 142.13                | 3.33                | 39                    |
| 3X9   | 71.00       | 82.17                  | 151.02                | 2.00                | 39                    |
| 3X10  | 69.33       | 70.17                  | 140.00                | 1.67                | 39                    |
| 3X11  | 72.67       | 79.37                  | 140.63                | 2.33                | 35                    |
| 3X12  | 68.00       | 55.67                  | 129.27                | 1.67                | 53                    |
| 4X5   | 71.67       | 94.77                  | 154.80                | 2.67                | 40                    |
| 4X6   | 70.67       | 71.83                  | 139.20                | 3.33                | 50                    |
| 4X7   | 72.67       | 77.83                  | 134.10                | 3.00                | 43                    |
| 4X8   | 72.33       | 80.50                  | 148.43                | 4.33                | 46                    |
| 4X9   | 69.00       | 66.92                  | 132.77                | 2.67                | 43                    |
| 4X10  | 72.00       | 93.03                  | 158.37                | 1.67                | 42                    |
| 4X11  | 72.00       | 92.48                  | 147.73                | 2.33                | 36                    |
| 4X12  | 69.33       | 66.67                  | 130.37                | 3.00                | 50                    |
| 5X6   | 71.00       | 79.17                  | 144.07                | 4.00                | 45                    |
| 5X7   | 72.33       | 84.00                  | 139.20                | 2.00                | 39                    |
| 5X8   | 71.00       | 80.07                  | 144.93                | 2.67                | 50                    |
| 5X9   | 69.00       | 79.27                  | 136.40                | 2.00                | 47                    |
| 5x10  | 70.00       | 77.25                  | 130.40                | 2.00                | 52                    |
| 5x11  | 73.00       | 77.35                  | 147.30                | 2.67                | 51                    |
| 5x12  | 71.00       | 59.00                  | 119.87                | 4.33                | 43                    |

Continuación .....

| Cruza    | Días a flor | Altura de mazorca (cm) | Altura de planta (cm) | Intervalo floración | Indice de cosecha (%) |
|----------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 6x7      | 73.00       | 77.04                  | 144.20                | 2.67                | 45                    |
| 6x8      | 75.65       | 79.87                  | 140.13                | 2.00                | 45                    |
| 6x9      | 70.67       | 93.76                  | 163.67                | 1.67                | 40                    |
| 6x10     | 73.00       | 83.67                  | 139.60                | 2.00                | 43                    |
| 6x11     | 74.00       | 87.92                  | 156.33                | 3.67                | 43                    |
| 6x12     | 71.33       | 70.67                  | 143.03                | 1.67                | 51                    |
| 7x8      | 80.00       | 78.50                  | 146.27                | 2.33                | 36                    |
| 7x9      | 73.67       | 68.80                  | 129.10                | 2.33                | 43                    |
| 7x10     | 72.33       | 75.25                  | 130.97                | 3.33                | 47                    |
| 7x11     | 76.00       | 89.93                  | 142.80                | 1.67                | 43                    |
| 7x12     | 72.33       | 55.67                  | 119.33                | 2.33                | 50                    |
| 8x9      | 73.00       | 75.67                  | 140.13                | 3.00                | 50                    |
| 8x10     | 70.33       | 80.83                  | 139.27                | 2.66                | 42                    |
| 8x11     | 74.67       | 89.93                  | 159.83                | 3.67                | 43                    |
| 8x12     | 72.00       | 61.67                  | 134.33                | 2.00                | 50                    |
| 9x10     | 71.00       | 79.17                  | 147.90                | 3.00                | 38                    |
| 9x11     | 71.67       | 88.73                  | 147.30                | 2.33                | 43                    |
| 9x12     | 72.00       | 65.54                  | 119.73                | 2.00                | 57                    |
| 10x11    | 75.00       | 92.67                  | 151.90                | 2.67                | 36                    |
| 10x12    | 71.00       | 62.10                  | 128.57                | 0.90                | 55                    |
| 11x12    | 70.00       | 64.17                  | 130.00                | 2.33                | 60                    |
| Promedio | 71.77       | 77.14                  | 140.91                | 2.38                | 43                    |
| DMS (5%) | 3.73        | 14.08                  | 17.13                 | 1.93                | 9.67                  |

genitores para mazorcas por planta fue de 1.45 a 1.64, con un promedio de 1.53. En los híbridos fluctuó entre 1.40 y 1.83 con una media de 1.54; las cruzas superaron a los progenitores sólo en un 0.65 por ciento. Todos los progenitores tuvieron valores similares de mazorcas por planta, en tanto que los híbridos 4x7 (1.83), 1x7 (1.82), 2x6 (1.79), 3x9 (1.67), 2x9 (1.66), 3x7 (1.66), 2x7 (1.65) y 1x10 (1.65), fueron los mejores. Una importante ventaja de los híbridos prolíficos es su habilidad de ajuste a condiciones ambientales variables, produciendo al menos una mazorca por planta en condiciones adversas y más de una en condiciones favorables (Zuber *et al.* 1960).

La variación del número de hileras por mazorca en los progenitores fue entre 12 y 15.67 con una media de 14.04. Los progenitores 3,5,2,4,6 y 1 presentaron los mayores valores con un rango entre 15.67 y 14.17. En las cruzas los valores oscilaron entre 11.33 y 16.50, con un promedio de 14.33. La superioridad sobre los progenitores fue de 1.68 por ciento. Las cruzas (1x4) (1x2) (4x5) (3x5) (1x3) (5x8) (3x12) (5x9) (3x10) (4x11) (4x12) (4x8) (1x12) (3x4) (4x6) (2x5) (3x11) (2x11) y (8x11) constituyen el grupo estadísticamente superior con valores mayores a 15 hileras por mazorca.

El número de granos por hilera varió en los progenitores entre 18.40 y 26.90 con una media de 23.02. Los progenitores superiores son: línea 3 (26.90), línea 12 (25.73), línea 9 (25.23), línea 6 (24.80), línea 10 (24.50), línea 5 (23.56), línea 4 (22.73), línea 7 (22.01), línea 2 (21.56) y línea 11 (21.44). En las cruzas los valores extremos son 21.33 y 32.66 con un promedio de 26.65. La superioridad de las cruzas respecto a los progenitores es de 15.76 por ciento. Si bien 46.9 por ciento de las cruzas tienen valores estadísticos similares y se ubican en el grupo de valores más elevados, las cruzas 7 x 11 (32.66), 5 x 6 (31.96), 11 x 12 y 3 x 5 (30.73), 3 x 8 (30.63), 6 x 7 (30.33), 6 x 9 (30.16) y 3 x 12 (30.06) son las superiores.

El peso de 1000 granos varió en los progenitores entre 198.34 y 309 con una media de 258.24 g. La línea 9 (309g), línea 10 (305.47 g), línea 11 (295.45 g), línea 6 (277.67 g), línea 1 (262.75 g), línea 4 (256.99 g), línea 8 (256.73 g), y línea 12 (256 g) presentaron los valores más elevados. Las cruzas varían entre 211.14 y 376 con una media de 286.59 g; los valores superiores corresponden a las cruzas 1x6 (376.86 g), 4x8 (352.75 g), 6x7 (351.56 g), 5x8 (347.17 g), 6x8 (342.01 g), 7x8 (338.46 g), 5x6 (330.96 g), 8x9 (330.01 g), 9x11 (327.75 g), 8 x 11 (327.61 g), 1x10 (321.54 g), 3x6 (320.96 g) y 5x 7 (314.34 g) con la misma significancia estadística. El peso fue mejorado en las cruzas en un 10.97 por ciento.

En este estudio no se encontraron materiales con valores altos para los cuatro componentes de rendimiento en forma simultánea ya que los valores estuvieron distribuidos en diferentes progenitores. Existiría una compensación entre los componentes dando por resultado uniformidad en los rendimientos de los progenitores. Por lo que al seleccionar por un sólo carácter se puede fracasar en identificar un genotipo sobresaliente, sugiriéndose, entonces, tomar en cuenta varias características que contribuyan directamente en el rendimiento o simplemente por el rendimiento.

En días a flor se encontró un amplio rango de valores; en los progenitores fue de 69.67 a 82.67, con un promedio de 73.93 días. Sobresalen para precocidad las líneas 2 (69.67 días), línea 9 (70.33 días), líneas 10, 6, 1 y 4 (70 días), línea 3 (72.67 días) y línea 12 (73 días). Las cruzas presentaron valores extremos de 68 y 80 días con un promedio de 71.77 días. Ello representa una disminución del 2.93 por ciento respecto a los progenitores. 34 cruzas resultaron más precoces que el promedio, resultando superiores las cruzas 3x6 y 3x12 (68 días), 2x10 y 2x5 (68.67 días), 5x9, 1x5 y 4x9 (69 días), 2x4, 4x12, 3x10 y 3x4 (69.33 días).

Altura de mazorca presentó valores de entre 47.53 y 88.10 cm, para los progenitores, con una media de 66.05 cm. Las líneas con mazorcas más bajas son: línea 12 (47.53 cm), línea 7 (51.6 cm) y línea 1 (55.17 cm). El rango en los híbridos fue de 55.67 a 94.77 cm y el promedio 77.14 cm, significando un 16.79 por ciento más que los progenitores. Se destacan por menor altura de mazorca los híbridos 7x12 y 3x12 (55.67 cm), 5x12 (59 cm), 8x12 (61.67 cm), 10x12 (62.10 cm), 1x5 (64 cm) y el híbrido 11x12 (64.17 cm). Existe una clara transmisión del carácter a través de la línea 12.

Altura de planta mostró una variación de 97.33 a 150.27 cm en los progenitores; el promedio es 125.62 cm. Las líneas de menor altura de planta fueron: línea 7 (97.33 cm), línea 1 (109.07 cm) y la línea 5 (110.10 cm). Los híbridos varían desde 117.80 a 163.67 cm, con un valor promedio de 140.91 cm. El incremento de altura sobre los progenitores fue de 1.12 por ciento. Los híbridos 1x5 (117.8 cm), 7x12 (119.33 cm), 9x12 (119.73 cm), 5x12 (119.87 cm), 3x7 (124.8 cm) y 1x7 (124.87 cm) fueron los de menor altura de planta.

Altura de planta y de mazorca están catalogados como de alta heredabilidad (Hallauer y Miranda, 1988) con coeficientes del 50 y 70 por ciento, respectivamente.

El intervalo de floración parece depender de genes que actúan en la distribución de la materia seca hacia la mazorca en desarrollo y está altamente asociado con rendimiento (Bolaños y Edmeades, 1990). La variación en los progenitores fue entre 0.66 y 3.66 días. La línea 10 (0.66 días), línea 12 (2 días), líneas 2, 3, 4 y 7 (2.33 días) constituyen un grupo estadísticamente semejante con menor intervalo de floración (sincronización floral). El valor promedio de los progenitores (2.49 días) es superior en un 4.01 por ciento al de las cruces (2.38 días). El intervalo de floración es menor para el híbrido 10x12 (0.90 días) y le sigue el 1x10 (1.33 días). Bolaños y Edmeades (1989) determinaron una here-

dabilidad en sentido amplio del 64 por ciento para esta característica bajo condiciones de riego, resultando mayor en las selecciones de líneas S<sub>1</sub> que en el sistema de selección de hermanos completos.

El índice de cosecha es un indicador de la eficiencia de la planta al determinar la capacidad fisiológica para movilizar fotosintatos a los órganos de valor económico. Se encontraron valores 30 a 46 por ciento, entre los progenitores; el valor promedio es 43. Los valores superiores corresponden a las líneas 3 y 5 (46), líneas 1 y 9 (44) y líneas 7 y 12 (43). Los híbridos varían entre 33 y 57 con un promedio de 44; es decir, superior al valor promedio de los progenitores en un 2.32 por ciento. Veintidos híbridos superan al índice más elevado en los progenitores, destacándose: 9x12 (57), 2x12 (56), 10x12 (55), 2x6 (53), 5x10 (52), 5x11 y 6x12 (51), 11x12, 5x8, 4x6, 8x9, 4x12, 8x12 y 7x12 (0.50).

### **Aptitud Combinatoria**

Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores para diferentes características agronómicas en maíz bajo riego se presentan en el Cuadro 4.6. La estimación de ACG reveló que las líneas progenitoras 7, 6 y 5 son las mejores combinadoras para rendimiento. Ello indicaría que la mayor parte de la variación registrada correspondería a efectos aditivos. No se encontró asociación entre rendimiento y los efectos de aptitud combinatoria general en las líneas progenitoras, por lo tanto, el valor reproductivo de las mismas no puede predecirse por su propia productividad. Cross (1977) evalúa la aptitud combinatoria y estabilidad de dos dialélicos contruidos con 10 líneas tardías y 10 precoces de maíz en diferentes localidades. Seis líneas precoces y cinco tardías manifestaron valores positivos de aptitud combinatoria general (ACG).

Las líneas 12, 6 y 5 fueron mejores combinadoras con efectos aditivos en el carácter índice de cosecha. Las líneas 7, 2 y 4 para mazorca por planta; líneas

Cuadro 4.6 Estimación de los efectos de la aptitud combinatoria general (gi) de las 12 líneas progenitoras de maíz bajo riego.

| Progenitores | Rendimiento | Índice cosecha | Mazorcas planta | Nº hileras granos/maz | Nº granos hilera | Peso 1000 granos | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| 1            | 119.21      | 0.0003         | 0.032           | 0.360                 | -2.26            | 772.00           | 0.29        | 30.08          | 110.24        | 0.18                |
| 2            | 35.08       | 0.0013         | 0.044           | 0.158                 | 1.95             | 517.36           | -0.45       | 40.08          | 53.73         | -0.29               |
| 3            | 77.76       | 0.0008         | 0.006           | 0.081                 | -0.28            | -213.40          | 1.40        | 20.37          | 20.24         | -0.28               |
| 4            | 63.06       | 0.0005         | 0.036           | 0.143                 | 1.38             | 3.95             | -0.03       | 67.93          | 48.56         | -0.07               |
| 5            | 152.59      | 0.0018         | 0.006           | 0.130                 | 1.55             | 700.02           | 2.59        | 40.38          | 92.68         | 0.31                |
| 6            | 188.95      | 0.0027         | 0.004           | 0.116                 | 2.54             | 1116.29          | 0.15        | 23.89          | 48.66         | -0.03               |
| 7            | 194.29      | 0.0006         | 0.069           | 0.085                 | 5.89             | 384.10           | 0.42        | 58.08          | 115.21        | -0.03               |
| 8            | 100.33      | 0.0010         | 0.006           | 0.268                 | 9.65             | 1086.61          | 7.55        | 54.16          | 132.69        | 0.03                |
| 9            | -13.18      | 0.0006         | 0.001           | -0.024                | -0.56            | -176.10          | -0.73       | 26.15          | 38.99         | -0.08               |
| 10           | 73.46       | 0.0005         | 0.022           | 0.349                 | 0.84             | 97.84            | 1.28        | 28.13          | 37.95         | 0.33                |
| 11           | -24.47      | 0.0013         | 0.012           | -0.021                | 8.79             | 17.25            | 3.10        | 13.77          | 12.51         | -0.16               |
| 12           | -10.71      | 0.0038         | 0.033           | 0.147                 | -0.33            | 288.09           | 2.37        | -5.86          | 0.24          | 0.26                |
| Se(gi)       | 3.10        | 0.01           | 0.05            | 0.13                  | 0.51             | 5.88             | 0.38        | 1.28           | 1.56          | 0.17                |
| Se(gi-gj)    | 4.58        | 0.01           | 0.05            | 0.20                  | 0.76             | 8.69             | 0.50        | 1.90           | 2.31          | 0.24                |

1,10 y 8 para número de hileras de grano por mazorca; líneas 8,11 y 7 para número de granos por hilera; líneas 6, 8 y 5 para peso de 1000 granos. La línea 8 está involucrada como mejor combinadora en en tres características simultaneamente: número de hileras de grano por mazorca, número de granos por hilera y peso de 1000 granos. Considerando la magnitud y dirección de la aptitud combinatoria general de estas líneas se pueden utilizar para aumentar la productividad en condiciones de riego, pues poseen considerable frecuencia de genes aditivos y epistasis aditiva x aditiva, aprovechables en mejoramiento poblacional. Cross (1977) evaluando un dialélico entre 10 líneas precoces y otro entre 10 líneas tardías encuentra asociación entre la aptitud combinatoria general de rendimiento, número de hileras de grano, peso de mazorca, profundidad del grano en tres de 10 líneas precoces y asociación entre los efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento, mazorcas por planta y profundidad de grano en dos de las 10 líneas tardías.

En días a flor los valores negativos más elevados corresponden a las líneas 9,4 y 2 pertenecientes a genotipos con menor número de días a flor (más precoces). Para altura de mazorca y de planta los valores negativos mayores corresponden a las líneas 12, 11 y 3. Respecto al intervalo de floración los valores negativos más altos corresponden a las líneas 2, 3 y 11. La línea 6 presentó valores de ACG favorables para tres de las variables estudiadas: rendimiento por hectárea, índice de cosecha y peso de 1000 granos. Por su parte, la línea 7 los presentó para las siguientes variables: rendimiento, número de granos por hilera, mazorcas por planta. Estas líneas pueden utilizarse como progenitoras en los programas de hibridación bajo riego, para producir híbridos potenciales porque contienen genes aditivos deseables para rendimiento y otras características agronómicas asociadas.

Johnson y Hayes (1940) indican que cuando se cruzan líneas con elevada aptitud combinatoria, los rendimientos son altos e incluso cuando una de las

líneas intervinientes sea de baja aptitud combinatoria los híbridos resultantes rinden tanto como si derivaran de cruzamientos entre líneas de alta aptitud.

Queme *et al.* (1990) consideran que debido a que existe alta probabilidad de repetir los efectos de AC identificados en generaciones tempranas, se concluye que se pueden mejorar los híbridos con endogamia parcial, mediante avance generacional, selección *per se* y realizando cruzas dirigidas.

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) para las 66 cruzas de maíz bajo riego para diferentes características agronómicas se muestran en el Cuadro 4.7. Los híbridos 5x10 (1.211), 2x6 (1.075), 4x8 (0.807) y 1x7 (0.623) manifestaron los mayores valores positivos para rendimiento. 2x6 (0.091), 5x11 (0.090), 2x12 (0.071), 5x10 (0.070) para índice de cosecha; 2x6 (0.770), 4x7 (0.710), 1x7 (0.639) para mazorcas por planta; 1x4 (1.308), 5x8 (1.222), 1x2 (1.186), 3x10 (1.129) para hileras de grano por mazorca; 4x8 (5.708), 7x11 (5.134), 5x6 (4.529) para número de granos por hilera; 1x6 (68.603), 2x12 (58.793), 4x8 (56.516) para peso de 1000 granos. En general, las líneas progenitoras 2, 4 y 6 están involucradas para obtener altos valores de ACE en las características evaluadas.

Para días a flor, los siguientes híbridos mostraron altos valores negativos: 8x10 (-3.86) y 11x12 (-3.26). Para altura de mazorca, los híbridos 4x9 (-11.75), 4x6 (-9.10) y 3x6 (-8.19) se identificaron como de menor altura; para altura de planta (porte bajo) los híbridos 1x6 (-13.90), 4x9 (-11.93) y 4x6 (-10.05) registraron los mayores valores negativos. Por su parte, el intervalo de floración permitió identificar los híbridos 10x12 (-1.71), 7x11 (-1.06) y 1x8 y 1x9 (-1.02) como poseyendo mayor sincronización floral.

El estudio de los efectos de la ACE indican en general que los progenitores de alto rendimiento con valores mayores de ACG para diversas característi-

Cuadro 4.7 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (Si) de las 66 cruzas de maíz para diferentes características agronómicas bajo riego.

| Cruza | Rendimiento | Indice cosecha | Mazorcas planta | Nº hileras mazorca | Nº granos hilera | Peso 1000 granos |
|-------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|
| 1 x 2 | -0.179      | -0.020         | -0.077          | 1.186              | 1.589            | -45.887          |
| 1 x 3 | 0.488       | 0.014          | 0.053           | 0.401              | -0.685           | 4.559            |
| 1 x 4 | 0.222       | 0.013          | 0.010           | 1.308              | 1.051            | 12.736           |
| 1 x 5 | -0.776      | -0.060         | -0.172          | -0.797             | 1.039            | 18.166           |
| 1 x 6 | 0.365       | 0.032          | 0.143           | -0.371             | -0.333           | 68.603           |
| 1 x 7 | 0.623       | 0.054          | 0.639           | 0.120              | -1.314           | -15.204          |
| 1 x 8 | -0.542      | -0.080         | -0.450          | -0.252             | 1.634            | -3.912           |
| 1 x 9 | 0.573       | 0.014          | 0.109           | 0.251              | 1.808            | -15.681          |
| 1 x10 | 0.039       | 0.022          | 0.284           | -1.209             | -1.225           | 35.795           |
| 1 x11 | 0.233       | -0.021         | 0.028           | 0.020              | 0.591            | 38.121           |
| 1 x12 | -0.508      | -0.001         | -0.187          | 0.751              | -1.775           | -52.556          |
| 2 x 3 | 0.096       | 0.019          | -0.250          | -0.709             | 1.460            | 27.908           |
| 2 x 4 | 0.155       | 0.032          | -0.409          | -1.635             | 1.296            | 3.315            |
| 2 x 5 | -0.240      | -0.004         | -0.131          | 0.094              | 0.484            | 26.241           |
| 2 x 6 | 1.075       | 0.091          | 0.770           | -0.247             | -2.587           | -18.051          |
| 2 x 7 | 0.024       | -0.084         | 0.020           | 0.344              | 2.432            | -4.152           |
| 2 x 8 | -0.504      | -0.034         | -0.092          | 0.039              | -3.754           | -7.383           |
| 2 x 9 | 0.084       | -0.031         | 0.294           | 0.308              | 0.886            | 3.768            |
| 2 x10 | -0.142      | -0.045         | -0.125          | 0.182              | 0.720            | 39.121           |
| 2 x11 | -0.225      | 0.024          | -0.164          | 0.244              | 3.003            | -16.430          |
| 2 x12 | 0.459       | 0.061          | 0.154           | -0.025             | 1.136            | 58.793           |
| 3 x 4 | -1.154      | -0.085         | 0.034           | -0.421             | 0.789            | 11.288           |
| 3 x 5 | 0.329       | 0.031          | 0.029           | 0.308              | 2.944            | -11.965          |
| 3 x 6 | -0.105      | 0.047          | -0.347          | -0.699             | -0.428           | 34.819           |
| 3 x 7 | 0.253       | 0.012          | 0.369           | 0.058              | -0.409           | -18.999          |
| 3 x 8 | 0.184       | -0.025         | 0.020           | 0.086              | 3.606            | 9.086            |
| 3 x 9 | -0.369      | -0.045         | 0.044           | -0.811             | -1.487           | -11.829          |
| 3 x10 | 0.261       | -0.033         | -0.098          | 1.129              | -2.454           | -11.566          |
| 3 x11 | -0.145      | -0.050         | 0.016           | -0.209             | -0.771           | -8.884           |
| 3 x12 | 0.596       | 0.044          | 0.114           | 0.855              | 1.196            | 3.320            |
| 4 x 5 | -0.108      | -0.042         | -0.020          | 0.548              | 1.346            | -33.546          |
| 4 x 6 | 0.332       | 0.066          | 0.117           | 0.375              | -1.359           | -3.855           |
| 4 x 7 | 0.009       | 0.015          | 0.710           | 0.298              | -2.573           | -2.933           |
| 4 x 8 | 0.807       | 0.048          | -0.122          | 0.660              | 5.708            | 56.516           |
| 4 x 9 | -0.087      | 0.001          | 0.061           | -0.571             | -3.085           | -20.832          |
| 4 x10 | 0.026       | -0.007         | 0.006           | 0.336              | -1.052           | -20.850          |
| 4 x11 | 0.188       | -0.003         | 0.147           | 0.198              | 0.998            | 15.316           |
| 4 x12 | 0.028       | 0.013          | 0.062           | 0.596              | -1.935           | -1.941           |
| 5 x 6 | -0.265      | -0.014         | -0.181          | -0.230             | 4.529            | 26.395           |
| 5 x 7 | 0.337       | -0.052         | -0.195          | -0.140             | -0.585           | 34.184           |
| 5 x 8 | 0.402       | 0.061          | 0.113           | 1.222              | -2.471           | 45.166           |
| 5 x 9 | -0.243      | 0.011          | -0.244          | 0.991              | 0.036            | 16.181           |
| 5 x10 | 1.211       | 0.070          | 0.101           | 0.032              | -0.330           | -10.729          |
| 5 x11 | 0.449       | 0.090          | 0.465           | -0.573             | -1.447           | 11.846           |
| 5 x12 | -0.198      | -0.080         | -0.014          | 0.675              | 0.920            | -5.460           |

Continuación.....

| Cruza       | Rendimiento | Indice cosecha | Mazorcas planta | Nºhileras mazorca | Nº granos hilera | Peso 1000 granos |
|-------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| 6 x 7       | 0.197       | 0.011          | -0.344          | -0.147            | 2.710            | 44.548           |
| 6 x 8       | -0.264      | 0.020          | -0.123          | -0.452            | 0.609            | 12.377           |
| 6 x 9       | 0.193       | -0.053         | 0.040           | 0.151             | 2.565            | -32.678          |
| 6 x10       | 0.112       | -0.008         | -0.275          | 0.525             | 2.365            | -1.778           |
| 6 x11       | -0.055      | 0.018          | 0.075           | -0.080            | -1.352           | -42.309          |
| 6 x12       | 0.370       | 0.006          | 0.034           | 0.651             | 1.048            | 29.371           |
| 7 x 8       | 0.550       | -0.058         | 0.006           | -0.195            | 2.777            | 33.209           |
| 7 x 9       | -0.317      | -0.001         | -0.217          | -0.259            | 1.184            | 6.001            |
| 7 x10       | -0.132      | 0.044          | -0.212          | -0.052            | 0.851            | 18.717           |
| 7 x11       | 0.553       | 0.034          | -0.148          | 0.510             | 5.134            | -0.064           |
| 7 x12       | 0.103       | 0.014          | -0.110          | -0.425            | 0.001            | 0.259            |
| 8 x 9       | 0.584       | 0.065          | 0.007           | -0.730            | 0.032            | 18.440           |
| 8 x10       | -0.022      | 0.000          | 0.052           | 0.810             | 2.532            | -10.498          |
| 8 x11       | 0.082       | 0.036          | 0.113           | 0.872             | 0.982            | 10.501           |
| 8 x12       | -0.231      | 0.013          | -0.106          | -0.064            | 1.115            | -21.219          |
| 9 x10       | -0.551      | -0.056         | -0.108          | 0.079             | -1.561           | -13.056          |
| 9 x11       | 0.124       | 0.026          | -0.124          | 0.475             | 2.056            | 26.940           |
| 9 x12       | 0.302       | 0.074          | 0.054           | 0.039             | 1.356            | -6.704           |
| 10x11       | -0.148      | -0.035         | -0.119          | 0.348             | 2.322            | -27.658          |
| 10x12       | 0.067       | 0.056          | 0.099           | -1.421            | 1.089            | -35.698          |
| 11x12       | -0.376      | 0.039          | -0.190          | 0.359             | 2.305            | 14.398           |
| Se(Sij)     | 0.330       | 0.170          | 0.440           | 0.700             | 1.370            | 4.690            |
| Se(Sij-Si)  | 0.400       | 0.380          | 0.520           | 0.850             | 1.660            | 5.590            |
| Se(Sij-Sil) | 0.400       | 0.200          | 0.520           | 0.700             | 1.630            | 5.480            |

Continuación .....

| Cruza | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración |
|-------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| 1 x 2 | 0.330       | -5.890         | 10.080        | 0.210               |
| 1 x 3 | 0.230       | 5.850          | 12.790        | -0.260              |
| 1 x 4 | 0.780       | -0.350         | 0.290         | 0.290               |
| 1 x 5 | -2.310      | -6.320         | -2.370        | -0.900              |
| 1 x 6 | 0.180       | -1.240         | -13.900       | -0.490              |
| 1 x 7 | -1.720      | 2.140          | -0.360        | -0.490              |
| 1 x 8 | 2.630       | 12.370         | 4.860         | -1.020              |
| 1 x 9 | 0.850       | 1.620          | 6.210         | -1.020              |
| 1 x10 | -1.380      | -1.190         | 5.610         | 0.670               |
| 1 x11 | 1.800       | 6.060          | 8.170         | 0.330               |
| 1 x12 | -0.960      | 8.140          | 10.700        | 0.190               |
| 2 x 3 | 0.780       | 2.880          | 3.790         | 0.050               |
| 2 x 4 | -0.340      | -0.500         | 5.790         | -0.400              |
| 2 x 5 | -1.100      | -4.790         | -0.500        | -0.590              |
| 2 x 6 | 0.400       | 7.590          | 8.930         | -0.180              |
| 2 x 7 | 0.160       | 9.070          | 7.380         | 0.810               |
| 2 x 8 | 0.150       | 3.290          | -2.260        | 0.370               |
| 2 x 9 | 0.060       | 3.870          | 0.480         | 0.040               |
| 2 x10 | -1.170      | 7.750          | -0.710        | 0.640               |
| 2 x11 | -2.310      | 2.550          | 5.280         | -0.350              |
| 2 x12 | 2.250       | 2.960          | -1.250        | -0.160              |
| 3 x 4 | -0.760      | 0.480          | -2.550        | -0.120              |
| 3 x 5 | 0.800       | -0.290         | 3.600         | -0.730              |
| 3 x 6 | -3.030      | -8.190         | -9.350        | -0.330              |
| 3 x 7 | 0.730       | -3.830         | -3.970        | -0.670              |
| 3 x 8 | -1.570      | 14.550         | 3.780         | 0.810               |
| 3 x 9 | 0.970       | 8.800          | 11.100        | -0.180              |
| 3 x10 | -0.930      | -3.920         | 2.330         | -0.170              |
| 3 x11 | -0.410      | -2.780         | -6.640        | -0.160              |
| 3 x12 | -2.170      | -2.710         | 2.090         | -0.300              |
| 4 x 5 | 1.350       | 17.830         | 16.300        | -0.180              |
| 4 x 6 | -0.480      | -9.100         | -10.050       | 8.550               |
| 4 x 7 | -0.720      | 3.820          | 0.550         | 0.210               |
| 4 x 8 | -1.690      | 0.410          | 5.310         | 1.360               |
| 4 x 9 | -1.140      | -11.750        | -11.930       | 0.020               |
| 4 x10 | 1.610       | 13.630         | 15.930        | -0.610              |
| 4 x11 | -1.190      | 5.010          | -4.310        | -0.610              |
| 4 x12 | -0.960      | 2.970          | -1.570        | 0.550               |
| 5 x 6 | -0.240      | 0.420          | 3.070         | 1.360               |
| 5 x 7 | -1.150      | 12.680         | 13.920        | -0.630              |
| 5 x 8 | -3.120      | 2.180          | 10.080        | -0.160              |
| 5 x 9 | -1.240      | 2.790          | -0.030        | -0.490              |
| 5 x10 | -0.480      | 0.050          | -3.760        | -0.130              |
| 5 x11 | -0.290      | -7.910         | 3.550         | -0.130              |
| 5 x12 | 0.610       | -2.490         | -3.810        | 2.050               |

Continuación .....

| Cruza       | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración |
|-------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| 6 x 7       | -1.310      | 1.720          | 8.160         | 0.090               |
| 6 x 8       | 0.710       | -2.020         | -5.480        | -0.750              |
| 6 x 9       | -0.410      | 13.280         | 16.470        | -0.750              |
| 6 x10       | 1.680       | 2.460          | -5.330        | -0.060              |
| 6 x11       | 2.540       | 4.060          | 1.860         | 0.930               |
| 6 x12       | 0.110       | 5.160          | 8.590         | -0.540              |
| 7 x 8       | 2.804       | 4.040          | 16.350        | -0.420              |
| 7 x 9       | 0.352       | -4.250         | -2.380        | -0.090              |
| 7 x10       | -1.220      | 1.480          | 1.740         | 1.260               |
| 7 x11       | -0.363      | 8.090          | 3.970         | -1.060              |
| 7 x12       | -1.125      | -2.400         | 0.600         | 0.120               |
| 8 x 9       | -0.958      | -3.950         | -0.920        | 0.380               |
| 8 x10       | -3.863      | 0.480          | 0.470         | 0.400               |
| 8 x11       | -2.339      | 1.510          | 11.430        | 0.740               |
| 8 x12       | -2.101      | -2.980         | 6.020         | -0.400              |
| 9 x10       | 0.685       | 0.230          | 7.550         | 1.070               |
| 9 x11       | -1.458      | 1.720          | -2.680        | -0.250              |
| 9 x12       | 1.780       | 2.300          | -10.150       | -0.060              |
| 10x11       | 1.637       | 4.930          | 4.180         | 0.430               |
| 10x12       | 0.542       | -1.860         | 0.940         | -1.710              |
| 11x12       | -3.267      | -7.860         | -7.230        | -0.040              |
| Se(Sij)     | 1.110       | 2.160          | 2.380         | 0.800               |
| Se(Sij-Si)  | 1.340       | 2.610          | 2.880         | 0.960               |
| Se(Sij-Sil) | 1.320       | 2.560          | 2.830         | 0.940               |

cas se encuentran involucrados en las cruzas que manifestaron valores superiores de ACE. Es necesario recordar que la ACE es la porción de variación correspondiente a los efectos génicos no aditivos. Las cruzas citadas anteriormente muestran altos valores en la dirección deseable, por lo tanto, representan una mayor promesa de explotación futura. La cruza 2x6 tuvo valores positivos de ACE en tres variables: rendimiento, índice de cosecha y mazorcas por planta y 4x8 para: rendimiento, número de granos por hilera y peso de 1000 granos.

A excepción de la cruza 4x7 para la característica mazorcas por planta, ninguna de las cruzas superiores responden al cruzamiento entre dos líneas de alta aptitud combinatoria. Estos resultados concuerdan con las consideraciones formuladas por (Johnson y Hayes, 1940).

## Heterosis

En el Cuadro 4.8 se registra la heterosis (H) del híbrido como incremento en vigor sobre el promedio de los progenitores para las características agronómicas consideradas; la heterobeltiosis (HB) como la superioridad sobre el progenitor superior y la heterosis útil (HU) como la superioridad del híbrido sobre una variedad comercial o híbrido experimental sobresaliente. En esta investigación se utilizó como testigo el promedio de tres híbridos dobles experimentales del Instituto del Maíz de la U.A.A.A.N.: (255-18-19 x AN 7) x (CN 67 x CN 66), (255-18-19 x AN7) x (CN 66 x CN 61) y (255-18-19 x AN 7) x (VS 201-27 x VS 201-13).

La heterosis sobre el promedio de ambos progenitores para el rendimiento de grano varió de -18.94 (3x4) a 28.78 (2x6) por ciento y 59 cruzas (89.39 por ciento) produjeron heterosis positiva mientras que 52 cruzas (78.78 por ciento) manifestaron heterosis mayor al progenitor superior; los valores oscilaron entre -16.43 (3x4) a 26.18 por ciento (2x6). Para la heterosis útil el 19.69 por

Cuadro 4.8 Heterosis (H), heterobeltiosis(HB) y heterosis útil (HU) en porcentaje para diferentes características agronómicas de 66 cruzas maíz bajo riego.

| Cruzas | Rendimiento |        |        | Mazorcas por planta |        |        | No. hileras grano |        |       |
|--------|-------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------------------|--------|-------|
|        | H           | HB     | HU     | H                   | HB     | HU     | H                 | HB     | HU    |
| 1 x 2  | 3.17        | 2.73   | -10.06 | 0.75                | -0.62  | 0.50   | 10.25             | 7.62   | 24.67 |
| 1 x 3  | 13.24       | 11.17  | 0.80   | 3.92                | 1.27   | -0.31  | 5.02              | 0.00   | 22.08 |
| 1 x 4  | 8.95        | 8.83   | -4.51  | 5.20                | 0.72   | 0.12   | 14.44             | 12.49  | 28.57 |
| 1 x 5  | -5.41       | -6.55  | -18.19 | -3.02               | -5.92  | 0.12   | -1.71             | -4.44  | 11.68 |
| 1 x 6  | 17.99       | 15.13  | 0.78   | 4.56                | 3.63   | -7.39  | -1.05             | -1.62  | 9.87  |
| 1 x 7  | 23.43       | 19.50  | 4.61   | 13.51               | 10.95  | 2.00   | 2.02              | -5.88  | 3.89  |
| 1 x 8  | -0.92       | -2.67  | -11.67 | -10.69              | -10.80 | 14.29  | 4.50              | -1.65  | 8.57  |
| 1 x 9  | 14.21       | 10.24  | 3.71   | 6.42                | 3.37   | -12.03 | 4.14              | 3.52   | 14.29 |
| 1 x10  | 13.34       | 12.77  | -1.27  | 6.30                | 5.28   | 1.75   | -6.66             | -9.41  | 0.00  |
| 1 x11  | 12.31       | 9.44   | -4.19  | 1.72                | -2.10  | 3.63   | 5.19              | 4.70   | 15.58 |
| 1 x12  | -1.58       | -1.93  | -14.15 | -2.35               | -2.35  | -3.88  | 7.69              | 7.05   | 18.18 |
| 2 x 3  | 5.71        | 3.45   | -6.19  | -5.67               | -9.29  | -8.27  | -5.02             | -7.44  | 12.98 |
| 2 x 4  | 6.70        | 6.14   | -6.87  | -5.00               | -9.29  | -8.27  | -8.57             | -9.19  | 5.19  |
| 2 x 5  | 2.33        | 1.43   | -11.95 | -3.55               | -7.62  | -6.58  | 1.56              | 1.11   | 18.18 |
| 2 x 6  | 28.78       | 26.18  | 9.52   | 13.62               | 11.15  | 12.41  | -2.51             | 4.26   | 10.90 |
| 2 x 7  | 12.25       | 9.13   | -5.27  | 1.53                | 2.47   | 3.63   | 3.18              | 9.19   | 5.19  |
| 2 x 8  | -1.46       | -3.61  | -12.52 | -4.88               | -5.76  | -4.70  | 3.53              | -4.70  | 10.39 |
| 2 x 9  | 5.40        | 1.32   | -4.67  | 7.37                | 2.91   | 4.07   | 1.62              | -1.34  | 14.29 |
| 2 x10  | 3.32        | 3.24   | -10.37 | -1.01               | -3.28  | -2.19  | 0.47              | -4.70  | 10.39 |
| 2 x11  | 3.44        | 1.21   | -12.14 | -4.10               | -8.68  | -7.83  | 3.80              | 0.89   | 16.88 |
| 2 x12  | 12.18       | 13.02  | -1.75  | 2.63                | 1.23   | 2.38   | -0.69             | -3.59  | 11.68 |
| 3 x 4  | -18.94      | -16.43 | -24.22 | 4.87                | 4.02   | -2.82  | 0.00              | -3.19  | 18.18 |
| 3 x 5  | 10.74       | 7.54   | -2.47  | 0.26                | -0.20  | -6.77  | 3.26              | 1.05   | 23.37 |
| 3 x 6  | 8.08        | 3.68   | -5.98  | -6.99               | -8.61  | -11.59 | -5.55             | -9.57  | 10.39 |
| 3 x 7  | 15.06       | 9.54   | -0.67  | 4.27                | -0.60  | 2.38   | -1.20             | -12.76 | 6.49  |
| 3 x 8  | 8.73        | 8.68   | -1.36  | -1.56               | -4.19  | -5.51  | 4.14              | -6.38  | 14.29 |
| 3 x 9  | -2.36       | -4.12  | -9.80  | 12.25               | 11.88  | 4.51   | -5.61             | -10.64 | 9.09  |
| 3 x10  | 9.06        | 6.66   | -3.28  | -2.11               | -3.70  | -7.02  | 7.35              | -0.63  | 21.30 |
| 3 x11  | 4.00        | -0.36  | -9.65  | 0.40                | -0.87  | -7.39  | 1.01              | -4.25  | 16.88 |
| 3 x12  | 14.34       | 11.97  | 1.53   | 2.81                | 0.19   | -1.37  | 5.62              | 0.00   | 22.08 |
| 4 x 5  | 3.64        | 2.29   | -10.25 | 1.90                | 1.55   | -5.95  | 7.86              | 6.66   | 25.67 |
| 4 x 6  | 15.45       | 12.53  | -1.27  | 5.44                | 2.85   | -0.50  | 4.60              | 3.40   | 18.18 |
| 4 x 7  | 11.16       | 7.51   | -5.67  | 17.87               | 11.56  | 14.92  | 3.75              | -5.68  | 7.79  |
| 4 x 8  | 18.85       | 16.88  | 6.06   | -2.63               | -5.91  | -7.21  | 11.66             | 3.40   | 18.18 |
| 4 x 9  | 1.97        | -1.46  | -7.30  | 6.78                | 6.28   | -1.37  | -1.15             | -3.40  | 10.39 |
| 4 x10  | 5.32        | -2.37  | -8.15  | 2.26                | -0.19  | -3.63  | 5.00              | 0.22   | 14.54 |
| 4 x11  | 9.58        | -0.52  | -6.42  | 5.68                | 5.18   | -3.26  | 6.85              | 4.54   | 19.48 |
| 4 x12  | 5.25        | -2.30  | -8.09  | 3.88                | 0.44   | -1.12  | 6.97              | 4.54   | 19.48 |
| 5 x 6  | 7.59        | 6.23   | -9.22  | -5.76               | -7.77  | -10.78 | -5.67             | -7.78  | 7.79  |
| 5 x 7  | 18.95       | 16.53  | -0.42  | -3.39               | -8.27  | -5.51  | 3.70              | -6.66  | 9.09  |
| 5 x 8  | 14.40       | 11.07  | 0.78   | -2.09               | -5.08  | -6.39  | 13.94             | 4.44   | 22.08 |
| 5 x 9  | 1.42        | -3.23  | -8.96  | -4.60               | -4.73  | -11.59 | 8.04              | 4.44   | 22.08 |
| 5 x10  | 27.10       | 26.12  | 9.30   | -0.06               | -2.14  | -5.51  | 1.17              | -4.44  | 11.68 |
| 5 x11  | 16.16       | 14.53  | -2.13  | 7.16                | 6.29   | -1.56  | -0.11             | 3.33   | 12.98 |
| 5 x12  | 3.56        | 3.18   | -10.75 | -2.16               | -5.09  | -6.58  | -3.44             | -6.66  | 9.09  |

Continuación.....

| Cruzas   | Rendimiento |        |        | Mazorcas por planta |       |        | No. hileras grano |        |        |
|----------|-------------|--------|--------|---------------------|-------|--------|-------------------|--------|--------|
|          | H           | HB     | HU     | H                   | HB    | HU     | H                 | HB     | HU     |
| 6 x 7    | 21.35       | 20.39  | 0.27   | -5.64               | -8.52 | -1.57  | -3.79             | -11.62 | 11.29  |
| 6 x 8    | 7.98        | 3.06   | -6.03  | -6.09               | -6.99 | -8.27  | -0.61             | -6.97  | 3.89   |
| 6 x 9    | 12.72       | 6.26   | -0.03  | -4.69               | -6.67 | -9.71  | 0.00              | -1.15  | 10.39  |
| 6 x10    | 13.36       | 11.25  | -3.66  | -7.39               | -7.51 | -10.53 | 2.41              | -1.15  | 10.39  |
| 6 x11    | 12.25       | 12.09  | -6.63  | 0.13                | -2.78 | -5.95  | 1.05              | 0.00   | 11.68  |
| 6 x12    | 17.57       | 15.12  | 0.06   | -0.19               | -1.08 | -2.63  | 3.53              | 2.33   | 14.29  |
| 7 x 8    | 22.51       | 16.58  | 5.79   | -1.11               | -3.22 | -0.31  | 0.67              | -1.33  | -3.89  |
| 7 x 9    | 5.52        | -27.00 | -7.11  | -0.70               | -5.66 | -2.82  | -3.84             | -10.71 | -2.59  |
| 7 x10    | 10.33       | 7.34   | -6.96  | -3.39               | -6.45 | -3.63  | -10.52            | -15.00 | -11.68 |
| 7 x11    | 23.91       | 23.10  | 2.24   | -2.26               | -7.91 | -5.14  | 5.00              | -2.60  | 6.49   |
| 7 x12    | 14.21       | 10.96  | -3.54  | -0.99               | -3.22 | -0.31  | -5.13             | -11.90 | -3.89  |
| 8 x 9    | 14.75       | 12.72  | 6.04   | -0.58               | -3.56 | -4.89  | -1.88             | -7.14  | 1.30   |
| 8 x10    | 6.97        | 4.57   | -5.10  | -2.95               | -4.00 | -5.39  | 9.68              | 6.25   | 10.39  |
| 8 x11    | 10.25       | 5.58   | -4.18  | -1.71               | -5.46 | -6.77  | 13.07             | 6.89   | 16.88  |
| 8 x12    | 0.36        | 1.32   | -8.05  | -5.60               | -5.72 | -7.02  | 3.14              | -2.37  | 6.49   |
| 9 x10    | -3.94       | -7.72  | -13.18 | 0.86                | -1.10 | -4.52  | 0.00              | -2.37  | 6.49   |
| 9 x11    | 8.25        | 1.91   | -4.11  | -1.56               | -2.50 | -9.52  | 5.82              | 5.70   | 15.58  |
| 9 x12    | 9.44        | 5.27   | -0.95  | 2.95                | 0.00  | -1.56  | 0.00              | 5.00   | 9.09   |
| 10x11    | 5.48        | 3.28   | -10.48 | -4.61               | -7.33 | -10.53 | 4.75              | 4.75   | 11.68  |
| 10x12    | 2.38        | 2.24   | -11.13 | 0.77                | -0.19 | -1.75  | 10.96             | -10.96 | -5.18  |
| 11x12    | 9.00        | 6.57   | -7.36  | -5.55               | -9.10 | -10.53 | -0.11             | -0.11  | 9.09   |
| Promedio |             | 6.58   |        |                     | -1.95 |        |                   | -2.22  |        |

Continuación .....

| Cruzas | No. granos hilera |        |        | Peso 1000 granos |        |        | Indice cosecha |        |        |
|--------|-------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|        | H                 | HB     | HU     | H                | HB     | HU     | H              | HB     | HU     |
| 1 x 2  | 9.75              | 5.18   | -10.14 | -7.76            | -19.07 | -76.00 | -2.38          | -6.81  | -8.88  |
| 1 x 3  | 2.35              | -6.83  | -11.06 | 9.22             | 1.82   | -5.04  | 0.00           | 0.00   | -2.22  |
| 1 x 4  | 5.82              | 1.00   | -12.96 | 10.66            | 9.44   | 2.05   | 3.44           | 2.27   | 0.00   |
| 1 x 5  | 8.03              | 1.38   | -9.45  | 24.22            | 14.00  | 6.31   | 7.31           | 0.00   | -2.22  |
| 1 x 6  | 4.98              | -2.67  | -10.75 | 39.50            | 35.73  | 33.75  | 16.48          | 12.76  | 17.77  |
| 1 x 7  | 5.08              | 0.21   | -13.51 | 8.21             | 2.24   | -4.65  | -26.08         | -29.16 | 24.44  |
| 1 x 8  | 13.08             | 11.02  | -9.77  | 16.48            | 15.15  | 7.38   | -2.56          | -13.63 | -15.55 |
| 1 x 9  | 7.77              | -0.45  | -7.98  | -3.95            | -11.16 | -2.55  | -10.11         | -11.11 | -11.11 |
| 1 x10  | 0.54              | -6.48  | -14.86 | 13.20            | 5.27   | 14.12  | -14.60         | -15.55 | -15.55 |
| 1 x11  | 11.15             | 6.72   | -9.21  | 19.64            | 12.99  | 18.49  | 3.70           | -4.54  | -6.66  |
| 1 x12  | 1.54              | 6.63   | -12.83 | -18.58           | -19.64 | -25.06 | 20.43          | 14.28  | 24.44  |
| 2 x 3  | 8.21              | 2.56   | -2.08  | 24.25            | 16.38  | -6.17  | 9.52           | 4.54   | 2.22   |
| 2 x 4  | 7.73              | 7.27   | -7.56  | 10.50            | -2.10  | -10.72 | -20.48         | -25.00 | -26.66 |
| 2 x 5  | 8.06              | 5.71   | -5.58  | 34.51            | 28.01  | -0.24  | 23.07          | 20.00  | 6.66   |
| 2 x 6  | 1.12              | -2.33  | -10.43 | 10.80            | -5.04  | -6.42  | 12.64          | 4.25   | 8.88   |
| 2 x 7  | 14.41             | 13.82  | -1.77  | 17.17            | 8.25   | -10.15 | 0.00           | -8.33  | -2.22  |
| 2 x 8  | 2.14              | -0.34  | -14.56 | 19.78            | 6.15   | -3.26  | 5.40           | -2.50  | -13.33 |
| 2 x 9  | 7.04              | 2.99   | -4.79  | 5.40             | -13.49 | -5.11  | -8.23          | -13.33 | -13.33 |
| 2 x10  | 6.85              | 3.64   | -5.71  | 18.42            | -2.35  | 5.85   | -8.23          | -13.33 | -13.33 |
| 2 x11  | 16.91             | 16.70  | -0.29  | 2.39             | -14.45 | -10.29 | -9.09          | -12.50 | -22.22 |
| 2 x12  | 9.02              | 4.28   | -2.63  | 30.25            | 15.54  | 5.00   | 19.10          | 6.16   | 17.77  |
| 3 x 4  | 4.71              | 10.38  | -4.90  | 6.48             | 6.78   | -8.51  | -8.04          | -9.09  | -11.11 |
| 3 x 5  | 7.37              | 6.81   | 1.97   | 10.74            | -8.89  | -12.21 | 2.56           | -9.09  | -11.11 |
| 3 x 6  | 4.09              | 2.04   | -2.58  | 27.18            | 15.59  | 13.91  | 8.89           | 6.38   | 11.11  |
| 3 x 7  | 6.39              | 1.27   | -3.31  | 5.33             | 3.80   | -13.84 | -6.52          | -10.41 | -4.44  |
| 3 x 9  | 0.23              | -1.35  | -5.82  | -4.40            | -17.08 | -9.05  | -3.37          | -4.44  | 2.22   |
| 3 x10  | -1.26             | -3.55  | -7.92  | -5.33            | -17.48 | -10.54 | -5.61          | -6.66  | -6.66  |
| 3 x11  | 7.19              | 1.35   | -3.24  | 1.33             | -10.39 | -6.03  | -11.11         | -18.18 | -20.00 |
| 3 x12  | 6.89              | 5.71   | 0.92   | 1.40             | -4.33  | -13.06 | 7.52           | 2.04   | 11.11  |
| 4 x 5  | 7.33              | 4.80   | -5.82  | -0.25            | -7.51  | -15.65 | 13.58          | 6.97   | 2.22   |
| 4 x 6  | 1.65              | -1.40  | -9.58  | 10.06            | 5.94   | 4.40   | 3.44           | -4.25  | 0.00   |
| 4 x 7  | 1.09              | 1.00   | -12.83 | 10.31            | 5.33   | -3.94  | -14.28         | -18.75 | -13.33 |
| 4 x 8  | 24.00             | 20.47  | 3.81   | 37.34            | 37.29  | 25.20  | 29.87          | 16.27  | 11.11  |
| 4 x 9  | -9.00             | -12.08 | -18.73 | -8.41            | -16.14 | -8.02  | 6.81           | 4.44   | 4.44   |
| 4 x10  | 2.60              | -0.14  | -9.09  | -9.42            | -16.63 | -9.02  | 18.18          | 15.55  | 15.55  |
| 4 x11  | 8.48              | 7.78   | -7.11  | 8.90             | 1.79   | 6.74   | 27.50          | 18.60  | 13.33  |
| 4 x12  | 2.64              | -1.30  | -7.85  | -1.91            | -2.10  | -10.72 | -6.51          | 12.24  | -4.44  |
| 5 x 6  | 7.23              | 5.83   | -2.95  | 33.15            | 19.20  | 17.46  | -17.64         | 25.23  | -22.22 |
| 5 x 7  | 10.96             | 1.00   | -2.58  | 38.70            | 34.43  | 11.57  | 4.65           | -6.25  | 0.00   |
| 5 x 8  | 3.84              | -0.82  | -11.43 | 46.11            | 35.52  | 23.50  | 25.00          | 18.42  | 0.00   |
| 5 x 9  | 8.90              | 7.06   | -1.03  | 14.53            | -2.07  | 7.41   | -3.61          | -11.11 | -11.11 |
| 5 x10  | 2.51              | 1.53   | -7.56  | 3.39             | -11.16 | -3.69  | 3.61           | -4.44  | -4.44  |
| 5 x11  | 11.10             | 8.46   | -3.13  | 18.02            | 2.84   | 7.84   | 14.66          | 13.15  | -4.44  |
| 5 x12  | 5.79              | 3.49   | -3.37  | 7.06             | -0.58  | -9.65  | 17.24          | 4.08   | -13.33 |

Continuación .....

| Cruzas   | No. granos hilera |       |        | Peso 1000 granos |        |        | Indice cosecha |        |        |
|----------|-------------------|-------|--------|------------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|          | H                 | HB    | HU     | H                | HB     | HU     | H              | HB     | HU     |
| 6 x 7    | 11.54             | 8.24  | -0.73  | 37.46            | 26.62  | 24.77  | -9.47          | -10.41 | -4.44  |
| 6 x 8    | 14.43             | 7.92  | -1.03  | 28.04            | 23.19  | 21.40  | -11.11         | -23.40 | -20.00 |
| 6 x 9    | 8.41              | 7.92  | -18.00 | -4.33            | -9.19  | -39.00 | -6.52          | -8.51  | -4.44  |
| 6 x 10   | 9.38              | 8.98  | -0.05  | 5.35             | 0.55   | 9.01   | 2.17           | 0.00   | 4.44   |
| 6 x 11   | 7.44              | 3.33  | -5.03  | -3.49            | -6.39  | -1.84  | 2.38           | -8.51  | -4.44  |
| 6 x 12   | 8.27              | 7.30  | 0.18   | 14.76            | 10.30  | 8.69   | 4.16           | 2.04   | 11.11  |
| 7 x 8    | 18.35             | 14.89 | -0.84  | 38.00            | 31.82  | 20.12  | -4.87          | -18.75 | -13.33 |
| 7 x 9    | 9.63              | 5.98  | -2.02  | 9.39             | -3.91  | 5.39   | 7.52           | 4.16   | 11.11  |
| 7 x 10   | 8.92              | 6.07  | -3.42  | 12.46            | -0.59  | 7.63   | -9.67          | -12.50 | -6.66  |
| 7 x 11   | 22.75             | 21.85 | 5.16   | 11.26            | -0.33  | 4.50   | 1.17           | -10.41 | -4.44  |
| 7 x 12   | 8.45              | 4.34  | -2.58  | 7.26             | 2.61   | -6.74  | 3.09           | 2.04   | 11.11  |
| 8 x 9    | 8.06              | 1.53  | -6.14  | 16.69            | 6.79   | 17.14  | 11.39          | -2.22  | -2.22  |
| 8 x 10   | 13.59             | 7.49  | -2.13  | 5.40             | -3.01  | 5.14   | -3.79          | -15.55 | -15.55 |
| 8 x 11   | 16.03             | 13.44 | -3.50  | 18.69            | 10.90  | 16.29  | 21.12          | 16.21  | -4.44  |
| 8 x 12   | 11.78             | 4.54  | -2.39  | 2.92             | 2.76   | -6.35  | 37.34          | 16.32  | 26.66  |
| 9 x 10   | 0.50              | -0.25 | -7.80  | -9.60            | -10.12 | -1.41  | -6.66          | -6.66  | -6.66  |
| 9 x 11   | 12.75             | 8.25  | 0.07   | 8.43             | 6.05   | 16.32  | -12.19         | -20.00 | -20.00 |
| 9 x 12   | 6.29              | 6.99  | -0.11  | -7.25            | -15.21 | -6.99  | 17.02          | 12.24  | 22.22  |
| 10x11    | 13.15             | 9.43  | -0.36  | -10.58           | -12.04 | -4.65  | -26.82         | -33.33 | -33.33 |
| 10x12    | 6.86              | 5.53  | -1.47  | -18.56           | -25.14 | -18.84 | 6.38           | 2.04   | 11.11  |
| 11x12    | 14.44             | 9.36  | 2.10   | 4.71             | -2.26  | 2.48   | 0.00           | -12.24 | -4.44  |
| Promedio |                   | 4.42  |        |                  | 3.11   |        |                | -3.73  |        |

Continuación.....

| Cruzas | Intervalo floracion |        |        | Altura de planta |        |        | Altura de mazorca |        |        | Días a flor |        |        |
|--------|---------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
|        | H                   | HB     | HU     | H                | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     | H           | HB     | HU     |
| 1 x 2  | -22.07              | -36.33 | -4.95  | 24.50            | 12.70  | 2.90   | 10.54             | -1.97  | -23.59 | 0.02        | -1.30  | -8.10  |
| 1 x 3  | -33.11              | -45.35 | -9.90  | 23.30            | 13.80  | 0.00   | 23.57             | 15.80  | -20.15 | -1.03       | -1.80  | -8.40  |
| 1 x 4  | 0.03                | -18.03 | 35.13  | 11.50            | 0.10   | -5.80  | 17.29             | 6.28   | -21.13 | 0.00        | 0.00   | 0.00   |
| 1 x 5  | -50.15              | -54.46 | -25.22 | 7.40             | 6.80   | -40.00 | 4.20              | -5.42  | -30.06 | -5.40       | -6.70  | -12.07 |
| 1 x 6  | -36.70              | -45.35 | -9.90  | -2.00            | -15.40 | 1.90   | 11.70             | -3.42  | -20.13 | 0.04        | 0.04   | -4.60  |
| 1 x 7  | -33.11              | -45.35 | -9.90  | 21.00            | 13.80  | -25.60 | 29.31             | 25.12  | -24.56 | -3.30       | -7.20  | -6.40  |
| 1 x 8  | -47.46              | -54.46 | -25.22 | 24.80            | 21.80  | -5.20  | 41.58             | 29.88  | -6.20  | -0.04       | -6.00  | 0.04   |
| 1 x 9  | -50.15              | -54.46 | -25.22 | 16.50            | 5.00   | -3.10  | 16.91             | 3.95   | -19.48 | 1.18        | 0.00   | -6.80  |
| 1 x 10 | -38.42              | -63.66 | -40.09 | 20.10            | 13.00  | -5.10  | 16.59             | 5.85   | -21.77 | -2.70       | -2.70  | -9.40  |
| 1 x 11 | -20.12              | -27.32 | 19.81  | 18.00            | 2.20   | 3.10   | 21.34             | -1.33  | -5.01  | 0.08        | -3.30  | -1.70  |
| 1 x 12 | 6.00                | 18.03  | 35.13  | 20.00            | 17.20  | -8.80  | 28.08             | 19.21  | -28.12 | -1.10       | -1.80  | -7.90  |
| 2 x 3  | -14.16              | -14.16 | -9.90  | 13.20            | 10.60  | 1.10   | 19.02             | 12.15  | -12.57 | -1.08       | -3.20  | -9.90  |
| 2 x 4  | -14.16              | -14.16 | -9.90  | 13.50            | 11.30  | 5.70   | 17.68             | 14.84  | -10.47 | -2.10       | -3.70  | -11.53 |
| 2 x 5  | -37.59              | -44.16 | -25.22 | 15.30            | 4.90   | -4.10  | 8.50              | 5.74   | -17.57 | -4.40       | -7.20  | -12.60 |
| 2 x 6  | -19.67              | -24.81 | -9.90  | 13.30            | 7.40   | 9.50   | 24.92             | 21.34  | 0.03   | -0.02       | -1.30  | -8.90  |
| 2 x 7  | 28.75               | 28.75  | 25.13  | 24.30            | 7.00   | -2.10  | 39.71             | 20.38  | -6.16  | -1.35       | -6.80  | -5.90  |
| 2 x 8  | -19.67              | -24.81 | -9.90  | 15.50            | 6.90   | -2.20  | 26.15             | 21.50  | -5.28  | -3.70       | -11.20 | -5.40  |
| 2 x 9  | -24.81              | -33.33 | -9.90  | 9.70             | 9.20   | 0.00   | 20.71             | 20.32  | -6.20  | -0.04       | -0.09  | -11.00 |
| 2 x 10 | 56.37               | 0.00   | -4.95  | 12.20            | 7.60   | -1.60  | 30.17             | 26.77  | -1.10  | -3.06       | -4.60  | -12.60 |
| 2 x 11 | -24.81              | -33.33 | -9.90  | 13.40            | 8.00   | 8.90   | 17.06             | 5.91   | 1.96   | -5.10       | -10.50 | -9.90  |
| 2 x 12 | -23.14              | -28.75 | -25.22 | 7.40             | 0.10   | -9.00  | 17.61             | -2.00  | -23.61 | -0.09       | -1.30  | -7.40  |
| 3 x 4  | 14.16               | 14.16  | 19.81  | 3.80             | 0.10   | 5.30   | 13.45             | 9.44   | -18.79 | -4.10       | -4.50  | -11.50 |
| 3 x 5  | -37.59              | -44.66 | -25.22 | 14.50            | 6.60   | 6.70   | 9.10              | 5.40   | -22.05 | 3.10        | -4.00  | -8.90  |
| 3 x 6  | -19.67              | -24.81 | -9.90  | -3.10            | -10.00 | -8.20  | -2.80             | 10.88  | -26.31 | 5.90        | -6.40  | -13.70 |
| 3 x 7  | 28.75               | 28.75  | 35.13  | 10.40            | -3.00  | -15.20 | 12.24             | 2.01   | -29.65 | -1.90       | -5.50  | -4.50  |
| 3 x 8  | 33.73               | 25.18  | 50.00  | 16.80            | 10.40  | -3.50  | 38.30             | 35.18  | -2.38  | -0.06       | -12.40 | -6.90  |
| 3 x 9  | 24.81               | -33.33 | -9.90  | 14.20            | 11.10  | 2.50   | 22.66             | 15.92  | -10.20 | -0.06       | -2.20  | -8.90  |
| 3 x 10 | 11.40               | -28.75 | -25.22 | 11.00            | 8.70   | -4.90  | 7.30              | 3.77   | -23.31 | -4.10       | -4.50  | -11.50 |
| 3 x 11 | -12.40              | -22.33 | -4.95  | 1.40             | -5.30  | -4.50  | 4.98              | -9.90  | -13.26 | -3.90       | -7.60  | -6.40  |
| 3 x 12 | -23.14              | -28.75 | -25.22 | 6.20             | 0.10   | -12.20 | 0.06              | -11.77 | -39.16 | -6.60       | -6.80  | -13.50 |
| 4 x 5  | 0.00                | -11.33 | 19.81  | 23.80            | 10.60  | 5.10   | 39.82             | 39.57  | 3.56   | -1.80       | -3.10  | -7.90  |
| 4 x 6  | 22.73               | 25.18  | 50.00  | -4.10            | -7.30  | -5.50  | 0.00              | -5.07  | -21.50 | -1.80       | -1.80  | -9.20  |
| 4 x 7  | 28.75               | 28.75  | 35.13  | 13.00            | -4.10  | -8.90  | 29.42             | 13.88  | -15.49 | -3.30       | -7.20  | 1.20   |
| 4 x 8  | 73.89               | 62.78  | 95.04  | 16.60            | 6.00   | 0.10   | 20.16             | 18.55  | -12.03 | -6.40       | -16.50 | -6.90  |
| 4 x 9  | 0.00                | -11.33 | 19.81  | -3.70            | -5.10  | -9.90  | -3.55             | -5.58  | -26.87 | 3.00        | -1.80  | -12.00 |
| 4 x 10 | 11.40               | -28.75 | -25.22 | 20.20            | 13.10  | 7.40   | 37.29             | 37.01  | 1.66   | 0.00        | 0.00   | -7.40  |
| 4 x 11 | -12.40              | -22.33 | 4.95   | 2.40             | 0.10   | 0.10   | 18.56             | 4.97   | 1.05   | -4.40       | -8.40  | -7.40  |
| 4 x 12 | 38.88               | 28.75  | -2.70  | 2.40             | -6.00  | 11.50  | 15.52             | -1.81  | -27.14 | -4.30       | -5.03  | -11.05 |
| 5 x 6  | 41.44               | 33.33  | 27.42  | 10.60            | -4.10  | -2.20  | 10.46             | 4.62   | -13.48 | -2.70       | -4.00  | -8.90  |
| 5 x 7  | -24.81              | -33.33 | -9.90  | 34.20            | 26.30  | -5.40  | -46.00            | 24.13  | -8.20  | -5.00       | -7.60  | -6.90  |
| 5 x 8  | -6                  | -11.33 | 19.81  | 28.90            | 26.40  | -1.60  | 19.73             | 18.32  | -12.50 | -9.30       | -14.10 | -8.90  |
| 5 x 9  | -33.33              | -33.33 | -9.90  | 10.80            | 0.10   | -7.40  | 14.43             | 1.83   | -13.37 | -4.30       | -6.70  | -12.00 |
| 5 x 10 | 9.28                | -33.33 | -9.90  | 11.5             | 5.50   | -11.40 | 14.2              | 14.15  | -15.58 | -4.10       | -5.40  | -10.40 |
| 5 x 11 | -11.33              | -11.33 | 35.13  | 13.9             | 0.1    | 0.00   | -0.06             | -12.2  | -15.47 | -4.30       | -7.19  | -5.90  |
| 5 x 12 | 73.20               | 44.33  | 12.61  | 6.50             | 4.50   | -18.60 | 2.43              | -12.81 | -35.32 | -3.40       | -4.05  | -8.90  |

Continuación.....

| Cruzas   | Intervalo floracion |        |        | Altura de planta |        |        | Altura de mazorca |        |        | Días a flor |       |        |
|----------|---------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|-------------|-------|--------|
|          | H                   | HB     | HU     | H                | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     | H           | HB    | HU     |
| 6 x 7    | 6.82                | 0.00   | 19.81  | 16.50            | -3.90  | -2.10  | 21.07             | 1.81   | -15.81 | -2.80       | -6.80 | -5.90  |
| 6 x 8    | -24.81              | -24.81 | -9.90  | 5.80             | -6.70  | -4.80  | 12.69             | 5.55   | 12.71  | -12.71      | -2.10 | -8.45  |
| 6 x 9    | -41.34              | -37.59 | -25.22 | 14.40            | 8.90   | 11.10  | 24.56             | 23.90  | 2.45   | 2.45        | -0.06 | 0.48   |
| 6 x 10   | 20.48               | -24.81 | -9.90  | 1.90             | -7.00  | -5.20  | 16.79             | 10.57  | -8.56  | -8.56       | 1.30  | 1.38   |
| 6 x 11   | 29.32               | 22.00  | 64.86  | 4.60             | 4.00   | 6.10   | 7.33              | -0.02  | -3.92  | -3.92       | -1.70 | -5.90  |
| 6 x 12   | -28.75              | -37.59 | -25.22 | 8.00             | -4.80  | -2.90  | 14.72             | -6.60  | -22.77 | -22.77      | -1.60 | -2.28  |
| 7 x 8    | -6.42               | -12.40 | 4.95   | 38.00            | 27.50  | 0.00   | 33.41             | 18.79  | -14.21 | -14.21      | -0.06 | -3.21  |
| 7 x 9    | -12.40              | -22.33 | 4.95   | 10.80            | -4.90  | -12.30 | 12.34             | -2.93  | -24.81 | -24.81      | -0.08 | -5.90  |
| 7 x 10   | 123.48              | 42.91  | 50.00  | 18.50            | 5.90   | -11.10 | 26.23             | 11.28  | -17.76 | -17.76      | -3.70 | -7.60  |
| 7 x 11   | -37.59              | -44.66 | -25.22 | 16.10            | -3.80  | -3.00  | 28.74             | 2.07   | -1.72  | -1.72       | -3.10 | -3.30  |
| 7 x 12   | 54.16               | 0.00   | 4.96   | 12.60            | 4.10   | -19.00 | 12.12             | 7.88   | -39.16 | -39.16      | -4.40 | -7.60  |
| 8 x 9    | 6.00                | 0.00   | -2.70  | 11.90            | 3.10   | -4.80  | 10.50             | 6.75   | -17.30 | -17.30      | -4.50 | -11.60 |
| 8 x 10   | 60.24               | 0.00   | 19.81  | 16.80            | 12.60  | -5.50  | 20.91             | 19.53  | -11.67 | -11.67      | -9.05 | -14.90 |
| 8 x 11   | 29.32               | 22.00  | 64.86  | 21.50            | 7.60   | 8.40   | 16.65             | 2.07   | -1.72  | -1.72       | -7.40 | -9.66  |
| 8 x 12   | -14.16              | -24.81 | -9.90  | 17.10            | 17.10  | -8.80  | 8.57              | -6.67  | -32.60 | -32.60      | -7.40 | -12.80 |
| 9 x 10   | 63.93               | 0.00   | -2.70  | 14.00            | 8.90   | 0.00   | 14.32             | 11.69  | -13.48 | -13.48      | -0.02 | -1.30  |
| 9 x 11   | -22.33              | -22.33 | 4.95   | 3.60             | 0.10   | 0.00   | 11.62             | 0.07   | -3.03  | -3.03       | -3.70 | -8.80  |
| 9 x 12   | -20.00              | -33.33 | -9.90  | -4.40            | -11.90 | -18.70 | 10.7              | -7.53  | -28.37 | -28.32      | -0.04 | -1.30  |
| 10 x 11  | 47.77               | -11.33 | 19.81  | 11.70            | 2.20   | 3.10   | 19.02             | 5.18   | 1.26   | 1.26        | -0.04 | -4.60  |
| 10 x 12  | 0.00                | 0.00   | 0.00   | 7.90             | 3.90   | -12.70 | 7.86              | -8.16  | -32.13 | -32.13      | -2.00 | -2.70  |
| 11 x 12  | 6.80                | -22.33 | 4.95   | -1.20            | -12.40 | -11.70 | 0.50              | -27.16 | -29.87 | -29.87      | -7.60 | -11.00 |
| Promedio |                     | -14.84 |        |                  | 4.5    |        |                   | 7.38   |        |             | -4.48 |        |

ciento de las cruzas estudiadas presentaron valores positivos, con un rango de - 24.44 (3x4) a 9.52 (2x6) por ciento.

Las cruzas que obtuvieron los valores más altos y positivos para el rendimiento en los tres tipos de heterosis fue la 2x6 seguida por la 5x10. Estas cruzas deberán investigarse en el futuro para determinar la mejor combinación para rendimiento; un método de producción de semilla económico podría utilizarse en éstos híbridos no convencionales. Los componentes de rendimiento que pudieran haber contribuido a la heterosis en rendimiento son: mazorcas por planta y peso de 1000 granos. Beck *et al.* (1990) encuentran en maíces tropicales precoces e intermedios, heterosis baja sobre el mejor progenitor y niveles moderados de heterosis en la cruce de Población 23 x Pool 26 (9.6 por ciento) y 6.7 por ciento en la cruce de Población 23 x Pool 20. Vasal y Srinivasan (1991) enfatizan el desarrollo de poblaciones heteróticas que de esta manera se vuelven tolerantes a la endogamia y permiten obtener líneas vigorosas y productivas en el desarrollo de híbridos.

Para mazorcas por planta la heterosis (H) sobre el promedio de los progenitores fluctuó entre -10.69 y 17.87 por ciento y las cruzas siguientes manifestaron los valores más elevados: 4x7 (17.87), 2x6 (13.62) y 1x7 (13.51). La heterobeltiosis (HB) entre -10.80 y 11.88 por ciento, sobresaliendo las cruzas 3x9 (11.88), 4x7 (11.56) y 2x6 (11.15). Respecto a la heterosis útil (HU) el rango correspondiente es entre -12.03 y 14.92, sobresaliendo las cruzas 4x7 (14.92), 1x7 (14.29) y 2x6 (12.41). La H, HB y HU se manifestó en 30 (45.45), 21 (31.81) y 13 (19.69) cruzas, respectivamente.

En número de hileras por mazorca 44, 25 y 60 híbridos manifestaron las tres formas de heterosis (H, HB y HU, respectivamente). Se encontró una variación de la heterosis sobre el progenitor superior de -15.00 (7x10) a

12.49(1x4) por ciento. Las cruzas 1x4, 4x5 y 1x2 mostraron valores entre 28.57 y 24.67 por ciento de HU, resultando las mejores.

Para el número de granos por hilera la H, HB y HU se manifestó positivamente en 64, 50 y 8 cruzas, respectivamente. Los híbridos 4x8, 7x11 y 7x8 mostraron los valores positivos más altos para las tres formas de heterosis en este carácter.

En peso de 1000 granos la H, HB y HU se manifestó positivamente en 52, 36 y 31 cruzas, respectivamente. Sobresalieron los híbridos 1x6, 5x8, 7x8 y 5x7 por sus valores positivos más altos en las tres formas de heterosis.

En el índice de cosecha 39, 28 y 26 cruzas se manifestaron en forma positiva para H, HB y HU, respectivamente. Las cruzas 8x12, 4x11, 5x8 y 2x5 fueron las mejores para H y HB pero en HU además de ella se registró buen comportamiento en la cruz 9x12 (22.22 por ciento).

Los valores promedios de heterobeltiosis para rendimiento, mazorcas por planta, hileras de grano por mazorca, granos por hilera, peso de 1000 granos, índice de cosecha e intervalo de floración son 6.58, -1.95, -2.22, 4.42, 3.11, -3.73,-14.84, respectivamente.

Los componentes de rendimiento que han logrado un mayor número de cruzas con heterosis positiva son número de granos por hilera, peso de 1000 granos y número de hileras de granos. Se manifiestan porcentajes de heterosis más elevados en peso de 1000 granos e índice de cosecha, superando el 20 por ciento. El mejoramiento en esta última variable es importante porque manifiesta una superioridad neta del genotipo; correlaciones negativas y compensaciones entre componentes de rendimiento, determinan que sea más eficiente el uso del índice de selección, como criterio de selección. El elevado efecto heterótico

para estos caracteres puede atribuirse a elevada ACG para uno o ambos progenitores, alto y deseable efecto de ACE de la crusa o combinación de elevados efectos de ACG y ACE de los progenitores y cruzas, respectivamente. La diversidad genética entre las líneas pudo haber contribuido a los altos valores de heterosis, habida cuenta que se originaron en una población proveniente de la recombinación de materiales genéticos muy diversos. Varios investigadores, (Moll *et al.*, 1965; Malm, 1968 y Kuruvadi, 1988) reportaron que los progenitores genéticamente con mayor divergencia manifestaron en las cruzas híbridos potenciales con elevado porcentaje de heterosis en diferentes características para diversos cultivos.

No se registró ninguna crusa con superioridad simultánea sobre varios caracteres, pero sí una correspondencia entre los valores de ACE y los valores de heterosis.

Las cruzas 1x9, 1x5 y 1x10 para intervalo de floración; 9x12, 4x6, 4x9 y 3x6 para altura de planta; 4x9, 3x6 y 11x12 para altura de mazorca y 7x12, 11x12 y 8x10 para días a flor manifestaron altos valores de heterosis en la dirección deseable, por lo que son útiles en programas de mejoramiento bajo riego. La HB promedio para altura de planta, altura de mazorca y días a flor fue de 4.5, 7.38 y -4.48 por ciento, respectivamente. Beck *et al.* (1990) en maíces con adaptación tropical, precoces e intermedios, registra valores de -1.4, -1.8 y -2.4 por ciento para altura de planta, altura de mazorca y días a flor, respectivamente.

### **Correlaciones Fenotípicas**

En el Cuadro 4.9 se presentan los valores de las correlaciones simples entre pares de características agronómicas evaluadas. El rendimiento de grano presenta una asociación positiva y significativa con el número de mazorcas por planta (prolificidad), número de granos por hilera, peso de 1000 gra-

Cuadro 4.9 Correlaciones fenotípicas entre diferentes características agronómicas en maíz bajo riego.

| Característica               | N° mazorcas/planta | N° hileras grano/maz | N° granos hilera | Peso 1000 granos | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración | Índice de cosecha |
|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|-------------------|
| Rendimiento                  | 0.249 *            | -0.033               | 0.236 *          | 0.395 **         | -0.004      | 0.170          | 0.217 *       | -0.057              | 0.112             |
| N° mazorcas por planta       |                    | -0.165               | -0.328 **        | -0.232 *         | 0.012       | -0.185         | -0.172        | -0.068              | 0.102             |
| N° hileras grano por mazorca |                    |                      | -0.058           | -0.189           | -0.403 **   | 0.191          | 0.321         | 0.062               | 0.039             |
| N° granos por hilera         |                    |                      |                  | 0.160            | -0.101      | 0.185          | 0.219 *       | -0.075              | 0.098             |
| Peso de 1000 granos          |                    |                      |                  |                  | 0.143       | 0.303 **       | 0.215         | 0.104               | -0.030            |
| Días a flor                  |                    |                      |                  |                  |             | 0.088          | -0.129        | 0.156               | -0.212            |
| Altura de mazorca            |                    |                      |                  |                  |             |                | 0.826 **      | 0.049               | -0.353 **         |
| Altura de planta             |                    |                      |                  |                  |             |                |               | 0.008               | -0.212            |
| Intervalo floración          |                    |                      |                  |                  |             |                |               |                     | -0.060            |
| Índice de cosecha            |                    |                      |                  |                  |             |                |               |                     |                   |

\* Significativo al cinco por ciento

\*\* Significativo al uno por ciento

nos y altura de planta. Cuando las correlaciones entre dos caracteres son positivas es posible mejorar un carácter mejorando indirectamente por otro. Ello es especialmente útil cuando el carácter de interés económico que se pretende mejorar presenta dificultades para el mejoramiento genético; tales el caso de mejorar rendimiento usando sus componentes. Dentro de ellos, el número de mazorcas por planta presentó valores negativos altamente significativos con el número de granos por hilera (-0.328) y peso de 1000 granos (-0.232). Número de hileras de granos por mazorca correlacionó negativa y significativamente con días a flor (-0.043). Número de granos por hilera presenta valores positivos y significativos con altura de planta (0.219). Peso de 1000 granos se asocia positiva y significativamente con altura de mazorca (0.303). Altura de mazorca presenta valores positivos y significativos en su asociación con altura de planta y negativo y significativo con índice de cosecha (-0.353). Las correlaciones negativas son una limitante en el mejoramiento genético, porque al seleccionarlas simultáneamente, una aumenta a medida que la otra disminuye. Las correlaciones tienen importancia en el mejoramiento genético porque permite una selección más apropiada y la posibilidad de obtener plantas más eficientes. Hallauer y Miranda (1988) consideran que algunas correlaciones, aunque positivas, no son lo suficientemente altas para ser consideradas en el proceso de selección; Jenkis (1929) detecta correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con altura de planta y número de mazorcas por planta y negativas con la floración femenina de maíz. Jugenheimer(1981) verificó correlaciones positivas entre rendimiento y días a flor (femenina y masculina), altura de planta, número de mazorcas por planta. Hallauer y Miranda (1988) hicieron una amplia revisión sobre correlaciones entre 13 caracteres de la planta de maíz. Entre rendimiento y altura de la planta el valor encontrado es de 0.26, con altura de mazorca (0.31), con el peso de grano (0.25), días a flor (0.14); entre altura de la planta y altura de la mazorca (0.81); días a flor y altura de mazorca (0.42). Bolaños *et al.* (1990) encuentran una correlación fuerte y significativa, pero negativa, entre el intervalo de floración y y todos

los componentes de rendimiento; relación que se presenta en todo el material evaluado del C.I.M.M.Y.T.

### **Estudio de Aptitud Combinatoria y Heterosis para Diferentes Características Agronómicas de Maíz Bajo Temporal**

El análisis de varianza y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas en maíz se presentan en el Cuadro 4.10, indicando diferencias significativas para las variables: número de hileras de grano por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha revelando amplia variabilidad para las mismas. Las características: rendimiento, mazorcas por planta e intervalo de floración no manifestaron diferencias significativas, indicando uniformidad en los genotipos evaluados en temporal. Los progenitores del dialélico fueron seleccionados en condiciones de riego y parece discriminarse mejor sus cruzas en ese tipo de ambiente. Fischer *et al.* (1983) evaluando material experimental proveniente de la población Tuxpeño-1 seleccionadas por rendimiento en condiciones de buena humedad, encuentran bajo irrigación un incremento de rendimiento en las selecciones pero bajo condiciones de estrés no hay diferencias significativas entre las variedades seleccionadas. Cuando las selecciones se efectúan bajo condiciones de estrés, tienden a presentar mejores rendimientos en las evaluaciones bajo riego. La subdivisión de la varianza de tratamientos, en varianza debida a progenitores y cruzas, indicó que los progenitores no difieren en rendimiento, peso de 1000 granos e intervalo de floración. En las cruzas se observó diferencias significativas para número de granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, altura de mazorca y altura de planta. Para la comparación de progenitores vs. cruzas, se detectaron diferencias significativas para número de hileras de grano por mazorca, número de granos por hilera, días a flor, altura de mazorca y altura de planta.

Cuadro 4.10. Análisis de varianza general y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas en maíz bajo temporal.

| Fuente de Variación | C U A D R A D O S M E D I O S |                  |                                 |                         |                     |                        |                |                        |                   |                  |                      |
|---------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------|------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
|                     | Grados de libertad            | Rendi-<br>miento | Mazorcas<br>planta <sup>a</sup> | N° Hileras<br>grano/maz | N° Granos<br>hilera | Peso de<br>1000 granos | Días a<br>flor | Intervalo<br>floración | Altura<br>mazorca | Altura<br>planta | Indice de<br>cosecha |
| Repeticiones        | 2                             | 21.60 *          | 0.18 **                         | 3.14                    | 160.99 **           | 1.80                   | 27.47 *        | 9.09 **                | 22.56             | 41.06            | 0.0075 *             |
| Tratamientos        | 77                            | 6.43             | 0.03                            | 5.06 **                 | 25.39 **            | 1.10 **                | 22.15 **       | 1.14                   | 183.13 **         | 404.94 **        | 0.0026 *             |
| Progenitores        | 11                            | 4.84             | 0.07 *                          | 10.13 **                | 36.18 **            | 24.10 **               | 52.57 **       | 1.15                   | 249.75 **         | 729.29 **        | 0.0500 **            |
| Cruzas              | 65                            | 23.92            | 0.03                            | 59.92 **                | 104.15 **           | 1.78                   | 50.00 *        | 2.11                   | 824.60 **         | 142.30 **        | 0.0040               |
| Prog. vs Cruzas     | 1                             | 6.40             | 0.03                            | 3.36                    | 22.35 **            | 0.90 *                 | 16.57 **       | 1.12                   | 146.60 **         | 281.02 **        | 0.0022 **            |
| ACG                 | 11                            | 11.03            | 0.06 *                          | 13.40 **                | 74.81 **            | 2.70 **                | 87.30 **       | 0.94                   | 733.41 **         | 318.45 **        | 0.0093 **            |
| ACE                 | 54                            | 5.50             | 0.02                            | 1.31                    | 11.66               | 0.60                   | 2.16           | 1.16                   | 27.07             | 69.69            | 0.0808               |
| Error               | 154                           | 6.59             | 0.03                            | 2.64                    | 13.68               | 0.60                   | 8.90           | 0.99                   | 52.53             | 171.25           | 0.0019               |
| ACG / ACE           |                               | 2:1              | 3:1                             | 10:1                    | 6.4:1               | 4.3:1                  | 40:1           | 1:1                    | 27:1              | 19:1             | 11:1                 |
| C.V. (%)            |                               | 17.1             | 4.36                            | 12.6                    | 20.1                | 18.8                   | 4.33           | 11.5                   | 15.4              | 12.8             | 13.2                 |

\* Significativo al 5 por ciento

\*\* Significativo al 1 por ciento

<sup>a</sup> Transformado por  $V \times +1$

El análisis de varianza para ACG mostró diferencias significativas para mazorcas por planta, hileras de grano por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha, indicando que los efectos aditivos están controlando estas características. Sólo el rendimiento e intervalo de floración no presentaron significancia estadística, aunque el primero presentó un valor muy cercano a la significancia del cinco por ciento. No se encontraron diferencias estadísticas significativas para ACE en ninguna de las características agronómicas evaluadas. Las causas probables de falta de significancia estadística podrían ser: retraso y escasa precipitación, heladas tempranas, interacción del genotipo con el ambiente, pocas repeticiones y reducido tamaño de muestra.

La comparación de las proporciones de ACG/ACE señalan una gran diferencia a favor de la primera en días a flor, altura de mazorca, altura de planta, índice de cosecha, hilera de grano por mazorca, granos por hilera y peso de 1000 granos; para rendimiento y mazorcas por planta la ACG dobla a la ACE y para intervalo de floración, la magnitud de las mismas es semejante. Las magnitudes relativas de estas proporciones sugieren que en el material evaluado será mucho más fácil seleccionar progenitores que producirán progenies con muy buen comportamiento para días a flor, altura de planta, altura de mazorca, índice de cosecha, número de hileras de grano, número de granos por hilera y peso de 1000 granos que para rendimiento, intervalo de floración y mazorcas por planta. Nevado y Cross (1990) estudian tres dialélicos de maíz en nueve ambientes durante tres años y señalan una relación ACG/ACE elevada para número de hileras por mazorca, peso de grano y días a flor. La relación fue baja para granos por hilera y rendimiento de grano.

Los coeficientes de variación fueron inferiores al 20 por ciento, indicativo de aceptación en la conducción del experimento y resultados obtenidos.

Los promedios para diferentes características agronómicas de los progenitores e híbridos se presentan en los Cuadros 4.11 y 4.12. El rendimiento en los progenitores varió entre 413.23 (línea 7) a 561.63 kg (línea 9) con un promedio de 463.29 kg/ha. Estas líneas tienen la misma posición bajo riego. En los híbridos la variación fue de 402.70 (3x8) a 724.60 kg (5x9) con una media de 490.2 kg. La superioridad de los híbridos respecto a los progenitores fue de 5.80 por ciento. La cruz 5x9 fue la de mayor rendimiento y se separa de los demás participantes. Sería interesante seguir su evolución en condiciones de temporal puesto que no registró buen comportamiento bajo riego. El rendimiento promedio de los progenitores fue un 92.4 por ciento inferior al obtenido en riego y el de las cruces un 92.65 por ciento menor. Las condiciones del cultivo en temporal fueron extremadamente severas pues las lluvias se retrasaron considerablemente y esto produjo una ampliación del ciclo, suficiente como para ser alcanzado por heladas tempranas. De esta manera el material más precóz recibió algunas horas de temperaturas bajo cero afectando el llenado de granos.

Mazorcas por planta varió en los progenitores entre 0.86 (líneas 6 y 12) a 1.38 (línea 2) con un promedio de 1.01. En los híbridos fluctuó entre 0.80 (4x6) a 1.50 (2x4) con una media de 1.01. Esta característica no fue mejorada en los híbridos. Sobresalen las líneas 2 (1.38), 10 (1.15), 3 y 5 (1.08); dentro de los híbridos: 2x4 (1.5), 4x9 (1.33), 9x12 (1.28). Tanto para progenitores como híbridos, la reducción promedio para temporal fue de 34 por ciento. Leng (1963) regresa los híbridos de maíz respecto a sus líneas y encuentra uniformidad para número de mazorcas por planta en todo el material analizado. Bolaños *et al.* (1989) mencionan que después de ocho ciclos de selección en la población Tuxpeño-Sequía, la selección mejoró considerablemente el número de mazorcas por planta, especialmente en condiciones de sequía aumentando poco el número de granos por mazorca y el peso de 1000 granos. Señalan que, dado que el rendimiento de una planta sin mazorca es cero, la primera prioridad en mejorar la resistencia a la sequía es garantizar que la planta no quede infértil (sin mazorca)

Cuadro 4.11 Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 12 progenitores S1 de maíz bajo temporal.

| Progenitores | Rendimiento (kg/ha) | Mazorcas planta | N° Hileras grano/maz | N° Granos hilera | Peso de 1000 granos (g) | Días a flor | Altura de mazorca (cm) | Altura de planta (cm) | Intervalo floración | Indice de cosecha (%) |
|--------------|---------------------|-----------------|----------------------|------------------|-------------------------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1            | 478.90              | 0.93            | 14.66                | 15.90            | 142.20                  | 66.66       | 31.96                  | 83.00                 | 2.33                | 31                    |
| 2            | 467.83              | 1.38            | 14.33                | 15.46            | 145.60                  | 63.33       | 50.60                  | 113.60                | 2.66                | 32                    |
| 3            | 456.57              | 1.08            | 10.10                | 17.73            | 120.10                  | 71.33       | 36.44                  | 91.30                 | 3.33                | 31                    |
| 4            | 442.17              | 1.00            | 9.86                 | 15.80            | 135.10                  | 66.66       | 48.33                  | 107.30                | 4.00                | 31                    |
| 5            | 414.57              | 1.08            | 10.33                | 10.61            | 72.10                   | 75.33       | 37.83                  | 71.00                 | 2.66                | 28                    |
| 6            | 486.03              | 0.86            | 11.66                | 18.90            | 164.60                  | 67.66       | 53.63                  | 110.60                | 3.33                | 33                    |
| 7            | 413.23              | 1.00            | 9.33                 | 11.22            | 82.10                   | 74.00       | 25.53                  | 68.43                 | 2.00                | 30                    |
| 8            | 454.10              | 1.00            | 13.46                | 19.93            | 107.90                  | 70.66       | 36.63                  | 86.33                 | 2.66                | 36                    |
| 9            | 561.63              | 0.91            | 12.36                | 20.16            | 106.50                  | 71.33       | 36.66                  | 91.33                 | 2.66                | 31                    |
| 10           | 484.63              | 1.15            | 11.73                | 18.93            | 130.40                  | 66.00       | 35.53                  | 100.00                | 3.00                | 39                    |
| 11           | 440.30              | 0.93            | 11.56                | 20.76            | 152.40                  | 67.66       | 39.43                  | 88.33                 | 4.00                | 36                    |
| 12           | 450.60              | 0.86            | 14.03                | 20.03            | 104.40                  | 71.00       | 27.73                  | 76.33                 | 3.33                | 33                    |
| Promedio     | 463.29              | 1.01            | 11.95                | 17.11            | 121.90                  | 69.30       | 38.35                  | 90.63                 | 2.99                | 32                    |
| DMS (5%)     | 134.52              | 0.30            | 2.62                 | 5.96             | 40.07                   | 4.81        | 11.71                  | 21.20                 | 1.60                | 7.03                  |

Cuadro 4.12 Concentración de medias de diferentes características agronómicas de 66 cruzas de maíz bajo temporal.

| Cruza | Rendimiento (kg/ha) | Mazorcas planta | Nº Hileras grano/maz | Nº Granos hilera | Peso de 1000 granos (g) |
|-------|---------------------|-----------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| 1x2   | 509.33              | 1.13            | 14.70                | 15.73            | 128.20                  |
| 1x3   | 494.17              | 1.00            | 15.46                | 17.50            | 165.20                  |
| 1x4   | 460.83              | 1.00            | 14.40                | 11.93            | 153.30                  |
| 1x5   | 457.00              | 1.08            | 13.20                | 15.93            | 123.60                  |
| 1x6   | 536.33              | 1.08            | 15.16                | 19.06            | 153.03                  |
| 1x7   | 456.33              | 0.93            | 13.66                | 15.76            | 127.90                  |
| 1x8   | 446.23              | 1.16            | 13.50                | 13.66            | 104.09                  |
| 1x9   | 465.03              | 1.13            | 14.20                | 13.84            | 107.60                  |
| 1x10  | 462.00              | 1.00            | 13.30                | 12.60            | 116.90                  |
| 1x11  | 514.70              | 0.86            | 14.66                | 18.16            | 141.90                  |
| 1x12  | 527.23              | 1.06            | 14.36                | 19.46            | 116.80                  |
| 2x3   | 519.30              | 1.00            | 13.23                | 19.63            | 149.86                  |
| 2x4   | 547.47              | 1.50            | 14.20                | 16.53            | 121.43                  |
| 2x5   | 494.37              | 1.00            | 13.20                | 16.33            | 147.83                  |
| 2x6   | 518.37              | 1.13            | 12.50                | 20.60            | 129.13                  |
| 2x7   | 487.37              | 1.00            | 13.33                | 17.93            | 127.56                  |
| 2x8   | 503.70              | 1.00            | 11.86                | 17.46            | 152.50                  |
| 2x9   | 475.80              | 1.00            | 12.46                | 14.51            | 113.50                  |
| 2x10  | 474.27              | 1.00            | 13.46                | 18.36            | 137.80                  |
| 2x11  | 458.70              | 1.00            | 12.80                | 21.73            | 155.46                  |
| 2x12  | 545.20              | 1.08            | 13.23                | 22.16            | 140.00                  |
| 3X4   | 492.17              | 1.00            | 14.20                | 20.70            | 113.50                  |
| 3X5   | 508.37              | 1.06            | 14.03                | 17.46            | 119.20                  |
| 3X6   | 511.67              | 1.15            | 14.26                | 16.66            | 133.63                  |
| 3X7   | 455.03              | 0.82            | 11.83                | 17.56            | 94.66                   |
| 3X8   | 402.70              | 0.93            | 11.73                | 15.53            | 107.53                  |
| 3X9   | 481.63              | 0.93            | 11.70                | 18.06            | 140.73                  |
| 3X10  | 481.63              | 0.93            | 12.16                | 19.06            | 141.66                  |
| 3X11  | 537.57              | 1.06            | 13.06                | 15.03            | 145.33                  |
| 3X12  | 497.03              | 0.93            | 13.06                | 15.03            | 145.33                  |
| 4X5   | 496.03              | 1.00            | 13.93                | 18.46            | 127.73                  |
| 4X6   | 520.27              | 1.00            | 14.40                | 15.73            | 180.70                  |
| 4X7   | 488.37              | 0.80            | 10.33                | 16.16            | 139.96                  |
| 4X8   | 464.67              | 0.80            | 10.33                | 16.16            | 139.96                  |
| 4X9   | 488.37              | 0.80            | 10.33                | 16.16            | 139.96                  |
| 4X10  | 488.37              | 0.80            | 10.33                | 16.16            | 139.96                  |
| 4X11  | 464.67              | 1.00            | 12.53                | 18.56            | 110.86                  |
| 4X12  | 499.33              | 1.08            | 13.60                | 14.26            | 156.80                  |
| 5X6   | 499.33              | 1.08            | 13.60                | 14.26            | 156.80                  |
| 5X7   | 506.80              | 1.33            | 14.33                | 17.76            | 152.23                  |
| 5X8   | 506.80              | 1.33            | 14.33                | 17.76            | 152.23                  |
| 5X9   | 463.03              | 0.93            | 12.60                | 15.80            | 121.23                  |
| 5X10  | 463.03              | 0.93            | 12.60                | 15.80            | 121.23                  |
| 5X11  | 449.03              | 0.93            | 13.76                | 16.23            | 133.93                  |
| 5X12  | 449.03              | 0.93            | 13.76                | 16.23            | 133.93                  |
| 6X1   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X2   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X3   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X4   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X5   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X6   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X7   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X8   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X9   | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X10  | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X11  | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 6X12  | 484.70              | 1.00            | 14.66                | 19.53            | 113.00                  |
| 7X1   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X2   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X3   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X4   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X5   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X6   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X7   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X8   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X9   | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X10  | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X11  | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 7X12  | 431.97              | 0.93            | 11.46                | 12.10            | 140.96                  |
| 8X1   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X2   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X3   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X4   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X5   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X6   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X7   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X8   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X9   | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X10  | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X11  | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 8X12  | 447.27              | 1.00            | 12.33                | 14.26            | 113.63                  |
| 9X1   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X2   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X3   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X4   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X5   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X6   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X7   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X8   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X9   | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X10  | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X11  | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 9X12  | 432.93              | 1.00            | 12.00                | 9.53             | 131.73                  |
| 10X1  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X2  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X3  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X4  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X5  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X6  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X7  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X8  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X9  | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X10 | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X11 | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 10X12 | 724.60              | 1.00            | 13.06                | 16.80            | 126.20                  |
| 11X1  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X2  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X3  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X4  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X5  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X6  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X7  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X8  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X9  | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X10 | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X11 | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 11X12 | 497.27              | 1.00            | 12.26                | 17.60            | 126.90                  |
| 12X1  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X2  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X3  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X4  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X5  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X6  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X7  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X8  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X9  | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X10 | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X11 | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 12X12 | 466.23              | 0.91            | 13.50                | 18.33            | 115.10                  |
| 13X1  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X2  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X3  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X4  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X5  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X6  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X7  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X8  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X9  | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X10 | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X11 | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |
| 13X12 | 425.63              | 1.11            | 12.80                | 18.96            | 104.60                  |

Continuación .....

| Cruza    | Rendimiento (kg/ha) | Mazorcas planta | Nº Hileras grano/maz | Nº Granos hilera | Peso de 1000 granos (g) |
|----------|---------------------|-----------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| 6x7      | 475.70              | 1.00            | 12.53                | 16.33            | 143.06                  |
| 6x8      | 415.70              | 1.00            | 11.63                | 10.93            | 136.00                  |
| 6x9      | 533.57              | 1.00            | 12.43                | 13.06            | 174.73                  |
| 6x10     | 505.03              | 0.93            | 13.16                | 17.30            | 142.16                  |
| 6x11     | 584.70              | 1.06            | 13.36                | 18.30            | 156.70                  |
| 6x12     | 496.63              | 1.11            | 13.56                | 18.26            | 110.73                  |
| 7x8      | 472.70              | 0.86            | 13.93                | 19.33            | 132.50                  |
| 7x9      | 495.97              | 0.88            | 12.46                | 16.86            | 150.83                  |
| 7x10     | 474.33              | 1.00            | 12.53                | 15.40            | 129.26                  |
| 7x11     | 496.37              | 0.93            | 12.43                | 17.53            | 114.36                  |
| 7x12     | 504.03              | 1.00            | 12.20                | 13.43            | 141.20                  |
| 8x9      | 416.00              | 0.93            | 11.63                | 12.26            | 140.53                  |
| 8x10     | 456.70              | 0.93            | 12.36                | 13.26            | 154.80                  |
| 8x11     | 425.67              | 1.00            | 11.23                | 11.43            | 136.10                  |
| 8x12     | 486.93              | 1.00            | 10.66                | 18.53            | 130.00                  |
| 9x10     | 543.60              | 1.06            | 11.84                | 17.13            | 132.76                  |
| 9x11     | 531.70              | 1.13            | 12.80                | 16.50            | 146.90                  |
| 9x12     | 526.00              | 1.28            | 10.53                | 12.33            | 141.83                  |
| 10x11    | 481.70              | 1.00            | 12.26                | 17.66            | 145.66                  |
| 10x12    | 476.67              | 1.06            | 11.73                | 9.76             | 126.83                  |
| 11x12    | 512.00              | 1.00            | 13.33                | 20.63            | 138.43                  |
| Promedio | 490.20              | 1.01            | 12.95                | 16.44            | 133.80                  |
| DMS (5%) | 134.52              | 0.30            | 2.62                 | 5.96             | 40.07                   |

Continuación .....

| Cruza | Días a flor | Altura de mazorca (cm) | Altura de planta (cm) | Intervalo floración | Indice de cosecha (%) |
|-------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1x2   | 66.00       | 47.20                  | 100.60                | 2.66                | 37                    |
| 1x3   | 68.00       | 48.30                  | 103.00                | 3.33                | 31                    |
| 1x4   | 67.00       | 49.40                  | 107.60                | 3.66                | 30                    |
| 1x5   | 68.66       | 50.86                  | 100.30                | 3.33                | 32                    |
| 1x6   | 67.66       | 49.40                  | 111.00                | 3.66                | 35                    |
| 1x7   | 69.66       | 49.20                  | 98.33                 | 3.33                | 31                    |
| 1x8   | 75.66       | 51.30                  | 101.86                | 3.00                | 28                    |
| 1x9   | 69.33       | 47.73                  | 100.33                | 3.66                | 33                    |
| 1x10  | 68.00       | 48.30                  | 109.66                | 3.00                | 32                    |
| 1x11  | 71.00       | 56.90                  | 110.00                | 3.33                | 29                    |
| 1x12  | 67.33       | 41.40                  | 107.33                | 3.33                | 35                    |
| 2x3   | 69.33       | 53.30                  | 87.00                 | 4.00                | 34                    |
| 2x4   | 65.66       | 53.30                  | 119.33                | 3.33                | 35                    |
| 2x5   | 67.33       | 50.30                  | 101.66                | 3.66                | 35                    |
| 2x6   | 64.66       | 59.90                  | 122.33                | 3.66                | 35                    |
| 2x7   | 70.00       | 46.60                  | 97.33                 | 4.00                | 32                    |
| 2x8   | 68.00       | 46.06                  | 94.66                 | 4.33                | 34                    |
| 2x9   | 65.00       | 43.86                  | 106.33                | 3.00                | 32                    |
| 2x10  | 67.00       | 57.20                  | 111.00                | 2.33                | 35                    |
| 2x11  | 66.00       | 54.90                  | 124.33                | 3.00                | 31                    |
| 2x12  | 65.33       | 36.90                  | 103.33                | 3.00                | 38                    |
| 3X4   | 67.33       | 46.06                  | 106.33                | 5.00                | 33                    |
| 3X5   | 66.66       | 53.66                  | 110.66                | 3.66                | 35                    |
| 3X6   | 66.00       | 46.63                  | 107.33                | 3.00                | 36                    |
| 3X7   | 72.00       | 39.96                  | 89.66                 | 2.66                | 31                    |
| 3X8   | 69.33       | 44.66                  | 102.66                | 3.66                | 28                    |
| 3X9   | 68.66       | 45.90                  | 99.33                 | 3.66                | 34                    |
| 3X10  | 68.66       | 51.63                  | 106.33                | 3.00                | 36                    |
| 3X11  | 70.00       | 55.53                  | 115.33                | 3.33                | 30                    |
| 3X12  | 66.00       | 31.63                  | 94.33                 | 2.66                | 34                    |
| 4X5   | 68.00       | 55.53                  | 102.33                | 2.66                | 34                    |
| 4X6   | 69.33       | 52.73                  | 109.00                | 2.33                | 34                    |
| 4X7   | 71.66       | 37.16                  | 81.33                 | 3.00                | 32                    |
| 4X8   | 68.66       | 44.43                  | 99.33                 | 3.66                | 35                    |
| 4X9   | 65.00       | 43.83                  | 97.66                 | 3.33                | 35                    |
| 4X10  | 69.66       | 62.76                  | 115.66                | 3.66                | 29                    |
| 4X11  | 10.33       | 56.10                  | 112.33                | 3.33                | 26                    |
| 4X12  | 67.00       | 36.10                  | 91.66                 | 4.66                | 34                    |
| 5X6   | 71.00       | 47.20                  | 92.33                 | 3.66                | 29                    |
| 5X7   | 72.33       | 52.73                  | 97.33                 | 3.33                | 30                    |
| 5X8   | 74.33       | 56.10                  | 96.00                 | 3.00                | 30                    |
| 5X9   | 71.00       | 51.06                  | 103.33                | 3.00                | 34                    |
| 5x10  | 69.66       | 50.00                  | 113.00                | 2.33                | 34                    |
| 5x11  | 72.33       | 56.63                  | 98.66                 | 4.00                | 32                    |
| 5x12  | 69.66       | 44.93                  | 102.00                | 3.00                | 31                    |

Continuación .....

| Cruza    | Días a flor | Altura de mazorca (cm) | Altura de planta (cm) | Intervalo floración | Indice de cosecha (%) |
|----------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 6x7      | 67.66       | 43.86                  | 95.33                 | 2.66                | 35                    |
| 6x8      | 70.00       | 41.63                  | 95.00                 | 2.66                | 28                    |
| 6x9      | 67.00       | 58.26                  | 121.00                | 3.66                | 34                    |
| 6x10     | 70.00       | 50.53                  | 109.66                | 4.33                | 34                    |
| 6x11     | 67.00       | 53.83                  | 107.00                | 2.66                | 34                    |
| 6x12     | 69.00       | 46.63                  | 108.66                | 3.00                | 34                    |
| 7x8      | 70.33       | 46.06                  | 103.66                | 3.00                | 32                    |
| 7x9      | 64.66       | 40.53                  | 99.33                 | 4.33                | 36                    |
| 7x10     | 67.66       | 47.83                  | 102.00                | 2.33                | 31                    |
| 7x11     | 71.66       | 43.83                  | 88.33                 | 3.33                | 31                    |
| 7x12     | 75.66       | 38.06                  | 81.33                 | 2.66                | 30                    |
| 8x9      | 70.33       | 45.00                  | 100.66                | 3.00                | 30                    |
| 8x10     | 66.00       | 50.00                  | 101.33                | 3.66                | 33                    |
| 8x11     | 71.00       | 52.26                  | 106.00                | 2.33                | 28                    |
| 8x12     | 64.33       | 44.63                  | 112.00                | 3.66                | 42                    |
| 9x10     | 67.00       | 56.66                  | 119.33                | 3.33                | 38                    |
| 9x11     | 65.33       | 56.63                  | 127.00                | 3.33                | 37                    |
| 9x12     | 69.33       | 44.06                  | 90.00                 | 3.00                | 35                    |
| 10x11    | 67.66       | 63.30                  | 120.66                | 1.33                | 32                    |
| 10x12    | 73.00       | 48.30                  | 97.66                 | 3.33                | 26                    |
| 11x12    | 67.00       | 39.43                  | 102.00                | 3.33                | 36                    |
| Promedio | 68.67       | 48.74                  | 103.77                | 3.24                | 32                    |
| DMS (5%) | 4.81        | 11.71                  | 21.10                 | 1.60                | 7.03                  |

ante los estreses ambientales. Consideran que las ganancias obtenidas en rendimiento, número de mazorcas e índice de cosecha son el resultado directo de una reducción progresiva del intervalo de floración.

La variación del número de hileras de grano por mazorca en los progenitores fue de entre 9.33 (línea 7) a 14.66 (línea 1) con una media de 11.95. Las líneas 1, 2, 12, 8 y 9 constituyen el grupo estadísticamente superior con valores entre 14.66 a 12.36. En las cruzas los valores oscilaron entre 10.33 (4x6) y 15.46 (1x3); sólo las cruzas 1x3 (15.46), 1x6 (15.16) y 1x2 (14.70) superan al mejor de los progenitores. En temporal los progenitores sufren una reducción del 15 por ciento y las cruzas un 10 por ciento, respecto a los promedios bajo riego.

El número de granos por hilera varió en los progenitores entre 10.61 (línea 5) a 20.76 (línea 11). Las líneas 11, 9, 12, 8, 10, 6 y 3 constituyen el grupo superior estadísticamente significativo con valores de 20.76 y 17.73; el promedio de los progenitores fue de 17.11. En las cruzas los valores extremos son 9.53 y 22.16 con un promedio de 16.44. Se destacan 2x12 (22.16), 2x11 (21.73), 3x4 (20.70), 11x12 (20.63) y 2x6 (20.60). Los progenitores superaron a las cruzas en un 3.91 por ciento. En temporal los progenitores redujeron un 25.61 por ciento el número de granos por hilera promedio y las cruzas un 37.39 por ciento.

El peso de 1000 granos varió en los progenitores entre 72.10 (línea 5) y 164.60 (línea 6) con una media de 121.90 g. Las líneas 6, 11, 2, 1, 4 y 10 son estadísticamente superiores con un rango de 164.60 a 130.46 g. Los híbridos variaron entre 94.66 (3x7) y 180.70 (4x5) con un promedio de 133.80 g. Sobresalen 4x5 (180.70), 6x9 (174.73), 1x3 (165.20), 6x11 (156.70) y 4x8 (156.30). Superaron a los progenitores en 7.9 por ciento. En temporal se redujo un 53 por ciento el peso medio de los granos, tanto en progenitores como híbridos.

Bajo temporal ningún híbrido presenta superioridad simultánea para distintos componentes del rendimiento. Igual que bajo irrigación, la selección deberá aplicarse directamente sobre el rendimiento o considerando todos los caracteres simultáneamente.

Los días a flor variaron en los progenitores entre 63.33 (línea 2) a 75.55 días (línea 5) con un promedio de 69.30 días. Las líneas más precoces son: 2 (63.33 días), 10 (66 días), 1 y 4 (66.66 días), 6 y 11 (67.66 días). Las cruzas tuvieron valores extremos de 64.44 a 75.66 con un valor promedio de 68.67 días. Representa 1.91 por ciento más precoces que los progenitores. Se destacan por precocidad las cruzas 8x12 (64.44 días), 7x9 y 2x6 (64.66 días) y 2x9 (65 días). En temporal, tanto los progenitores como los híbridos florecieron antes; los progenitores redujeron su ciclo a flor en 6.27 y los híbridos en un 4.31 por ciento.

Altura de mazorca presentó valores entre 25.53 y 53.63 con un promedio de 38.35 cm. Las líneas de menor altura de mazorca son: 7 (25.23 cm), 12 (27.73 cm), 1 (31.96 cm), 10 (35.53 cm) y 3 (36.44 cm). El rango entre los híbridos 31.63 y 63.30 cm, registrándose un promedio de 48.74 cm. Los híbridos son en promedio un 27 por ciento más bajos que los progenitores. Las cruzas de menor altura de mazorca son: 3x12 (31.63 cm), 4x12 (36.10 cm), 2x12 (36.9 cm), 4x7 (37.16 cm) y 7x12 (38.06 cm). En temporal se redujo la altura de mazorca de los progenitores un 42 por ciento, respecto a riego y las cruzas un 36.81 por ciento.

Altura de planta mostró una variación de 68.43 a 113.6 cm en los progenitores, con un promedio de 90.63 cm. Las líneas de menor estatura son: 7 (68.43 cm), 5 (71 cm), y 12 (76.33 cm). Los híbridos varían entre 81.33 y 127 cm, con un promedio de 103.77 cm. Los híbridos 4x7 y 7x12 (81.33 cm) son los de menor altura. Los híbridos resultaron 14.5 por ciento más altos que el promedio

de los progenitores. En temporal se redujo la altura, en promedio, un 27 y 26 por ciento en los progenitores e híbridos, respectivamente.

Para el intervalo de floración los progenitores tuvieron valores entre 2 a 4 días con un promedio de 2.99 días. Las líneas 7 (2 días) y 1 (2.33 días) son las de floración más sincronizada. Los híbridos oscilaron entre 1.33 y 5 días, con un promedio de 3.24 días; 8.36 por ciento más que el promedio de los progenitores. Híbridos destacados por su sincronización floral son: 10x11 (1.33 días) y 4x6, 7x10, 8x11, 2x10 y 6x10 (2.33 días). En temporal se amplía el intervalo de floración un 20 y 36 por ciento para progenitores y cruzas, respectivamente. Bolaños *et al.* (1990) encuentran que en sequía los estigmas se retardan considerablemente ampliando el intervalo de floración afectando el rendimiento y número de granos por planta, hasta que sobre pasando los 10 días resultan rendimientos nulos.

En el índice de cosecha se encontraron valores entre 28 y 39 en los progenitores y un promedio de 32 por ciento. Las líneas 10 (39), 8 y 11 (36), 12 (33) y 2 (32) resultaron más eficientes en la movilización de fotosintatos hacia los granos. Las cruzas variaron entre 26 y 42 con un promedio de 32 por ciento, al igual que el comportamiento de los progenitores. Se destacan 8x12 (42), 9x10 y 2x12 (38) y 1x2 y 9x11 (37). En temporal la reducción del índice de cosecha es de 22 y 27 por ciento para progenitores e híbridos, respecto a sus promedios en riego. Fischer *et al.* (1981) encuentran incrementos del 9 por ciento por ciclo de selección en la población Tuxpeño-Sequía en condiciones de sequía como consecuencia de seleccionar por prolificidad y en selecciones hechas por menor altura. Bolaños *et al.* (1990) encuentran que el intervalo de floración bajo sequía parece ser un indicador de la capacidad del jilote de acumular materia seca y, es por tanto, el criterio de selección más apto para mejorar el índice de cosecha en maíz. Según Boyer y Mc-Pherson (1975) si el estrés ambiental no está uniformemente distribuido durante el ciclo de crecimiento de la planta, se puede disminuir el índice de cosecha. Pero si el estrés no es severo o uniformemente distribui-

do se puede mantener el índice de cosecha porque disminuyen proporcionalmente la materia biológica y el rendimiento económico. Por ello, Prihar y Stewart (1990) proponen regresionar el rendimiento de grano respecto a la materia biológica. La inclinación de la recta respecto al origen actuará como índice de cosecha genético. Los rendimientos más elevados respecto a su material biológico representan las plantas menos estresadas o mejor adaptadas.

### **Aptitud Combinatoria**

Los efectos de ACG de los progenitores para diferentes características agronómicas en maíz bajo temporal se presentan en el Cuadro 4.13. La estimación de ACG reveló que las líneas 5 (3.26) y 9 (2.94) son las únicas con valores positivos para rendimiento, aunque no se han encontrado diferencias estadísticas significativas para ACG. Esta cruza rinde considerablemente más que el resto de los híbridos. Para el índice de cosecha las líneas 8 y 9 tienen valores positivos, pero muy bajos de ACG. En combinación con líneas no buenas combinadoras determinan elevados índices de cosecha. Las líneas 2 y 4 para mazorcas por planta; la combinación de ambas dan el híbrido con mayor número de mazorcas por planta (1.50). En número de hileras de grano por mazorca se destacan por su aptitud de combinar bien las líneas 4 y 3. Las líneas 11, 7 y 8 fueron combinadoras superiores para el número de grano por hilera y en peso de 1000 granos son superiores las líneas 5,4,1 y 9.

En días a flor los valores negativos más grandes corresponden a las líneas 2, 4 y 6, representando genotipos con mayor precocidad; para altura de mazorca, altos valores negativos corresponden a las líneas 2 y 12; para altura de planta las líneas 6, 4 y 9; en el intervalo de floración las líneas 9, 1, 8 y 3 combinan con un efecto de mayor sincronización floral.

Cuadro 4.13 Estimación de los efectos de la aptitud combinatoria general (gi) de las 12 líneas progenitoras de maíz bajo temporal.

| Progenitores | Rendimiento | Índice cosecha | Mazorcas planta | Nº hileras granos/maz | Nº granos hilera | Peso 1000 granos | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| 1            | -1.440      | -0.0003        | -0.0033         | -0.3153               | -0.1103          | 172.01           | 1.04        | 34.17          | 37.31         | -0.11               |
| 2            | -0.086      | 0.0000         | 0.0130          | -0.5251               | 1.7987           | 62.25            | -1.20       | -2.65          | 16.93         | 0.10                |
| 3            | -1.430      | -0.0002        | -0.0034         | 1.2975                | -0.1895          | 94.53            | 2.29        | 3.95           | 23.32         | -0.02               |
| 4            | -1.240      | 0.0000         | 0.0149          | 2.6612                | -1.4042          | 282.35           | -0.67       | 2.68           | -9.30         | 0.18                |
| 5            | 3.260       | -0.0001        | -0.0066         | 0.6015                | 1.6878           | 424.02           | 1.37        | 42.90          | 98.45         | 0.00                |
| 6            | -0.770      | -0.0001        | 0.0017          | 0.4905                | 1.6512           | 8.21             | -0.56       | 4.56           | -14.30        | 0.06                |
| 7            | -1.720      | -0.0004        | -0.0060         | 0.8397                | 3.0211           | 54.38            | 1.53        | 26.35          | 39.73         | 0.20                |
| 8            | -0.460      | 0.0001         | -0.0054         | -0.0508               | 2.3771           | 55.69            | 3.43        | 8.00           | 10.40         | -0.06               |
| 9            | 2.940       | 0.0001         | 0.0031          | 0.0133                | -0.2752          | 133.91           | 0.61        | 0.29           | -2.31         | -0.17               |
| 10           | -1.860      | -0.0003        | 0.0041          | -0.2602               | 0.3047           | -0.21            | 1.11        | 25.34          | 60.58         | 0.25                |
| 11           | -0.700      | 0.0000         | -0.0039         | -0.2903               | 8.0185           | -0.90            | 0.50        | 12.21          | 48.66         | 0.00                |
| 12           | -0.820      | -0.0001        | -0.0032         | -0.3329               | -1.3129          | -0.69            | 0.06        | -3.06          | 16.29         | 0.27                |
| Se(gi)       | 0.12        | 0.00           | 0.028           | 0.24                  | 0.54             | 3.67             | 0.43        | 1.07           | 1.93          | 0.14                |
| Se(gj-gi)    | 0.18        | 0.01           | 0.04            | 0.35                  | 0.80             | 5.42             | 0.64        | 1.58           | 2.85          | 0.20                |

Los efectos de ACE para las 66 cruzas de maíz bajo temporal para varias características agronómicas se muestran en el Cuadro 4.14. Los híbridos 5x9 (0.208) y 6x11 (0.088) manifestaron los valores mayores para rendimiento; 4x8 (0.048) 1x2 (0.034), 11x12(0.033) en índice de cosecha; 2x4 (0.360), 4x9 (0.268) y 6x12 (0.124) en mazorcas por planta; 7x8 (2.06) 4x9 (1.833) y 3x6 (1.703) en hileras por mazorca; 7x8 (5.185) 5x11 (3.565) y 2x11 (4.276) en granos por hilera; 4x5 (55.157), 1x3 (35.305) y 7x9 (28.726) en peso de 1000 granos.

Para días a flor los siguientes híbridos mostraron altos valores negativos: 3x5 (-4.119), 8x10 (-4.619), 7x9 (-3.833); 6x8 (-7.124), 2x9 (-6.076) y 4x7 (-5.971) para altura de mazorca; 2x3 (-18.636), 4x7 (-12.389) y 4x9 (-11.946) para altura de planta; 10x12 (-1.667), 4x6 (-1.238) y 5x11 (-0.952) para intervalo de floración.

La cruza 4x9 tuvo valores positivos de ACE en tres variables: mazorcas por planta, hileras por mazorca y altura de planta. Estas cruzas hay que explorarlas en el mejoramiento genético del maíz. Por su parte, la cruza de mayor rendimiento y ACE para rendimiento (5x9) no registró valores elevados de ACE en otras características.

## Heterosis

En el Cuadro 4.15 se muestra la heterosis para diferentes características agronómicas en maíz bajo temporal. La heterosis sobre el promedio de ambos progenitores para el rendimiento de grano varió de -17.94(8x9) a 48.78 (5x9) por ciento y 52 de las 66 cruzas (78.78%) tuvieron valores positivos de heterosis, mientras que 36 de las 66 cruzas (54.54 %) superaron al mejor progenitor; para éste tipo de heterosis los valores extremos fueron -25.84 (8x9) y 29.16 (5x9); para la HU el 56 por ciento de las cruzas analizadas presentaron valores positivos con un rango de -13.83 (8x9) y 50.86 (5x9) por ciento.

Cuadro 4.14 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (Si) de las 66 cruzas de maíz para diferentes características agronómicas bajo temporal.

| Cruza | Rendimiento | Indice cosecha | Mazorcas planta | Nº hilera mazorca | Nº granos hilera | Peso 1000 granos |
|-------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1 x 2 | 0.013       | 0.034          | 0.011           | -0.009            | -1.323           | -9.979           |
| 1 x 3 | 0.008       | -0.011         | -0.012          | 1.379             | 0.499            | 35.305           |
| 1 x 4 | -0.018      | -0.018         | 0.010           | 0.041             | -3.901           | -121.000         |
| 1 x 5 | -0.023      | 0.008          | -0.057          | -0.742            | 1.567            | 1.119            |
| 1 x 6 | 0.039       | 0.025          | 0.081           | 1.165             | 3.107            | 8.081            |
| 1 x 7 | -0.010      | 0.000          | -0.033          | -0.047            | 0.139            | 9.550            |
| 1 x 8 | 0.017       | -0.016         | 0.172           | -0.252            | -0.017           | -29.517          |
| 1 x 9 | -0.057      | -0.018         | 0.086           | 0.467             | 1.847            | -29.290          |
| 1 x10 | -0.025      | -0.006         | -0.083          | -0.333            | -2.862           | -20.595          |
| 1 x11 | 0.030       | -0.010         | -0.134          | 0.470             | 2.569            | 4.502            |
| 1 x12 | 0.040       | 0.017          | 0.053           | -0.287            | 0.595            | -4.448           |
| 2 x 3 | 0.022       | 0.005          | -0.104          | -0.037            | 0.740            | 14.860           |
| 2 x 4 | 0.057       | 0.018          | 0.360           | 0.724             | -1.193           | -19.807          |
| 2 x 5 | 0.003       | 0.021          | -0.119          | 0.141             | 0.074            | 20.307           |
| 2 x 6 | 0.010       | 0.004          | 0.038           | -0.618            | 2.747            | -20.864          |
| 2 x 7 | 0.001       | -0.011         | -0.059          | 0.503             | 0.413            | 4.171            |
| 2 x 8 | 0.037       | 0.023          | -0.087          | -1.002            | 1.890            | 13.038           |
| 2 x 9 | -0.056      | -0.046         | -0.139          | -0.383            | -3.073           | -28.436          |
| 2 x10 | -0.023      | -0.003         | -0.130          | 0.717             | 1.011            | -4.774           |
| 2 x11 | -0.036      | -0.014         | -0.093          | -0.514            | 4.276            | 13.024           |
| 2 x12 | 0.048       | 0.027          | -0.023          | -0.537            | 1.403            | 13.707           |
| 3 x 4 | 0.001       | 0.009          | -0.030          | 1.279             | 3.029            | -19.470          |
| 3 x 5 | 0.028       | 0.032          | 0.059           | 1.529             | 1.263            | -0.110           |
| 3 x 6 | 0.014       | 0.029          | 0.166           | 1.703             | -1.131           | -8.148           |
| 3 x 7 | -0.011      | -0.013         | -0.128          | -0.442            | 0.102            | -20.512          |
| 3 x 8 | -0.053      | -0.029         | -0.042          | -0.580            | 0.012            | -23.712          |
| 3 x 9 | -0.040      | -0.011         | -0.095          | -0.595            | 0.539            | 6.981            |
| 3 x10 | 0.049       | 0.028          | 0.047           | -0.029            | 1.767            | 7.310            |
| 3 x11 | 0.012       | -0.002         | -0.049          | 0.308             | -2.369           | 11.107           |
| 3 x12 | 0.009       | -0.002         | 0.005           | 0.717             | -2.243           | 9.657            |
| 4 x 5 | 0.046       | 0.025          | -0.044          | 1.691             | 0.696            | 55.157           |
| 4 x 6 | -0.002      | 0.009          | -0.220          | -2.435            | -0.464           | -8.048           |
| 4 x 7 | 0.003       | 0.004          | 0.016           | 0.053             | 2.269            | -10.545          |
| 4 x 8 | 0.049       | 0.048          | 0.068           | 1.082             | -0.088           | 18.821           |
| 4 x 9 | -0.009      | -0.001         | 0.268           | 1.833             | 1.406            | 12.281           |
| 4 x10 | -0.018      | -0.039         | -0.122          | 0.200             | -0.333           | -19.357          |
| 4 x11 | -0.029      | -0.039         | -0.185          | 0.803             | -0.002           | -6.526           |
| 4 x12 | -0.015      | -0.002         | -0.032          | 1.246             | -0.009           | -11.310          |
| 5 x 6 | -0.059      | -0.029         | -0.065          | -0.885            | -3.063           | 6.667            |
| 5 x 7 | -0.013      | -0.007         | 0.037           | 0.270             | -0.564           | 5.936            |
| 5 x 8 | -0.017      | 0.003          | 0.010           | -0.102            | -3.354           | 7.969            |
| 5 x 9 | 0.208       | -0.002         | -0.043          | 0.983             | 1.907            | -0.038           |
| 5 x10 | 0.015       | 0.013          | -0.034          | 0.283             | 2.934            | 0.091            |
| 5 x11 | -0.012      | 0.020          | -0.080          | 0.953             | 3.565            | -11.645          |
| 5 x12 | -0.055      | -0.026         | 0.100           | -0.204            | 0.892            | -5.995           |

Continuación.....

| Cruza       | Rendi-<br>miento | Indice<br>cosecha | Mazorcas<br>planta | Nº hilera<br>mazorca | Nº granos<br>hilera | Peso 1000<br>granos |
|-------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 6 x 7       | -0.002           | 0.020             | 0.061              | 0.410                | -0.091              | 12.898              |
| 6 x 8       | -0.051           | -0.036            | 0.033              | -0.528               | -3.547              | -10.236             |
| 6 x 9       | 0.002            | -0.018            | -0.019             | 0.290                | -3.420              | 26.024              |
| 6 x10       | 0.006            | 0.000             | -0.077             | 1.125                | 1.041               | -7.181              |
| 6 x11       | 0.088            | 0.027             | 0.094              | 0.760                | 1.938               | 7.483               |
| 6 x12       | -0.001           | -0.013            | 0.124              | 0.503                | -1.403              | -22.333             |
| 7 x 8       | 0.036            | 0.016             | -0.064             | 2.060                | 5.185               | 12.867              |
| 7 x 9       | -0.007           | 0.013             | -0.097             | 0.612                | 0.713               | 28.726              |
| 7 x10       | 0.005            | -0.024            | 0.026              | 0.779                | -0.526              | 6.521               |
| 7 x11       | 0.030            | 0.012             | -0.004             | 0.115                | 1.504               | -8.248              |
| 7 x12       | 0.036            | 0.019             | 0.050              | 0.691                | 0.597               | 1.436               |
| 8 x 9       | -0.076           | -0.039            | -0.078             | -0.260               | -1.944              | 2.360               |
| 8 x10       | 0.000            | 0.013             | -0.069             | 0.574                | -0.716              | 15.988              |
| 8 x11       | -0.028           | -0.004            | 0.035              | -1.123               | -2.652              | -2.581              |
| 8 x12       | 0.030            | -0.010            | -0.061             | -0.447               | 2.774               | -15.998             |
| 9 x10       | 0.019            | 0.014             | 0.012              | 0.069                | 1.144               | -8.519              |
| 9 x11       | 0.010            | 0.030             | 0.116              | 0.462                | 0.408               | 5.745               |
| 9 x12       | 0.002            | 0.014             | 0.119              | -1.062               | -0.466              | 5.462               |
| 10x11       | -0.004           | 0.003             | -0.008             | 0.029                | 1.803               | 3.874               |
| 10x12       | -0.011           | 0.003             | -0.088             | -1.129               | 1.595               | 26.824              |
| 11x12       | 0.026            | 0.033             | 0.016              | -0.126               | 1.360               | 12.921              |
| Se(Sij)     | 0.040            | 0.020             | 0.100              | 0.870                | 1.990               | 13.360              |
| Se(Sij-Si)  | 0.060            | 0.030             | 0.140              | 1.270                | 2.910               | 19.540              |
| Se(Sij-Sil) | 0.060            | 0.030             | 0.140              | 1.220                | 2.790               | 18.760              |

Continuación .....

| Cruza | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración |
|-------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| 1 x 2 | -0.238      | -2.038         | -5.779        | -0.524              |
| 1 x 3 | -0.643      | 3.433          | 3.030         | -0.024              |
| 1 x 4 | -0.810      | 1.369          | 3.935         | 0.167               |
| 1 x 5 | -1.905      | 2.079          | 3.578         | 0.214               |
| 1 x 6 | -0.262      | -0.336         | 4.221         | 0.500               |
| 1 x 7 | -0.524      | 8.210          | 7.564         | 0.357               |
| 1 x 8 | 4.762       | 6.395          | 5.245         | -0.071              |
| 1 x 9 | 2.595       | 1.145          | -6.327        | 0.595               |
| 1 x10 | -0.143      | -1.995         | 4.530         | -0.024              |
| 1 x11 | 1.595       | 5.222          | 2.721         | 0.071               |
| 1 x12 | -0.905      | 4.348          | 12.840        | 0.262               |
| 2 x 3 | 2.881       | 5.112          | -18.636       | 0.548               |
| 2 x 4 | 0.048       | 1.914          | 9.935         | -0.262              |
| 2 x 5 | -1.048      | -1.843         | -0.755        | 0.452               |
| 2 x 6 | -1.071      | 6.876          | 9.888         | 0.405               |
| 2 x 7 | 2.000       | 2.288          | 0.897         | 0.929               |
| 2 x 8 | -0.714      | -2.193         | -7.422        | 1.167               |
| 2 x 9 | 0.452       | -6.076         | -5.993        | -0.167              |
| 2 x10 | 1.048       | 3.550          | 0.197         | -0.786              |
| 2 x11 | -1.214      | -0.133         | 11.388        | -0.357              |
| 2 x12 | -0.714      | -3.474         | 3.173         | -0.167              |
| 3 x 4 | -0.690      | -0.947         | 3.411         | 1.238               |
| 3 x 5 | -4.119      | 5.895          | 14.721        | 0.286               |
| 3 x 6 | -2.143      | -2.086         | 1.364         | -0.429              |
| 3 x 7 | 1.595       | -0.007         | -0.291        | -0.571              |
| 3 x 8 | -1.786      | 0.779          | 7.054         | 0.333               |
| 3 x 9 | 1.714       | -0.071         | -6.517        | 0.333               |
| 3 x10 | 0.310       | 2.355          | 2.007         | -0.286              |
| 3 x11 | 0.381       | 4.805          | 8.864         | -0.190              |
| 3 x12 | -2.452      | -4.436         | 0.649         | -0.667              |
| 4 x 5 | -1.952      | 4.598          | 2.626         | -0.857              |
| 4 x 6 | 2.024       | 0.850          | -0.731        | -1.238              |
| 4 x 7 | 2.095       | -5.971         | -12.389       | -0.381              |
| 4 x 8 | -1.619      | -2.619         | -0.041        | 0.190               |
| 4 x 9 | -1.119      | -4.902         | -11.496       | -0.143              |
| 4 x10 | 2.143       | 10.324         | 7.578         | 0.238               |
| 4 x11 | 1.584       | 2.207          | 2.102         | -0.333              |
| 4 x12 | -0.619      | -3.133         | -5.779        | 1.190               |
| 5 x 6 | 0.929       | -5.440         | -10.422       | 0.476               |
| 5 x 7 | 0.000       | 8.838          | 10.588        | 0.333               |
| 5 x 8 | 1.286       | 8.291          | 3.602         | 0.238               |
| 5 x 9 | 2.119       | 1.574          | 0.697         | -0.095              |
| 5 x10 | -0.619      | -3.200         | 11.888        | -0.048              |
| 5 x11 | 0.786       | 1.983          | -4.589        | -0.952              |
| 5 x12 | -0.714      | 4.943          | 11.530        | 0.905               |

Continuación .....

| Cruza       | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración |
|-------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| 6 x 7       | -2.024      | -0.976         | -1.436        | -0.048              |
| 6 x 8       | -0.405      | -7.124         | -7.422        | -0.476              |
| 6 x 9       | 0.762       | 7.826          | 8.340         | -0.476              |
| 6 x10       | 2.357       | -3.614         | -1.470        | 0.571               |
| 6 x11       | -1.905      | -1.764         | -6.279        | 1.000               |
| 6 x12       | 1.262       | 5.695          | 8.173         | -0.476              |
| 7 x 8       | -2.333      | 6.055          | 17.250        | 0.048               |
| 7 x 9       | -3.833      | -1.162         | 2.680         | 0.048               |
| 7 x10       | -2.328      | 2.431          | 6.870         | 1.429               |
| 7 x11       | 0.500       | -3.019         | -8.936        | -0.810              |
| 7 x12       | 0.667       | 4.441          | 1.849         | 0.381               |
| 8 x 9       | 1.119       | -0.609         | -1.636        | -0.381              |
| 8 x10       | -4.619      | 0.683          | 0.554         | 0.000               |
| 8 x11       | -0.881      | 1.500          | 3.078         | 0.429               |
| 8 x12       | 0.619       | 0.560          | 1.197         | -0.714              |
| 9 x10       | 0.548       | 5.667          | 8.316         | 0.667               |
| 9 x11       | -2.381      | 4.183          | 13.840        | 0.095               |
| 9 x12       | -0.548      | -2.257         | -0.374        | 0.286               |
| 10x11       | -1.452      | 7.143          | 9.030         | -0.190              |
| 10x12       | -0.286      | -2.064         | -10.517       | -1.667              |
| 11x12       | -2.214      | -3.514         | 1.007         | 0.096               |
| Se(Sij)     | 1.600       | 3.900          | 7.550         | 0.570               |
| Se(Sij-Si)  | 2.340       | 5.710          | 10.290        | 0.780               |
| Se(Sij-Sil) | 2.250       | 5.480          | 9.840         | 0.740               |

Cuadro 4.15 Heterosis (H), heterobelitosis (HB) y heterosis útil (HU) en porcentaje para diferentes características agronómicas de 66 cruzas maíz bajo temporal.

| Cruzas | Rendimiento |        |        | Mazorcas por planta |        |        | No. hileras grano |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
|        | H           | HB     | HU     | H                   | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     |
| 1 x 2  | 7.68        | 6.55   | 6.04   | 33.98               | 22.12  | 53.33  | -2.38             | -2.51  | 10.91  |
| 1 x 3  | 4.91        | 3.38   | 2.88   | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -11.97            | -14.09 | 2.39   |
| 1 x 4  | 0.18        | -3.59  | -4.05  | 56.25               | 50.00  | 66.66  | -2.27             | -3.13  | 9.90   |
| 1 x 5  | 2.46        | -4.39  | -4.85  | 0.00                | -7.40  | 11.11  | -5.24             | -9.95  | 2.16   |
| 1 x 6  | 11.27       | 10.35  | 11.66  | 13.00               | 4.62   | 25.55  | -16.16            | -17.54 | -3.25  |
| 1 x 7  | 2.62        | -4.45  | -4.91  | 7.52                | 7.52   | 11.11  | -4.16             | -9.07  | 3.17   |
| 1 x 8  | -4.24       | -6.64  | -7.09  | -3.84               | -13.79 | -11.11 | -15.76            | -19.09 | -8.20  |
| 1 x 9  | -10.39      | -17.10 | -3.17  | -2.91               | -11.50 | 11.11  | -13.65            | -15.00 | -3.56  |
| 1 x10  | -3.95       | -4.54  | -3.81  | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -3.71             | -8.18  | 4.17   |
| 1 x11  | 12.13       | 7.67   | 7.16   | 12.35               | 7.52   | 11.11  | -12.68            | -12.68 | -0.92  |
| 1 x12  | 13.62       | 10.29  | 9.77   | 9.09                | 1.88   | 20.00  | -8.82             | -9.75  | 2.39   |
| 2 x 3  | 11.43       | 11.19  | 8.11   | 1.88                | -4.42  | 20.00  | -32.89            | -34.41 | -21.82 |
| 2 x 4  | 20.58       | 17.23  | 13.98  | -5.66               | -11.50 | 11.11  | -2.40             | -3.40  | 9.90   |
| 2 x 5  | 12.35       | 5.86   | 2.92   | -3.63               | -6.19  | 17.77  | 0.57              | -4.55  | 8.59   |
| 2 x 6  | 8.90        | 6.66   | 7.92   | 4.54                | 1.76   | 27.77  | -4.48             | -5.93  | 10.37  |
| 2 x 7  | 8.72        | 2.43   | -0.40  | -20.38              | -27.43 | -8.88  | -15.07            | -19.52 | -8.43  |
| 2 x 8  | 9.50        | 7.85   | 4.87   | -18.42              | -19.82 | 3.33   | -16.80            | -20.20 | -9.21  |
| 2 x 9  | -7.43       | -15.18 | -0.09  | -17.69              | -17.69 | 3.33   | -19.03            | -20.40 | -9.44  |
| 2 x10  | -0.15       | -2.01  | -1.25  | 0.00                | -6.19  | 17.77  | -13.14            | -17.27 | -5.88  |
| 2 x11  | 1.25        | -1.77  | -4.49  | -6.06               | -17.69 | 3.33   | -11.03            | -11.15 | 1.08   |
| 2 x12  | 19.03       | 16.74  | 13.51  | -8.25               | -11.50 | 11.11  | -4.12             | -5.23  | 7.81   |
| 3 x 4  | 8.64        | 5.84   | 2.47   | 0.00                | 0.00   | 11.11  | -33.82            | -35.97 | -23.68 |
| 3 x 5  | 15.80       | 9.32   | 5.84   | -3.84               | -7.40  | 11.11  | 0.69              | -6.49  | 11.45  |
| 3 x 6  | 7.72        | 5.28   | 6.53   | -23.07              | -25.92 | -11.11 | -32.39            | -32.92 | -20.04 |
| 3 x 7  | 3.65        | -2.14  | -5.26  | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -12.25            | -18.63 | -3.01  |
| 3 x 8  | -12.26      | -13.39 | -16.15 | 0.00                | -6.89  | 20.00  | -5.88             | -11.68 | 5.26   |
| 3 x 9  | -6.11       | -14.14 | 0.27   | 25.47               | 17.69  | 47.77  | -3.17             | -6.94  | 10.91  |
| 3 x10  | 13.41       | 11.06  | 11.92  | -7.00               | -7.00  | 3.33   | -12.25            | -18.18 | -2.47  |
| 3 x11  | 9.96        | 6.88   | 3.48   | 0.00                | -7.00  | 3.33   | -8.44             | -10.64 | 6.50   |
| 3 x12  | 8.54        | 6.67   | 3.27   | -2.91               | -5.66  | 11.11  | -1.47             | -4.80  | 13.46  |
| 4 x 5  | 21.55       | 17.70  | 8.32   | 3.84                | 0.00   | 20.00  | -25.14            | -28.26 | -20.04 |
| 4 x 6  | 5.25        | 0.48   | 1.68   | -10.57              | -13.88 | 3.33   | -22.35            | -24.40 | -11.30 |
| 4 x 7  | 8.82        | 5.12   | -3.25  | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -10.52            | -14.35 | -4.56  |
| 4 x 8  | 11.45       | 9.98   | 3.96   | -7.40               | -13.79 | 11.11  | -14.04            | -16.66 | -7.12  |
| 4 x 9  | 1.15        | -9.66  | 5.51   | -5.66               | -11.50 | 11.11  | -8.67             | -9.30  | 1.08   |
| 4 x10  | 0.00        | -4.33  | -3.59  | 0.00                | 0.00   | 11.11  | -11.48            | -14.86 | -5.10  |
| 4 x11  | 1.82        | 1.59   | -6.51  | -15.74              | -21.55 | 1.11   | -7.08             | -7.91  | 4.48   |
| 4 x12  | 4.19        | 3.26   | -3.24  | 7.76                | 4.71   | 23.33  | -10.98            | -11.11 | -0.92  |
| 5 x 6  | -4.00       | -11.11 | -10.06 | -20.37              | -20.37 | -4.44  | -17.77            | -23.08 | -9.75  |
| 5 x 7  | 8.29        | 8.03   | -6.87  | 0.00                | -7.40  | 11.11  | -4.93             | -5.07  | -3.01  |
| 5 x 8  | -0.24       | -4.64  | -9.87  | -10.71              | -13.79 | 11.11  | -12.88            | -13.85 | -9.98  |
| 5 x 9  | 48.24       | 29.16  | 50.86  | -9.09               | -11.50 | 11.11  | -9.27             | -12.46 | -3.79  |
| 5 x10  | 10.75       | 2.74   | 3.53   | -10.57              | -13.88 | 3.33   | -0.67             | -1.05  | -1.85  |
| 5 x11  | 9.18        | 5.96   | -2.92  | 9.27                | -1.85  | 17.77  | -4.09             | -0.86  | 3.40   |

Cuadro 4.15 Heterosis (H), heterobelitosis (HB) y heterosis útil (HU) en porcentaje para diferentes características agronómicas de 66 cruza maíz bajo temporal.

| Cruzas | Rendimiento |        |        | Mazorcas por planta |        |        | No. hileras grano |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
|        | H           | HB     | HU     | H                   | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     |
| 1 x 2  | 7.68        | 6.55   | 6.04   | 33.98               | 22.12  | 53.33  | -2.38             | -2.51  | 10.91  |
| 1 x 3  | 4.91        | 3.38   | 2.88   | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -11.97            | -14.09 | 2.39   |
| 1 x 4  | 0.18        | -3.59  | -4.05  | 56.25               | 50.00  | 66.66  | -2.27             | -3.13  | 9.90   |
| 1 x 5  | 2.46        | -4.39  | -4.85  | 0.00                | -7.40  | 11.11  | -5.24             | -9.95  | 2.16   |
| 1 x 6  | 11.27       | 10.35  | 11.66  | 13.00               | 4.62   | 25.55  | -16.16            | -17.54 | -3.25  |
| 1 x 7  | 2.62        | -4.45  | -4.91  | 7.52                | 7.52   | 11.11  | -4.16             | -9.07  | 3.17   |
| 1 x 8  | -4.24       | -6.64  | -7.09  | -3.84               | -13.79 | -11.11 | -15.76            | -19.09 | -8.20  |
| 1 x 9  | -10.39      | -17.10 | -3.17  | -2.91               | -11.50 | 11.11  | -13.65            | -15.00 | -3.56  |
| 1 x10  | -3.95       | -4.54  | -3.81  | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -3.71             | -8.18  | 4.17   |
| 1 x11  | 12.13       | 7.67   | 7.16   | 12.35               | 7.52   | 11.11  | -12.68            | -12.68 | -0.92  |
| 1 x12  | 13.62       | 10.29  | 9.77   | 9.09                | 1.88   | 20.00  | -8.82             | -9.75  | 2.39   |
| 2 x 3  | 11.43       | 11.19  | 8.11   | 1.88                | -4.42  | 20.00  | -32.89            | -34.41 | -21.82 |
| 2 x 4  | 20.58       | 17.23  | 13.98  | -5.66               | -11.50 | 11.11  | -2.40             | -3.40  | 9.90   |
| 2 x 5  | 12.35       | 5.86   | 2.92   | -3.63               | -6.19  | 17.77  | 0.57              | -4.55  | 8.59   |
| 2 x 6  | 8.90        | 6.66   | 7.92   | 4.54                | 1.76   | 27.77  | -4.48             | -5.93  | 10.37  |
| 2 x 7  | 8.72        | 2.43   | -0.40  | -20.38              | -27.43 | -8.88  | -15.07            | -19.52 | -8.43  |
| 2 x 8  | 9.50        | 7.85   | 4.87   | -18.42              | -19.82 | 3.33   | -16.80            | -20.20 | -9.21  |
| 2 x 9  | -7.43       | -15.18 | -0.09  | -17.69              | -17.69 | 3.33   | -19.03            | -20.40 | -9.44  |
| 2 x10  | -0.15       | -2.01  | -1.25  | 0.00                | -6.19  | 17.77  | -13.14            | -17.27 | -5.88  |
| 2 x11  | 1.25        | -1.77  | -4.49  | -6.06               | -17.69 | 3.33   | -11.03            | -11.15 | 1.08   |
| 2 x12  | 19.03       | 16.74  | 13.51  | -8.25               | -11.50 | 11.11  | -4.12             | -5.23  | 7.81   |
| 3 x 4  | 8.64        | 5.84   | 2.47   | 0.00                | 0.00   | 11.11  | -33.82            | -35.97 | -23.68 |
| 3 x 5  | 15.80       | 9.32   | 5.84   | -3.84               | -7.40  | 11.11  | 0.69              | -6.49  | 11.45  |
| 3 x 6  | 7.72        | 5.28   | 6.53   | -23.07              | -25.92 | -11.11 | -32.39            | -32.92 | -20.04 |
| 3 x 7  | 3.65        | -2.14  | -5.26  | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -12.25            | -18.63 | -3.01  |
| 3 x 8  | -12.26      | -13.39 | -16.15 | 0.00                | -6.89  | 20.00  | -5.88             | -11.68 | 5.26   |
| 3 x 9  | -6.11       | -14.14 | 0.27   | 25.47               | 17.69  | 47.77  | -3.17             | -6.94  | 10.91  |
| 3 x10  | 13.41       | 11.06  | 11.92  | -7.00               | -7.00  | 3.33   | -12.25            | -18.18 | -2.47  |
| 3 x11  | 9.96        | 6.88   | 3.48   | 0.00                | -7.00  | 3.33   | -8.44             | -10.64 | 6.50   |
| 3 x12  | 8.54        | 6.67   | 3.27   | -2.91               | -5.66  | 11.11  | -1.47             | -4.80  | 13.46  |
| 4 x 5  | 21.55       | 17.70  | 8.32   | 3.84                | 0.00   | 20.00  | -25.14            | -28.26 | -20.04 |
| 4 x 6  | 5.25        | 0.48   | 1.68   | -10.57              | -13.88 | 3.33   | -22.35            | -24.40 | -11.30 |
| 4 x 7  | 8.82        | 5.12   | -3.25  | 4.16                | 0.00   | 11.11  | -10.52            | -14.35 | -4.56  |
| 4 x 8  | 11.45       | 9.98   | 3.96   | -7.40               | -13.79 | 11.11  | -14.04            | -16.66 | -7.12  |
| 4 x 9  | 1.15        | -9.66  | 5.51   | -5.66               | -11.50 | 11.11  | -8.67             | -9.30  | 1.08   |
| 4 x10  | 0.00        | -4.33  | -3.59  | 0.00                | 0.00   | 11.11  | -11.48            | -14.86 | -5.10  |
| 4 x11  | 1.82        | 1.59   | -6.51  | -15.74              | -21.55 | 1.11   | -7.08             | -7.91  | 4.48   |
| 4 x12  | 4.19        | 3.26   | -3.24  | 7.76                | 4.71   | 23.33  | -10.98            | -11.11 | -0.92  |
| 5 x 6  | -4.00       | -11.11 | -10.06 | -20.37              | -20.37 | -4.44  | -17.77            | -23.08 | -9.75  |
| 5 x 7  | 8.29        | 8.03   | -6.87  | 0.00                | -7.40  | 11.11  | -4.93             | -5.07  | -3.01  |
| 5 x 8  | -0.24       | -4.64  | -9.87  | -10.71              | -13.79 | 11.11  | -12.88            | -13.85 | -9.98  |
| 5 x 9  | 48.24       | 29.16  | 50.86  | -9.09               | -11.50 | 11.11  | -9.27             | -12.46 | -3.79  |
| 5 x10  | 10.75       | 2.74   | 3.53   | -10.57              | -13.88 | 3.33   | -0.67             | -1.05  | -1.85  |
| 5 x11  | 9.18        | 5.96   | -2.92  | 9.27                | -1.85  | 17.77  | -4.09             | -0.86  | 3.40   |

Continuación.....

| Cruzas   | Rendimiento |        |        | Mazorcas por planta |        |       | No. hileras grano |        |        |
|----------|-------------|--------|--------|---------------------|--------|-------|-------------------|--------|--------|
|          | H           | HB     | HU     | H                   | HB     | HU    | H                 | HB     | HU     |
| 5 x12    | -1.47       | -5.41  | -11.38 | 3.73                | 2.77   | 23.33 | -1.59             | -5.57  | 4.95   |
| 6 x 7    | 5.94        | -2.11  | -0.95  | 0.00                | -7.40  | 11.11 | -34.11            | -38.45 | -27.78 |
| 6 x 8    | -11.55      | -14.46 | -13.44 | 23.21               | 25.86  | -4.44 | -2.79             | -8.11  | 7.81   |
| 6 x 9    | 2.02        | -4.88  | 11.09  | 21.81               | 23.89  | -4.44 | -15.12            | -17.81 | -3.56  |
| 6 x10    | 4.12        | 3.91   | 5.14   | -3.84               | -7.40  | 11.11 | -11.94            | -17.34 | -3.01  |
| 6 x11    | 26.28       | 20.30  | 21.73  | -4.12               | -13.80 | 3.33  | -16.63            | -18.00 | -3.79  |
| 6 x12    | 6.11        | 2.18   | 3.39   | -6.54               | -7.40  | 11.11 | -8.80             | -11.21 | 4.17   |
| 7 x 8    | 9.16        | 4.11   | -1.58  | -3.84               | -13.79 | 11.11 | -8.47             | -9.62  | -5.57  |
| 7 x 9    | 1.84        | -11.59 | 3.26   | -9.70               | -17.69 | 3.33  | -14.98            | -18.09 | -9.98  |
| 7 x10    | 5.87        | -1.99  | -5.24  | -3.12               | -7.00  | 3.33  | -6.57             | -7.06  | -4.33  |
| 7 x11    | 16.51       | 12.81  | 3.34   | 12.35               | 7.52   | 11.11 | -19.26            | -23.39 | -13.08 |
| 7 x12    | 16.94       | 12.00  | 4.94   | -8.08               | -14.15 | 11.11 | -10.17            | -13.92 | -4.33  |
| 8 x 9    | -17.94      | -25.84 | -13.38 | -12.28              | -13.79 | 11.11 | -23.03            | -24.92 | -17.49 |
| 8 x10    | -2.62       | -5.64  | -4.91  | -1.85               | -8.62  | 17.77 | -11.64            | -12.29 | -8.35  |
| 8 x11    | -4.67       | -6.24  | -11.37 | 11.88               | -2.58  | 25.55 | -9.09             | -12.68 | -0.92  |
| 8 x12    | 7.72        | 7.25   | 1.38   | 3.60                | -0.86  | 27.77 | 15.79             | -18.31 | -9.21  |
| 9 x10    | 4.13        | -3.10  | 13.17  | 20.75               | 13.27  | 42.22 | -23.41            | -25.84 | -18.49 |
| 9 x11    | 6.34        | -5.20  | 10.70  | 1.01                | -11.50 | 11.11 | -15.03            | -16.37 | -5.10  |
| 9 x12    | 4.15        | -6.23  | 9.51   | -14.67              | -17.69 | 3.33  | -19.04            | -19.48 | -10.52 |
| 10x11    | 4.26        | -0.47  | 0.29   | 13.97               | 6.00   | 17.77 | -16.09            | -19.98 | -9.21  |
| 10x12    | 2.07        | -1.51  | -0.75  | -2.91               | -5.66  | 11.11 | -5.06             | -8.56  | 1.62   |
| 11x12    | 15.05       | 13.77  | 6.60   | -10.41              | -18.86 | -4.44 | -3.30             | -4.29  | 8.59   |
| Promedio |             | 1.49   |        |                     | -6.29  |       |                   | -14.42 |        |

Continuación .....

| Cruzas | N° granos/hilera |        |        | Peso de 1000 granos |        |        | Indice de cosecha |        |        |
|--------|------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
|        | H                | HB     | HU     | H                   | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     |
| 1 x 2  | -2.21            | -2.76  | -27.07 | 7.69                | 2.39   | 13.83  | -5.88             | -13.51 | 6.66   |
| 1 x 3  | 17.54            | 12.17  | -7.40  | -2.53               | -9.32  | 17.12  | 9.67              | 9.67   | 13.33  |
| 1 x 4  | 18.83            | 3.96   | -22.02 | -17.80              | -20.80 | -5.08  | 14.75             | 12.90  | 16.66  |
| 1 x 5  | 2.63             | 2.51   | -22.97 | 11.21               | 3.93   | 15.55  | 11.11             | 9.37   | 16.66  |
| 1 x 6  | 17.84            | 8.07   | -2.80  | -12.53              | -15.62 | 0.93   | 6.06              | 0.00   | 16.66  |
| 1 x 7  | 13.26            | 12.76  | -15.42 | -5.55               | -10.33 | -0.31  | 3.22              | 3.22   | 6.66   |
| 1 x 8  | 18.13            | 9.81   | -17.64 | 23.48               | 7.24   | 19.23  | 15.25             | 9.67   | 13.33  |
| 1 x 9  | -2.42            | -8.74  | -31.55 | -9.12               | -20.18 | -11.25 | 0.00              | -3.03  | 6.66   |
| 1 x10  | 28.84            | 15.47  | -13.93 | 6.40                | -2.95  | 7.74   | 11.11             | 9.37   | 16.66  |
| 1 x11  | 27.59            | 19.65  | 2.50   | 9.43                | 9.28   | 21.50  | 3.33              | 0.00   | 3.33   |
| 1 x12  | 25.33            | 13.87  | 4.52   | 8.10                | -1.54  | 9.46   | 15.15             | 8.57   | 26.66  |
| 2 x 3  | 6.74             | 1.31   | -16.36 | -18.13              | -27.3  | -6.09  | -8.82             | -16.21 | 3.33   |
| 2 x 4  | 49.67            | 31.59  | -2.35  | -19.33              | -31.29 | -11.25 | -1.49             | -10.81 | 10.00  |
| 2 x 5  | 10.29            | 9.60   | -17.64 | -5.32               | -7.02  | -6.80  | 1.44              | -5.4   | 16.66  |
| 2 x 6  | -4.19            | -12.59 | -21.41 | -4.97               | -12.67 | 4.45   | 0.00              | -2.70  | 20.00  |
| 2 x 7  | 11.56            | 11.42  | -17.16 | -26.04              | -26.16 | -25.98 | -8.82             | -16.21 | 3.33   |
| 2 x 8  | 5.71             | -1.27  | -26.74 | -7.72               | -16.14 | -15.94 | -13.84            | -24.32 | -6.66  |
| 2 x 9  | 22.19            | 14.81  | -14.81 | 19.33               | 9.75   | 10.00  | -2.85             | -8.10  | 13.33  |
| 2 x10  | 34.60            | 21.16  | -10.09 | 15.59               | 10.45  | 10.71  | 4.34              | -2.70  | 20.00  |
| 2 x11  | -11.27           | -17.23 | -29.10 | 7.62                | 2.39   | 13.60  | -9.09             | -18.91 | 0.00   |
| 2 x12  | 4.94             | -5.13  | -12.92 | 4.24                | -0.39  | -0.15  | -5.55             | -8.10  | 13.33  |
| 3 x 4  | 7.40             | -9.71  | -25.47 | -15.13              | -18.22 | 5.62   | 1.63              | 0.00   | 3.33   |
| 3 x 5  | -5.86            | -10.11 | -25.80 | 25.13               | 9.38   | 41.28  | 7.93              | 6.25   | 13.33  |
| 3 x 6  | -11.59           | -15.21 | -23.77 | -12.01              | -15.31 | 9.38   | 3.03              | -2.85  | 13.33  |
| 3 x 7  | 11.60            | 6.05   | -12.45 | -24.36              | -32.92 | -13.36 | 3.22              | 3.22   | 6.66   |
| 3 x 8  | 8.47             | -18.51 | -32.73 | 15.77               | -5.38  | 22.20  | 18.64             | 12.90  | 16.66  |
| 3 x 9  | 13.33            | 1.48   | -16.22 | 11.58               | -7.86  | 18.99  | 9.37              | 6.06   | 16.66  |
| 3 x10  | 4.98             | -9.71  | -25.47 | -14.04              | -26.63 | -5.23  | -7.93             | -9.37  | -3.33  |
| 3 x11  | -8.97            | -10.62 | -23.44 | -12.48              | -12.65 | 4.69   | -13.33            | -16.12 | -13.33 |
| 3 x12  | 5.68             | 0.35   | -7.87  | -19.85              | -26.28 | -11.64 | 3.03              | -2.85  | 13.33  |
| 4 x 5  | -23.83           | -33.39 | -49.95 | -47.90              | -52.96 | -43.62 | -9.67             | -12.50 | -6.66  |
| 4 x 6  | -21.88           | -36.51 | -42.92 | -7.96               | -8.08  | 10.16  | -10.76            | -17.14 | -3.33  |
| 4 x 7  | 3.03             | -9.51  | -32.73 | -19.20              | -25.89 | -11.18 | -1.63             | -3.22  | 0.00   |
| 4 x 8  | -25.48           | -30.23 | -55.04 | 2.01                | -14.09 | 2.97   | 3.44              | 0.00   | 0.00   |
| 4 x 9  | 30.43            | 21.38  | -20.75 | -3.22               | -17.62 | -1.32  | 7.93              | 3.03   | 13.33  |
| 4 x10  | 43.55            | 39.68  | -16.98 | -6.06               | -17.22 | -0.78  | 9.67              | 6.25   | 13.33  |
| 4 x11  | 21.87            | 0.93   | -13.53 | -22.01              | -24.91 | -10.00 | 8.47              | 6.66   | 6.66   |
| 4 x12  | 20.84            | -2.56  | -10.56 | -22.57              | -31.76 | -18.21 | -4.61             | -11.42 | 3.33   |
| 5 x 6  | 8.06             | -0.83  | -10.84 | 19.01               | 7.58   | 28.69  | -1.49             | -5.71  | 10.00  |
| 5 x 7  | 3.09             | 2.51   | -22.97 | 13.76               | 11.80  | 11.80  | 11.11             | 9.37   | 16.66  |
| 5 x 8  | -26.09           | -31.38 | -48.44 | 19.08               | 10.03  | 10.03  | -6.66             | -12.50 | -6.66  |
| 5 x 9  | -12.23           | -18.01 | -38.39 | 51.12               | 41.34  | 41.34  | 4.61              | 3.03   | 13.33  |
| 5 x10  | 21.31            | 8.60   | -18.93 | 18.21               | 14.96  | 14.96  | 6.25              | 6.25   | 13.33  |
| 5 x11  | 7.39             | 0.77   | -13.67 | 18.08               | 10.42  | 10.42  | 11.47             | 6.25   | 13.33  |
| 5 x12  | 3.22             | -6.16  | -13.86 | -8.13               | -10.43 | -10.43 | 1.49              | -2.85  | 13.33  |

Continuación .....

| Cruzas   | N° granos/hilera |        |        | Peso de 1000 granos |        |        | Indice de cosecha |        |       |
|----------|------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------------------|--------|-------|
|          | H                | HB     | HU     | H                   | HB     | HU     | H                 | HB     | HU    |
| 6 x 7    | -35.55           | -41.13 | -47.07 | -41.56              | -46.33 | -46.33 | -9.09             | -14.28 | 0.00  |
| 6 x 8    | 18.15            | 1.41   | -8.82  | 2.79                | -13.39 | -13.39 | 1.58              | -8.57  | 6.66  |
| 6 x 9    | 2.49             | -11.54 | -20.47 | 15.73               | -1.43  | -1.43  | 5.88              | 2.85   | 20.00 |
| 6 x10    | -2.71            | -19.20 | -27.35 | -4.22               | -15.55 | -15.55 | -7.46             | -11.42 | 3.33  |
| 6 x11    | -5.80            | -8.02  | -17.31 | -22.45              | -25.29 | -25.29 | -3.12             | -11.42 | 3.33  |
| 6 x12    | 3.47             | 2.41   | -5.99  | -20.01              | -29.47 | -29.47 | 2.85              | 2.85   | 20.00 |
| 7 x 8    | -15.49           | 21.12  | -41.36 | 21.30               | 10.39  | 10.39  | 1.69              | -3.22  | 0.00  |
| 7 x 9    | -10.40           | -15.86 | -37.45 | 19.37               | 9.85   | 9.85   | -6.25             | -9.09  | 0.00  |
| 7 x10    | -6.48            | -15.86 | -37.45 | 26.47               | 21.03  | 21.03  | 4.76              | 3.12   | 10.00 |
| 7 x11    | -32.60           | -37.05 | -46.08 | 0.88                | -4.08  | -4.08  | -6.66             | -9.67  | -6.66 |
| 7 x12    | 13.83            | 3.59   | -4.90  | -13.34              | -16.73 | -16.73 | -6.66             | -11.42 | 3.33  |
| 8 x 9    | 34.76            | 33.88  | -12.59 | 22.41               | 20.81  | 20.81  | 37.70             | 27.27  | 40.00 |
| 8 x10    | 30.46            | 25.40  | -19.19 | 19.65               | 13.51  | 13.51  | 26.66             | 18.75  | 26.66 |
| 8 x11    | 3.70             | -9.14  | -22.16 | 18.56               | 3.52   | 3.52   | 29.82             | 27.58  | 23.33 |
| 8 x12    | 14.31            | -2.72  | -10.70 | 17.58               | 11.54  | 11.54  | 23.80             | 11.42  | 30.00 |
| 9 x10    | -6.73            | -10.91 | -41.83 | 26.58               | 21.30  | 21.30  | 7.69              | 6.06   | 16.66 |
| 9 x11    | 10.37            | -2.75  | -16.69 | 16.76               | 2.60   | 2.60   | 3.22              | -3.03  | 6.66  |
| 9 x12    | 24.68            | 6.68   | -2.07  | 35.82               | 30.36  | 30.36  | 5.88              | 2.85   | 20.00 |
| 10x11    | -36.54           | -46.25 | -53.96 | -2.00               | -10.64 | -10.64 | -14.75            | -18.75 | 13.33 |
| 10x12    | 28.50            | 5.85   | -2.83  | 18.39               | 18.39  | 18.39  | 7.46              | 2.85   | 20.00 |
| 11x12    | 6.48             | 2.92   | -5.51  | -19.31              | -26.42 | -26.42 | 3.12              | -5.71  | 10.00 |
| Promedio |                  | -2.02  |        |                     | -6.44  |        |                   | -1.44  |       |

Continuación.....

| Cruzas | Intervalo floración |        |        | Altura de planta |        |        | Altura de mazorca |        |        | Días a floración |        |        |
|--------|---------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
|        | H                   | HB     | HU     | H                | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     | H                | HB     | HU     |
| 1 x 2  | 6.82                | 0.00   | -22.67 | 27.34            | 12.92  | 7.40   | 27.93             | 7.20   | -6.98  | -4.48            | -4.90  | -10.42 |
| 1 x 3  | 41.34               | 20.12  | 16.27  | -6.45            | -15.53 | -17.74 | 32.91             | 10.35  | -2.02  | 3.01             | 1.95   | -1.93  |
| 1 x 4  | 11.37               | -9.01  | -3.19  | 25.18            | 10.87  | 12.79  | 31.11             | 7.89   | -2.02  | -1.70            | -2.00  | -7.12  |
| 1 x 5  | 29.32               | 9.90   | 6.39   | 10.91            | 1.29   | -3.94  | 212.64            | -1.96  | -7.53  | -0.39            | -1.85  | -4.76  |
| 1 x 6  | 22.40               | 0.00   | 6.39   | 26.08            | 10.18  | 15.62  | 47.35             | 21.25  | 10.22  | -3.63            | -4.39  | -8.54  |
| 1 x 7  | 41.34               | 20.12  | 16.27  | 7.39             | -1.01  | -8.00  | 14.91             | -5.28  | -14.33 | 2.79             | 0.57   | -0.99  |
| 1 x 8  | 62.78               | 44.33  | 25.87  | 2.49             | -6.88  | -10.56 | 10.57             | -10.33 | -15.44 | -4.36            | -10.05 | -3.81  |
| 1 x 9  | 0.33                | -18.03 | -12.79 | 16.04            | 5.98   | 0.50   | 10.05             | -7.59  | -19.48 | -4.27            | -6.20  | -8.06  |
| 1 x10  | -12.40              | -22.33 | -32.26 | 15.26            | 1.27   | 4.94   | 42.64             | 18.42  | 5.14   | -0.44            | -1.47  | -5.23  |
| 1 x11  | 6.00                | -9.90  | -12.79 | 28.80            | 13.00  | 17.51  | 23.64             | -3.51  | 0.91   | -10.00           | -7.04  | -6.64  |
| 1 x12  | 6.00                | -9.90  | -12.79 | 8.62             | -3.72  | -2.33  | 0.68              | -10.86 | -32.16 | -2.39            | -2.92  | -7.63  |
| 2 x 3  | 11.37               | 0.00   | -3.19  | -0.54            | -9.24  | -13.68 | -23.76            | -24.63 | -33.08 | 6.41             | 4.85   | 0.84   |
| 2 x 4  | 58.22               | 36.61  | 45.34  | 2.11             | -1.20  | 0.50   | -4.76             | -6.88  | -15.44 | 1.20             | 0.44   | -4.80  |
| 2 x 5  | 22.40               | 9.90   | 6.39   | 6.24             | 2.78   | 4.56   | 9.38              | 5.51   | -1.47  | -1.04            | -2.91  | -5.79  |
| 2 x 6  | -5.06               | -18.03 | -12.79 | 6.87             | 6.66   | 1.44   | -4.14             | -6.27  | -14.87 | -1.19            | -2.36  | -6.64  |
| 2 x 7  | -11.03              | -20.12 | -22.67 | -15.31           | -19.27 | -15.28 | -17.21            | -18.90 | -26.65 | 6.19             | 3.44   | 1.83   |
| 2 x 8  | 29.32               | 22.00  | 6.39   | 3.21             | 1.98   | -2.99  | -9.44             | -13.06 | -18.01 | -2.11            | -8.33  | -1.98  |
| 2 x 9  | 15.82               | 0.00   | 6.39   | -1.09            | -1.29  | -6.11  | -38.88            | -4.61  | -16.36 | 1.47             | -1.01  | -2.97  |
| 2 x10  | 6.00                | 0.00   | -12.79 | 1.23             | -3.01  | 0.50   | 8.06              | 6.83   | -5.14  | 2.38             | 0.88   | -2.97  |
| 2 x11  | 11.37               | 0.00   | -3.19  | 9.49             | 4.81   | 9.01   | 6.62              | -2.46  | 2.02   | 2.18             | -1.40  | -0.99  |
| 2 x12  | -11.03              | -20.12 | -22.67 | -9.23            | -12.11 | -10.84 | -28.66            | -33.05 | -41.90 | -0.90            | -1.93  | -6.64  |
| 3 x 4  | 14.61               | 9.28   | 16.27  | 1.89             | -0.27  | 1.44   | -1.02             | -2.22  | -11.21 | -1.33            | -2.05  | -5.79  |
| 3 x 5  | -20.12              | -20.12 | -22.67 | 0.68             | -0.67  | -3.28  | 12.00             | 9.25   | 2.02   | -0.43            | -0.87  | -3.81  |
| 3 x 6  | -33.23              | -36.33 | -32.26 | 1.86             | -1.80  | 3.05   | 7.88              | 6.68   | -3.12  | 2.21             | 1.91   | -1.98  |
| 3 x 7  | -9.9                | -9.90  | -12.79 | -19.10           | -21.06 | 23.13  | -23.89            | -24.59 | -31.80 | 4.06             | 2.87   | 1.27   |
| 3 x 8  | 15.82               | 9.90   | 6.39   | -2.93            | -3.59  | -6.11  | -10.84            | -13.45 | -18.38 | -4.45            | -9.25  | -2.97  |
| 3 x 9  | -4.58               | -9.01  | -3.19  | -3.93            | -5.24  | -7.72  | -8.75             | -9.31  | -19.48 | -5.24            | -6.20  | -8.06  |
| 3 x10  | 15.82               | 9.09   | 6.39   | 8.74             | 5.47   | 9.29   | 29.81             | 29.81  | 15.25  | 2.35             | 2.35   | -1.55  |
| 3 x11  | 0.00                | 0.00   | -3.19  | 5.44             | 2.09   | 6.17   | 6.65              | -1.40  | 3.12   | 1.15             | 1.15   | -0.56  |
| 3 x12  | 39.93               | 39.93  | 35.46  | -12.84           | -14.63 | -13.39 | -19.41            | -25.25 | -33.63 | -0.88            | -0.88  | -5.23  |
| 4 x 5  | -23.78              | -27.32 | -22.67 | -31.66           | -34.01 | -32.87 | -24.55            | -25.59 | -30.51 | 11.06            | 11.06  | 6.50   |
| 4 x 6  | 0.00                | 0.00   | 6.39   | -15.55           | -16.84 | -12.73 | -4.45             | -4.45  | -13.23 | 5.97             | 5.97   | 0.42   |
| 4 x 7  | -4.58               | -9.01  | -3.19  | -5.44            | -9.57  | -8.00  | 6.89              | 6.68   | -3.12  | 5.85             | 5.85   | 2.26   |
| 4 x 8  | 0.00                | -9.01  | -3.19  | -8.22            | -10.78 | -9.23  | 11.53             | 9.35   | 3.12   | 4.20             | 4.20   | 5.09   |
| 4 x 9  | -18.03              | -18.03 | -12.79 | -0.57            | -3.99  | -2.33  | 5.04              | 3.23   | -6.25  | 4.25             | 4.25   | 0.42   |
| 4 x10  | -9.90               | -18.03 | -12.79 | 4.05             | 3.10   | 6.83   | 2.45              | 1.21   | -8.08  | 3.11             | 3.11   | -1.55  |
| 4 x11  | -33.23              | -36.33 | -32.26 | -9.37            | -10.36 | -6.77  | 6.59              | -0.52  | 4.04   | 4.78             | 4.78   | 2.26   |
| 4 x12  | 14.61               | 9.28   | 16.27  | -5.02            | -5.20  | -3.56  | -1.10             | -9.10  | 17.46  | 3.64             | 3.64   | -1.55  |
| 5 x 6  | -4.58               | -9.01  | -3.19  | 4.73             | -0.36  | 4.56   | 6.98              | 5.51   | 1.47   | -0.73            | -1.45  | -4.38  |
| 5 x 7  | -9.90               | -9.90  | -12.79 | -4.02            | -7.64  | -9.89  | -12.40            | -13.77 | -19.48 | -2.17            | -2.87  | -4.38  |
| 5 x 8  | -15.82              | -20.12 | -22.67 | -5.84            | -6.49  | -10.18 | -18.43            | -18.90 | -23.52 | -2.91            | -7.40  | -0.99  |
| 5 x 9  | -23.78              | -27.32 | -22.67 | 20.63            | 20.63  | 14.39  | 18.17             | 14.56  | 6.98   | -2.75            | -3.31  | -5.23  |
| 5 x10  | 15.82               | 9.90   | 6.39   | 4.48             | 0.00   | 3.62   | 1.91              | -0.89  | -7.16  | 2.48             | 2.04   | -0.89  |
| 5 x11  | 30.03               | 30.03  | 25.89  | 1.80             | -2.72  | 1.16   | 0.00              | -5.44  | -1.10  | -4.01            | -5.63  | -5.23  |
| 5 x12  | -20.12              | -20.12 | -22.67 | 4.62             | 0.74   | 2.67   | 1.08              | -8.56  | -14.33 | 1.62             | 0.58   | -2.48  |

Continuación.....

| Cruzas   | Intervalo floracion |        |        | Altura de planta |        |        | Altura de mazorca |        |        | Días a floración |        |       |
|----------|---------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|------------------|--------|-------|
|          | H                   | HB     | HU     | H                | HB     | HU     | H                 | HB     | HU     | H                | HB     | HU    |
| 6 x 7    | -42.69              | -45.35 | -41.86 | -34.60           | -38.37 | -35.33 | -48.27            | -48.38 | -53.12 | 7.87             | 6.32   | 4.66  |
| 6 x 8    | -9.90               | -18.03 | -12.79 | -2.53            | -6.66  | -2.05  | -8.54             | -10.33 | -15.44 | -1.77            | -6.97  | -0.52 |
| 6 x 9    | -18.03              | -18.03 | -12.79 | -5.96            | -10.54 | -6.11  | -16.49            | -18.01 | -25.55 | -5.55            | -6.78  | -8.62 |
| 6 x 10   | 30.03               | 18.30  | 25.87  | -7.52            | -8.10  | -3.56  | -2.04             | -3.23  | -12.13 | -0.29            | -0.58  | -4.38 |
| 6 x 11   | -33.23              | -36.33 | -32.26 | -20.09           | -20.45 | -6.51  | -17.51            | -23.02 | -19.48 | 3.31             | -0.84  | 1.27  |
| 6 x 12   | -4.58               | -9.01  | -3.19  | -20.89           | -22.25 | -18.40 | -19.38            | -25.91 | -32.72 | 4.74             | 4.43   | -0.14 |
| 7 x 8    | -15.82              | -20.12 | -22.67 | -18.61           | -19.98 | -23.13 | -24.30            | -25.92 | -30.14 | 4.13             | 0.00   | 6.93  |
| 7 x 9    | -23.78              | -27.32 | -22.67 | 1.30             | 0.29   | -4.88  | -7.02             | -8.53  | -17.27 | 1.29             | 1.00   | -0.56 |
| 7 x 10   | -5.06               | -9.90  | 12.79  | -2.50            | -7.57  | -4.22  | 2.66              | 1.21   | -8.08  | -4.06            | -5.17  | -6.64 |
| 7 x 11   | 9.90                | 9.90   | 6.39   | 1.82             | -3.63  | 0.21   | -1.50             | -8.26  | -4.04  | 0.99             | 0.00   | 0.42  |
| 7 x 12   | -30.03              | -30.03 | -32.26 | -11.18           | -15.38 | -13.68 | -19.20            | -25.60 | -32.72 | 4.16             | 2.44   | 0.84  |
| 8 x 9    | -21.92              | -28.96 | -24.41 | 11.00            | 10.23  | 5.89   | -9.89             | -13.06 | -18.01 | -11.18           | -14.94 | -9.05 |
| 8 x 10   | 22.00               | -22.00 | 6.39   | 12.97            | 8.85   | 12.79  | 13.65             | 10.33  | 4.04   | -6.68            | -11.37 | -5.23 |
| 8 x 11   | 5.21                | 0.00   | -3.19  | 20.03            | 15.45  | 20.07  | 4.62              | -0.52  | 4.04   | -11.51           | -13.62 | -7.63 |
| 8 x 12   | 18.03               | 0.00   | -3.19  | -4.21            | -6.80  | -5.45  | -23.32            | -30.79 | -34.74 | -7.56            | -12.69 | -6.64 |
| 9 x 10   | -9.90               | -18.03 | -12.79 | -14.20           | -17.88 | -14.90 | -8.33             | -8.90  | -19.11 | 1.02             | 0.00   | -1.98 |
| 9 x 11   | -14.04              | -18.03 | -12.79 | 13.23            | 96.93  | 14.02  | 21.03             | 11.24  | 16.36  | -3.63            | -4.78  | -4.38 |
| 9 x 12   | -61.89              | -63.66 | -61.33 | -14.93           | -17.86 | -16.51 | -11.46            | -17.40 | -27.57 | -1.02            | -2.45  | -4.38 |
| 10x11    | 26.38               | 20.12  | 16.27  | -11.11           | -11.27 | -7.72  | -8.17             | -15.11 | -11.21 | 5.03             | 2.81   | 3.25  |
| 10x12    | 5.21                | 0.00   | -3.19  | -5.90            | -6.93  | -3.56  | -12.05            | -18.42 | -27.57 | -0.74            | -1.47  | -5.23 |
| 11x12    | 0.00                | 0.00   | -3.19  | -29.61           | -30.63 | -27.86 | -43.64            | -51.31 | -49.08 | 2.67             | 0.00   | 0.42  |
| Promedio |                     | -6.04  |        |                  | -4.91  |        |                   | -7.23  |        |                  | -1.71  |       |

Para mazorcas por planta la heterosis fluctuó entre -23.07 y 56.25 por ciento; para HB entre -25.92 y 50 por ciento y la HU entre -11.11 y 66.66 por ciento; la cruce 3x6 presentó el valor más bajo en los tres tipos de heterosis y la cruce 1x4 el más elevado en las tres categorías.

En número de hileras de grano por mazorca 2, 0 y 26 cruces manifestaron los tres tipos de heterosis (H, HB y HU), respectivamente. La heterosis varió entre -34.11 (6x7) y 15.79 (8x12); en HB no se encontraron valores positivos y en HU los valores extremos correspondientes son: -27.78 (6x7) y 13.46 (3x12).

En el número de granos por hilera, la H, HB y HU se manifestaron forma positiva en 44, 32 y 2 cruces, respectivamente. Los híbridos 2x4 y 4x10 mostraron los valores positivos más altos en H y HB, mientras que los híbridos 1x12 y 1x11 en HU.

Para el peso de 1000 granos, la H, HB y HU manifestaron valores positivos en 34, 25 y 41 cruces respectivamente. Sobresalen los híbridos 5x9, 9x12 y 7x10 por sus elevados valores positivos en los tres tipos de heterosis.

En la variable índice de cosecha 40, 28 y 52 cruces manifestaron H, HB y HU positiva, respectivamente. Sobresalen los híbridos 8x9, 8x10, 8x11 y 8x12 en los tres tipos de heterosis.

Los valores promedios de heterobeltiosis para rendimiento, mazorcas por planta, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de 1000 granos e índice de cosecha fueron: 1.49, -6.29, -14.42, -2.08, -6.44 y -1.44, respectivamente. Esto significa que en condiciones de temporal se ha producido una reducción en las ganancias de heterobeltiosis, respecto al cultivo bajo riego, de 22.6, 69, 85, 147, 207 y 61.3 por ciento, respectivamente. En condiciones de temporal, se ma-

nifestó un rango de valores de heterobeltiosis considerablemente mayor a las obtenidas en condiciones de riego, indicando la necesidad de evaluar un amplio rango de combinaciones híbridas para seleccionar las superiores.

Las cruzas 6x7, 9x12 y 4x11 para intervalo de floración; 6x7, 4x5 y 11x12 para altura de mazorca; 6x7, 11x12 y 2x9 para altura de planta y 8x9 y 8x11 para días a flor, manifestaron altos valores de los tres tipos de heterosis en la dirección deseable, por lo que son útiles en programas de mejora genética bajo temporal. La heterobeltiosis promedio para intervalo de floración, altura de mazorca, altura de planta y días a flor es de -6.04, -4.91, -7.23 y -1.71, respectivamente. Estos valores indican una reducción sobre la heterobeltiosis promedio bajo riego del 59.3, 144, 200, 200 y 62 por ciento, respectivamente.

### **Correlaciones Fenotípicas**

En el Cuadro 4.16 se presentan correlaciones simples entre pares de características agronómicas evaluadas. El rendimiento de grano presenta una asociación positiva y altamente significativa con mazorcas por planta, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, altura de mazorca, altura de planta e índice de cosecha y una asociación negativa significativa con días a flor. El número de mazorcas por planta correlaciona positivamente con el índice de cosecha pero en forma negativa con días a flor; Younes y Andrew (1978) encuentran correlaciones negativas y significativas entre prolificidad y días a flor ( $r = -0.291$ ). El número de hileras asocia positivamente con número de granos por hilera y altura de planta, pero negativamente con días a flor. Número de granos por hilera está asociado positivamente con el peso de 1000 granos, altura de planta e índice de cosecha; peso de 1000 granos asocia positivamente con altura de planta, altura de mazorca e índice de cosecha aunque negativamente con el intervalo de floración; días a flor negativamente con altura de planta, altura de mazorca e índice de cosecha; altura de mazorca tiene asociación positiva con altura de

Cuadro 4.16 Correlaciones fenotípicas entre pares de características agronómicas en maíz bajo temporal.

| Característica               | N° mazorcas/planta | N° hileras grano/maz | N° granos hilera | Peso 1000 granos | Días a flor | Altura mazorca | Altura planta | Intervalo floración | Índice de cosecha |
|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|-------------------|
| Rendimiento                  | 0.299 **           | 0.114                | 0.437 **         | 0.307 **         | -0.357 **   | 0.213 **       | 0.278 **      | 0.009               | 0.691 **          |
| N° mazorcas por planta       |                    | 0.008                | 0.179            | 0.016            | -0.216 **   | 0.087          | 0.122         | 0.054               | 0.308 **          |
| N° hileras grano por mazorca |                    |                      | 0.246 **         | 0.005            | -0.127 *    | 0.096          | 0.130 *       | 0.082               | 0.052             |
| N° granos por hilera         |                    |                      |                  | 0.125 *          | -0.348 **   | 0.106          | 0.261 **      | 0.091               | 0.489 **          |
| Peso de 1000 granos          |                    |                      |                  |                  | -0.451 **   | 0.323 **       | 0.368 **      | 0.070               | 0.300 **          |
| Días a flor                  |                    |                      |                  |                  |             | -0.211 **      | -0.500 **     | -0.091              | -0.478 **         |
| Altura de mazorca            |                    |                      |                  |                  |             |                | 0.748 **      | 0.080               | 0.076             |
| Altura de planta             |                    |                      |                  |                  |             |                |               | 0.050               | 0.219 **          |
| Intervalo floración          |                    |                      |                  |                  |             |                |               |                     | -0.015            |
| Índice de cosecha            |                    |                      |                  |                  |             |                |               |                     |                   |

\* Significativo al cinco por ciento

\*\* Significativo al uno por ciento

planta y altura de planta con el índice de cosecha. Troyer y Brown (1972) encuentran asociación entre altura de planta y altura de mazorca con días a flor, señalando que están ligadas ontogenéticamente a ella; una vez iniciado el desarrollo de la espiga ya no se forman nuevos nudos en el vástago. Bolaños *et al.* (1990) evalúan bajo estrés genotipos derivados de poblaciones del trópico seco y encuentran coeficientes de correlación lineal positivos y significativos entre rendimiento de grano y mazorcas por planta; negativos y significativos entre rendimiento y días a antesis; positivos y significativos para rendimiento y peso de 1000 granos y negativos y muy significativos entre rendimiento y el intervalo de floración. En la presente investigación no se registró, ni en riego ni en temporal, asociación entre el rendimiento y el intervalo de floración. De acuerdo a los autores mencionados el intervalo de floración es el factor de selección más importante bajo condiciones de sequía y que permite, asimismo, un mejoramiento del rendimiento en condiciones de riego, puesto que el material tropical aún se encuentra limitado por el tamaño del pozo. En condiciones de temporal se produjeron más asociaciones positivas entre características; días a flor se asocia fuerte y negativamente con el rendimiento y sus componentes, indicando la importancia que la precocidad tiene en condiciones de temporal. El índice de cosecha asocia positiva y fuertemente con los componentes de rendimiento, con excepción del número de hileras, y fundamentalmente con el rendimiento de granos.

La comparación de los efectos de ACG para todas las características agronómicas evaluadas se muestran en el Cuadro 4.17. Bajo riego y temporal se destaca la línea 5 porque resultó buena combinadora para rendimiento y peso de 1000 granos, aunque no registró esa superioridad en los valores promedios especialmente en condiciones de temporal, donde presentó los menores valores. La línea 8 muestra superioridad como buena combinadora en número de hileras. La línea 8 muestra superioridad como buena combinadora en número de hileras de grano y número de granos por hilera. Las líneas 8, 11 y 7 son las combinadoras superiores en riego y temporal para número de granos por hilera

Cuadro 4.17. Comparación de los progenitores para ACG bajo riego y temporal.

| Caracter                  | Combinadores superiores bajo riego y temporal | Combinadores superiores bajo riego | Combinadores superiores bajo temporal |
|---------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| Rendimiento               | 5   | 7,6                                | 9                                     |
| Índice de cosecha         |   | 12,6,5                             | 2,4                                   |
| Mazorcas por planta       |   | 7,6,2                              | 3,4                                   |
| Número de hileras/mazorca | 8   | 1,10                               | 3,4                                   |
| Número de granos/hilera   | 8,11,7  |                                    |                                       |
| Peso de 1000 granos       | 5   | 6,8                                | 4,1,9                                 |
| Días a flor               | 2,4   | 9                                  | 6                                     |
| Altura de mazorca         | 12  | 11,3                               | 2                                     |
| Altura de planta          |   | 12,11,3                            | 6,4,9                                 |
| Intervalo de floración    |   | 6,7,4                              | 9,1,8,3                               |

Cuadro 4.18 Comparación de las cruzas con altos valores de ACE bajo riego y temporal.

| Caracter                  | Combinadores superiores bajo riego y temporal | Combinadores superiores bajo riego | Combinadores superiores bajo temporal |
|---------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| Rendimiento               |   | 5x10,2x6                           | 5x9,6x11                              |
| Índice de cosecha         |   | 2x6,5x11                           | 4x8,1x2                               |
| Mazorcas por planta       |   | 2x6,4x7                            | 2x4,4x9                               |
| Número de hileras/mazorca |   | 1x4,5x8                            | 7x8,4x9                               |
| Número de granos/hilera   |   | 4x8,7x11                           | 7x8,5x11                              |
| Peso de 1000 granos       |   | 1x6,2x12                           | 4x5,1x3                               |
| Días a flor               | 8x10  | 11x12                              | 3x5                                   |
| Altura de mazorca         |   | 4x9,4x6                            | 6x8,2x9                               |
| Altura de planta          |   | 1x6,4x9                            | 2x3,4x7                               |
| Intervalo de floración    | 10x12   | 7x11                               | 4x6                                   |

lo cual podría indicar que esta característica podría tener mayor estabilidad para los ambientes evaluados. En condiciones de riego la línea 6 es buena combinadora para rendimiento, índice de cosecha, mazorcas por planta, peso de 1000 granos e intervalo de floración. La línea 7 combina bien para rendimiento, mazorcas por planta e intervalo de floración. En condiciones de temporal, la línea 9 tiene el valor más elevado de ACG para rendimiento, peso de 1000 granos, altura de planta e intervalo de floración. La línea 4 se destaca por su habilidad combinatoria para índice de cosecha, mazorcas por planta, número de hileras de grano, peso de 1000 granos y altura de planta.

El estudio de los híbridos con mayores efectos de ACE se detallan en el Cuadro 4.18. El híbrido 8x10 mostró efectos específicos elevados para días a flor y el híbrido 10x12 para intervalo de floración. En riego la cruz 2x6 registró elevados valores de ACE para rendimiento, índice de cosecha y mazorcas por planta. Se observa que la línea 6 transmite su aptitud combinatoria en las cruzas con la línea 2. Las cruzas 2x6 y 5 x10 además de presentar los valores más elevados de ACE muestran los valores promedios más elevados para rendimiento. Bajo temporal el híbrido 4x9 arrojó los efectos superiores de ACE para mazorcas por planta y número de hileras por mazorca. Se observa que la línea 4 transmite su aptitud combinatoria en las cruzas con la línea 9. Los híbridos 5x9 y 6x11 registran los efectos de ACE más elevados para rendimiento y también los mejores rendimientos por hectárea. En ambas condiciones de evaluación se observa que el comportamiento de los híbridos en su aptitud combinatoria coinciden en general con los valores promedios en las diversas características analizadas. Pareciera existir mayor estabilidad en la aptitud combinatoria de los progenitores que en las cruzas considerando el número de ellos que son superiores en ambos ambientes, concordando con las consideraciones que al respecto mencionan (Rojas y Sprague, 1952).

Resulta útil relacionar los efectos de aptitud combinatoria y heterosis a fin de determinar algunos indicios que hagan más eficiente el programa de mejoramiento. En vista de ello se muestra en el Cuadro 4.19 los 10 híbridos superiores e inferiores ordenados en forma decreciente para heterobeltiosis en condiciones de riego. Por ejemplo, la cruce 2x6 conoce en el progenitor 6 elevado valor de ACG para rendimiento, índice de cosecha, mazorcas por planta, peso de 1000 granos e intervalo de floración. El progenitor 2 no presentó altos valores de ACG para rendimiento y sus componentes. El híbrido también posee elevado valor de ACE para rendimiento y algunos de sus componentes. Ello sugiere que la superioridad en heterosis se debería a la buena aptitud combinatoria de uno de los progenitores además de alto y deseable efecto de ACE y que no necesariamente ambos progenitores deben ser buenos combinadores. La línea 2 aún no poseyendo valores elevados de ACG para rendimiento y sus componentes, combina bien. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Johnson y Hayes, 1940). Cruzas entre líneas buenas como combinadoras no siempre resultan en buenas combinaciones híbridas, como podría esperarse en las líneas destacadas por su aptitud combinatoria bajo riego. En el híbrido 7x11 la línea 7 aporta efectos de aptitud combinatoria elevados para rendimiento, mazorcas por planta, índice de cosecha mientras que la línea 11 lo hace para altura de mazorca y altura de planta; la conjunción de ambos progenitores origina elevada ACE en el híbrido. No habría aporte de la ACE puesto que ella fue baja. En las cruces con menores valores de aptitud combinatoria las causas parecen ser bajos valores de ACG en los progenitores para rendimiento y sus componentes y valores negativos de ACE simultáneamente.

En el Cuadro 4.20 se muestran las relaciones entre aptitud combinatoria y heterosis para condiciones de temporal. El híbrido 5x9 presenta dos progenitores de elevada ACG para rendimiento y originan una cruce con elevados valores de ACE y heterobeltiosis. En cambio el híbrido 6x11 registra elevada heterosis sobre el mejor progenitor a través de su ACE elevada. Es notable como la línea 9

Cuadro 4.19 Relación entre heterosis y aptitud combinatoria bajo riego.

| Cruza   | ACG    |        | ACG<br>Promedio | ACE    | Heterosis sobre<br>mejor padre<br>para rendimiento |
|---|--------|--------|-----------------|--------|--|
|   | P1     | P2     |                 |        |  |
| <b>A. Cruzas con valores máximos de heterosis</b> |        |        |                 |        |  |
| 2x6   | 35.08  | 188.95 | 112.01          | 1.075  | 26.18  |
| 5x10  | 152.59 | 73.46  | 113.02          | 1.211  | 26.12  |
| 7x11  | 194.29 | -24.47 | 74.91           | 0.553  | 23.10  |
| 6x7   | 188.95 | 194.29 | 191.62          | 0.197  | 20.39  |
| 1x7   | 119.21 | 194.29 | 156.75          | 0.623  | 19.50  |
| 4x8   | 63.06  | 100.33 | 81.69           | 0.807  | 16.88  |
| 7x8   | 194.29 | 100.33 | 147.31          | 0.550  | 16.58  |
| 5x7   | 152.59 | 194.29 | 173.44          | 0.337  | 16.53  |
| 1x6   | 119.21 | 188.95 | 154.08          | 0.365  | 15.13  |
| 6x12  | 188.95 | -10.71 | 89.12           | 0.370  | 15.12  |
| <b>B. Cruzas con valores mínimos de heterosis</b> |        |        |                 |        |  |
| 3x4   | 77.76  | 63.06  | 70.41           | -1.154 | -16.43   |
| 9x10  | -13.18 | 73.46  | 30.14           | -0.551 | -7.72  |
| 1x5   | 119.21 | 152.59 | 135.90          | -0.776 | -6.55  |
| 3x9   | 77.76  | -13.18 | 32.29           | -0.369 | -4.12  |
| 2x8   | 35.08  | 100.33 | 67.70           | -0.504 | -3.61  |
| 5x9   | 152.59 | -13.18 | 69.70           | -0.243 | -3.23  |
| 4x10  | 63.06  | 73.46  | 68.26           | 0.026  | -2.37  |
| 4x12  | 63.06  | -10.71 | 26.17           | 0.028  | -2.30  |
| 1x12  | 119.21 | -10.71 | 54.25           | -0.508 | -1.93  |
| 4x9   | 63.06  | -13.18 | 24.94           | -0.087 | -1.46  |

Cuadro 4.20 Relación entre heterosis y aptitud combinatoria bajo temporal.

| Cruza   | ACG    |       | ACG<br>Promedio | ACE    | Heterosis sobre<br>mejor padre<br>para rendimiento |
|---|--------|-------|-----------------|--------|--|
|   | P1     | P2    |                 |        |  |
| <b>A. Cruzas con valores máximos de heterosis</b> |        |       |                 |        |  |
| 5x9   | 3.260  | 2.94  | 3.10            | 0.208  | 29.16  |
| 6x11  | -0.077 | -0.70 | -0.73           | 0.088  | 20.30  |
| 4x5   | -1.240 | 3.26  | 1.01            | 0.046  | 17.70  |
| 2x4   | -0.860 | -1.24 | -1.05           | 0.057  | 17.23  |
| 2x12  | -0.860 | -0.82 | -0.84           | 0.048  | 16.74  |
| 11x12   | -0.700 | -0.82 | -0.76           | 0.026  | 13.77  |
| 7x4   | -1.720 | -1.64 | -1.21           | 0.030  | 12.81  |
| 7x12  | -1.720 | -0.82 | -1.27           | 0.036  | 12.00  |
| 2x3   | -0.860 | -1.43 | -1.14           | 0.022  | 11.19  |
| 3x10  | -1.430 | -1.86 | -1.64           | 0.049  | 11.06  |
| <b>B. Cruzas con valores mínimos de heterosis</b> |        |       |                 |        |  |
| 8x9   | -0.46  | 2.94  | 1.24            | -0.076 | -25.84   |
| 1x9   | -1.44  | 2.94  | 0.75            | -0.057 | -17.10   |
| 2x9   | -0.76  | 2.94  | 1.04            | -0.056 | -15.18   |
| 6x8   | -0.77  | -0.46 | -0.61           | -0.051 | -14.46   |
| 3x9   | -1.43  | 2.94  | 0.75            | -0.040 | -14.14   |
| 3x8   | -1.43  | -0.46 | -0.94           | -0.053 | -13.39   |
| 7x9   | -1.72  | 2.94  | 0.61            | -0.007 | -11.59   |
| 5x6   | 3.26   | -0.77 | 1.24            | -0.059 | -11.11   |
| 4x9   | -1.24  | 2.94  | 0.85            | -0.009 | -9.66  |
| 1x8   | -1.44  | -0.48 | -0.96           | 0.017  | -6.64  |

que se caracterizó por ser buena combinadora en rendimiento produce cruza inferiores en heterobeltiosis con las líneas 8, 1, 2, 3, 7 y 4.

### Indicie de Sequía

En el sistema riego-sequía, se trata de evaluar la capacidad de los genotipos para reducir en menor grado su producción al pasar de humedad favorable (riego) a la condición desfavorable (sequía) y de utilizar el valor de esta capacidad como un índice de resistencia a la sequía (Muñoz, 1978). Las plantas resistentes, producirían rendimientos más altos que las sensibles en años de sequía sin sacrificar mucho rendimiento en los años húmedos (Parsons, 1987).

La respuesta de los progenitores e híbridos a ambas condiciones (riego-sequía) fue determinada por el índice de sequía propuesto por Fischer y Maurer (1978). Se observa en el Cuadro 4.21 que los progenitores respondieron en forma uniforme en los valores del índice. Las líneas 5, 4, 7, 8, 3, 12 y 11 tuvieron índices superiores a 1. Por lo tanto, es indicativo de resistencia relativa a la sequía. Las líneas 1, 2, 10, 6 y 9 registraron valores inferiores a la unidad, indicando menor resistencia en años secos; pero sus valores son muy cercanos a la unidad. Esta similitud se traduce en una falta de relación entre altos valores de ACG en progenitores con valores superiores a la unidad en el índice de sequía, tanto en riego como temporal.

Entre las cruza existe uniformidad en la respuesta proporcionada por el índice de sequía; los valores extremos son 1.018 (8x9) y 0.990 (2x8). De las 66 cruza evaluadas, 33 de ellas (50 por ciento) superan el valor de 1. Se destacan por su resistencia relativa a la sequía: 8x9 (1.018), 3x8 (1.016), 5x8 (1.013), 1x7 (1.012) y 6x8 (1.011). No se evidencia relación entre altos valores de ACE y hete-

Cuadro 4.21 Índice de sequía basado en el rendimiento de grano de los tratamientos bajo riego y sequía según Fischer et al. (1978).

| PROGENITORES |                     |          |                  |
|--------------|---------------------|----------|------------------|
| Genotipo     | Rendimiento (kg/ha) |          | Índice de Sequía |
|              | Riego               | Temporal |                  |
| Línea 1      | 6163.0              | 478.9    | 0.998            |
| Línea 2      | 6084.0              | 467.8    | 0.998            |
| Línea 3      | 6355.0              | 456.5    | 1.002            |
| Línea 4      | 6149.0              | 442.1    | 1.004            |
| Línea 5      | 5989.0              | 414.5    | 1.007            |
| Línea 6      | 5838.0              | 486.0    | 0.992            |
| Línea 7      | 5746.0              | 413.3    | 1.004            |
| Línea 8      | 6361.0              | 454.1    | 1.004            |
| Línea 9      | 6594.0              | 561.6    | 0.990            |
| Línea 10     | 6075.0              | 484.6    | 0.995            |
| Línea 11     | 5822.0              | 440.3    | 1.000            |
| Línea 12     | 6092.0              | 450.6    | 1.002            |
| HIBRIDOS     |                     |          |                  |
| Genotipo     | Rendimiento (kg/ha) |          | Índice de Sequía |
|              | Riego               | Temporal |                  |
| 1x2          | 6304.1              | 509.3    | 1.006            |
| 1x3          | 7065.8              | 494.1    | 0.995            |
| 1x4          | 6692.9              | 460.8    | 1.001            |
| 1x5          | 5734.2              | 457.0    | 1.005            |
| 1x6          | 7064.6              | 536.3    | 1.001            |
| 1x7          | 7331.1              | 456.7    | 1.006            |
| 1x8          | 6191.0              | 446.2    | 1.010            |
| 1x9          | 7269.8              | 465.0    | 1.013            |
| 1x10         | 6920.2              | 462.0    | 0.956            |
| 1x11         | 6715.5              | 514.7    | 1.009            |
| 1x12         | 6017.5              | 527.2    | 1.005            |
| 2x3          | 6575.2              | 519.3    | 1.005            |
| 2x4          | 6527.2              | 547.4    | 1.006            |
| 2x5          | 6171.7              | 494.3    | 1.011            |
| 2x6          | 7677.1              | 518.3    | 0.997            |
| 2x7          | 6639.7              | 487.3    | 0.998            |
| 2x8          | 6131.2              | 503.7    | 0.982            |
| 2x9          | 6681.7              | 475.8    | 1.002            |
| 2x10         | 6281.9              | 474.2    | 1.010            |
| 2x11         | 6158.1              | 458.7    | 0.997            |
| 2x12         | 6886.1              | 545.2    | 1.000            |

Continuación .....

| Genotipo | HIBRIDOS    |          | Indice de Sequía |
|----------|-------------|----------|------------------|
|          | Rendimiento |          |                  |
|          | Riego       | Temporal |                  |
| 3x4      | 5311.2      | 492.1    | 0.979            |
| 3x5      | 6835.1      | 508.3    | 0.999            |
| 3x6      | 6589.5      | 511.6    | 0.995            |
| 3x7      | 6962.5      | 455.0    | 1.008            |
| 3x8      | 6913.6      | 402.7    | 1.016            |
| 3x9      | 6321.3      | 481.6    | 0.997            |
| 3x10     | 6779.1      | 537.5    | 0.993            |
| 3x11     | 6332.6      | 497.0    | 0.994            |
| 3x12     | 7117.1      | 496.0    | 1.004            |
| 4x5      | 6290.7      | 520.2    | 0.990            |
| 4x6      | 6920.3      | 488.3    | 1.003            |
| 4x7      | 6611.4      | 464.6    | 1.003            |
| 4x8      | 7434.8      | 499.3    | 1.006            |
| 4x9      | 6497.3      | 506.8    | 0.995            |
| 4x10     | 6437.4      | 463.0    | 1.001            |
| 4x11     | 6559.3      | 449.0    | 1.005            |
| 4x12     | 6442.1      | 464.7    | 1.001            |
| 5x6      | 6362.6      | 431.9    | 1.006            |
| 5x7      | 6979.5      | 447.2    | 1.010            |
| 5x8      | 7064.9      | 432.9    | 1.013            |
| 5x9      | 6381.6      | 724.6    | 0.956            |
| 5x10     | 7662.9      | 497.2    | 1.009            |
| 5x11     | 6859.4      | 466.2    | 1.005            |
| 5x12     | 6255.6      | 425.6    | 1.005            |
| 6x7      | 7028.6      | 475.7    | 1.006            |
| 6x8      | 6586.5      | 415.7    | 1.011            |
| 6x9      | 7007.5      | 533.5    | 0.997            |
| 6x10     | 6752.7      | 505.0    | 0.998            |
| 6x11     | 6544.9      | 584.7    | 0.982            |
| 6x12     | 7013.5      | 496.3    | 1.002            |
| 7x8      | 7415.7      | 472.7    | 1.010            |
| 7x9      | 6510.6      | 495.9    | 0.997            |
| 7x10     | 6521.3      | 474.3    | 1.000            |
| 7x11     | 7167.9      | 496.3    | 1.000            |
| 7x12     | 6760.7      | 504.0    | 0.998            |
| 8x9      | 7433.0      | 416.0    | 1.018            |
| 8x10     | 6651.5      | 456.7    | 1.005            |
| 8x11     | 6716.6      | 425.6    | 1.010            |
| 8x12     | 6445.1      | 486.9    | 0.997            |
| 9x10     | 6085.0      | 543.6    | 0.982            |
| 9x11     | 6720.7      | 531.7    | 0.993            |
| 9x12     | 6942.3      | 526.0    | 0.997            |
| 10x11    | 6274.7      | 481.7    | 0.996            |
| 10x12    | 6229.1      | 476.6    | 0.996            |
| 11x12    | 6493.4      | 512.0    | 0.994            |

rosis con índices superiores a la unidad en las cruzas tanto en riego como temporal.

## **Sistema Radical y Otras Características Agronómicas en Maíz Bajo Invernadero**

### **Características agronómicas**

El análisis de varianza y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas se presentan en el Cuadro 4.22. Se encontraron diferencias significativas para dos características evaluadas en el invernadero: peso seco del vástago y días a flor. Al desglosar los tratamientos, se detectó en los progenitores significancia sólo para días a flor, mientras que en las cruzas se obtuvo diferencias significativas para peso fresco y seco del vástago y días a flor. Con excepción de altura de la planta, las demás variables estudiadas en los genotipos evaluados, manifiestan suficiente variabilidad.

Las estimaciones de la ACG, señalaron diferencias significativas para todas las variables analizadas, con valores de efectos aditivos superiores a los de ACE, excepto para peso seco del vástago, indicando la importancia de este tipo de acción génica en su control.

La proporción de ACG/ACE fue elevada para días a flor (7:1), duplicada en peso fresco del vástago (2:1) y manifestó igual contribución de efectos aditivos y no aditivos en altura de planta (1:1). Por su parte, la ACE superó en un 50 por ciento a la ACG para el peso seco del vástago. Rood y Major (1981) evalúan un juego dialélico entre 8 líneas precoces de maíz bajo condiciones de campo y controladas y encuentran para altura de planta en los diferentes ambientes una contribución proporcional de ACG respecto a la ACE, coincidiendo con los resultados encontrados en esta investigación.

Cuadro 4.22 Análisis de varianza, aptitud combinatoria y relación ACG/ACE para diferentes características agronómicas de maíz bajo invernadero.

| Fuente de variación | C U A D R A D O S M E D I O S |                         |                       |                  |             |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|-------------|
|                     | Grados de libertad            | Peso fresco del vástago | Peso seco del vástago | Altura de planta | Días a flor |
| Repeticiones        | 1                             | 4.79                    | 0.44                  | 24.83            | 1.92        |
| Tratamientos        | 20                            | 5.61                    | 1.67 **               | 239.79           | 14.32 **    |
| Progenitores        | 5                             | 3.36                    | 0.54                  | 195.68           | 25.08 **    |
| Cruzas              | 14                            | 6.52 *                  | 1.84 **               | 246.94           | 11.32 **    |
| Prog. vs. cruzas    | 1                             | 4.18                    | 4.90 **               | 360.28           | 2.59        |
| ACG                 | 5                             | 9.17 *                  | 1.31 **               | 313.24 *         | 25.29 **    |
| ACE                 | 9                             | 5.05                    | 2.13 **               | 210.05           | 3.55 **     |
| Error               | 20                            | 2.87                    | 0.25                  | 115.28           | 2.02        |
| ACG/ACE             |                               | 2:1                     | 1:1.5                 | 1:1              | 7:1         |
| C.V.(%)             |                               | 14.60                   | 12.10                 | 7.01             | 1.88        |

\* Significativo al 5 %

\*\* Significativo al 1 %

C.V. Coeficiente de variación

El porcentaje del coeficiente de variación osciló entre 1.88 y 14.6 por ciento, revelando que estos resultados obtenidos son altamente confiables.

Los promedios para diferentes características agronómicas en los progenitores y cruzas se presentan en el Cuadro 4.23. Las líneas 3 y 8 registraron los valores máximos de peso seco del vástago. Las cruzas 6x7, 5x6, 5x8 y 5x7 obtuvieron el mayor rendimiento de peso seco del vástago. La línea 8 se destaca por menor altura, lo cuál no ocurre ni en condiciones de riego ni en temporal. Rood y Major (1981) señalan interacción genotipo por ambiente para esta característica y otras, una intensidad lumínica menor en invernadero y por consiguiente menor producción de fotosintatos pueden alterar el crecimiento y modificar la elongación del tallo. Por su parte, en esta investigación las líneas 6 y 9 resultaron las más precoces, al igual que cuando intervinieron en condiciones de campo. Su craza presenta una precocidad similar a las cruzas 8x9 y 3x7.

### **Aptitud Combinatoria**

Todos los progenitores presentaron valores positivos para los efectos de ACG en el peso seco del vástago (Cuadro 4.24), igualmente para altura de planta. La línea 6 se destaca por su habilidad combinatoria para peso seco del vástago; la línea 5 para altura de planta y en cuanto a días a flor se destaca el comportamiento de la línea 6 por presentar menor valor de ACG, indicativo de mayor capacidad de combinar favorablemente para precocidad.

Los efectos de ACE para las diferentes características agronómicas evaluadas se presentan en el Cuadro 4.25. La craza 6x7 se destaca por peso seco del vástago; 3x6 y 3x9 para menor altura de planta y 8x9 y 3x7 para precocidad. Ninguna craza mostró superioridad simultánea para las características evaluadas.

Cuadro 4.23 Promedios de diferentes características agronómicas en los progenitores y cruzas de maíz bajo invernadero.

| Progenitores  | Peso fresco del vástago (g) | Peso seco del vástago (g) | Altura de planta (cm) | Días a flor |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|
| Línea 3       | 364.2                       | 138.5                     | 148.5                 | 75.0        |
| Línea 5       | 393.1                       | 108.7                     | 155.0                 | 77.5        |
| Línea 6       | 373.9                       | 116.6                     | 156.0                 | 72.0        |
| Línea 7       | 372.5                       | 108.6                     | 146.0                 | 81.0        |
| Línea 8       | 289.4                       | 125.5                     | 130.0                 | 78.5        |
| Línea 9       | 310.0                       | 101.4                     | 155.0                 | 72.5        |
| Promedio      | 350.5                       | 116.5                     | 148.4                 | 76.0        |
| DMS (5%)      | 111.7                       | 32.9                      | 22.4                  | 2.97        |
| <b>Cruzas</b> |                             |                           |                       |             |
| 3x5           | 344.2                       | 145.3                     | 157.5                 | 76.5        |
| 3x6           | 330.3                       | 109.5                     | 146.0                 | 75.5        |
| 3x7           | 378.0                       | 145.9                     | 162.5                 | 73.5        |
| 3x8           | 338.0                       | 121.2                     | 156.0                 | 80.5        |
| 3x9           | 323.9                       | 128.9                     | 142.5                 | 76.5        |
| 5x6           | 402.9                       | 164.2                     | 174.0                 | 74.0        |
| 5x7           | 405.6                       | 156.8                     | 164.0                 | 75.0        |
| 5x8           | 505.5                       | 159.1                     | 151.5                 | 77.5        |
| 5x9           | 377.4                       | 130.5                     | 150.0                 | 76.5        |
| 6x7           | 478.5                       | 201.0                     | 150.0                 | 75.5        |
| 6x8           | 478.5                       | 174.1                     | 162.0                 | 75.0        |
| 6x9           | 391.2                       | 105.9                     | 171.5                 | 73.5        |
| 7x8           | 338.5                       | 107.5                     | 135.0                 | 78.0        |
| 7x9           | 321.9                       | 107.5                     | 141.5                 | 75.5        |
| 8x9           | 338.4                       | 120.5                     | 159.5                 | 70.0        |
| 8x9           | 314.7                       | 87.9                      |                       |             |
| Promedio      | 372.6                       | 137.2                     | 154.9                 | 75.5        |
| DMS(5%)       | 111.7                       | 32.9                      | 22.4                  | 2.9         |

Cuadro 4.24 Efectos de aptitud combinatoria de progenitores para diferentes características agronómicas en maíz bajo invernadero.

| Progenitor | Peso fresco del vástago | Peso seco del vástago | Altura de planta | Días a flor |
|------------|-------------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Línea 3    | -0.50                   | 0.19                  | 48.68            | 5.97        |
| Línea 5    | 2.42                    | 0.89                  | 17.98            | 1.17        |
| Línea 6    | 0.62                    | 1.60                  | 72.49            | -0.36       |
| Línea 7    | 0.55                    | 1.30                  | 37.03            | 6.36        |
| Línea 8    | 2.93                    | 0.50                  | 74.53            | 6.84        |
| Línea 9    | -1.34                   | 0.12                  | 49.26            | 5.92        |
| Se (gi)    | 0.012                   | 0.03                  | 2.45             | 0.31        |
| Se (gi-gj) | 0.018                   | 0.05                  | 3.79             | 0.50        |

Cuadro 4.25 Efectos de aptitud combinatoria específica de 15 cruzas de maíz para diferentes características agronómicas bajo invernadero.

| Cruzas      | Peso fresco del vástago | Peso seco del vástago | Altura de planta | Días a flor |
|-------------|-------------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| 3x5         | -39.15                  | 8.00                  | 1.22             | -0.10       |
| 3x6         | -36.46                  | -32.57                | -11.33           | 1.01        |
| 3x7         | 13.91                   | 11.66                 | 13.97            | -3.73       |
| 3x8         | 1.08                    | -9.57                 | 10.09            | 3.45        |
| 3x9         | 4.16                    | 13.69                 | -9.77            | 2.08        |
| 5x6         | -11.24                  | 19.39                 | 10.97            | -0.73       |
| 5x7         | -5.81                   | 19.27                 | 9.78             | -2.48       |
| 5x8         | 121.20                  | 25.08                 | -0.09            | 0.20        |
| 5x9         | 10.28                   | 12.00                 | -7.96            | 1.83        |
| 6x7         | 83.63                   | 59.19                 | -5.27            | 0.14        |
| 6x8         | 23.54                   | 35.86                 | 9.34             | -0.17       |
| 6x9         | -12.06                  | -16.82                | 12.47            | 0.95        |
| 7x8         | -43.07                  | -23.45                | -8.84            | 0.08        |
| 7x9         | -9.38                   | 5.06                  | -8.71            | 0.20        |
| 8x9         | -5.92                   | -24.02                | 11.91            | -5.10       |
| Se(sij)     | 33.57                   | 9.90                  | 7.59             | 1.00        |
| Se(sij-sik) | 50.00                   | 14.76                 | 10.00            | 1.33        |
| Se(sij-sil) | 46.37                   | 13.68                 | 9.27             | 1.23        |

## Heterosis

La cruza 5x8 expresa los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis para peso fresco del vástago (Cuadro 4.26). Las cruzas 6x7, 5x6 y 5x7 muestran altos valores en los dos tipos de heterosis para peso seco del vástago. Las cruzas 7x9 y 3x9 presentan valores favorables de heterobeltiosis para altura de planta; en días a flor se destacan por altos valores negativos (heterosis favorable) las cruzas 8x9, 5x7 y 3x7.

La cruza 8x9 en temporal, igual que bajo invernadero, para destacó por su heterosis en días a flor.

## Sistema radical

El análisis de varianza para la masa del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados (Cuadro 4.27) indicó diferencias altamente significativas en el total de los tratamientos para todos los segmentos, excepto 0-20 y 0-40 cm de profundidad. Al desglosar la varianza de tratamientos en varianza debida a progenitores y varianza debida a cruzas, se reveló que los progenitores difieren ampliamente en los segmentos 41-60, 81-100 y 40-100 cm de profundidad. Las cruzas revelan diferencias significativas para todos los perfiles, con excepción de 0-20 y 0-40 cm de profundidad, indicativo de una amplia variabilidad posible de ser utilizada en programas de mejoramiento. En la comparación de progenitores vs. cruzas se detectaron diferencias en los perfiles inferiores del suelo (61-80, 81-100, 40-100 y 61-100).

La estimación de la aptitud combinatoria general (ACG) señaló diferencias significativas en el perfil 21-40 cm de profundidad. La aptitud combinatoria específica (ACE), en todos con excepción de 0-20 y 0-40 cm de profundi-

Cuadro 4.26 Heterosis (H) y heterobeltiosis (HB) en por ciento de diferentes características agronómicas de 15 cruza de maíz bajo invernadero.

| Cruzas | Peso fresco del vástago |        | Peso seco del vástago |        | Altura de planta |       | Días a flor |        | Peso total de raíz |        |
|--------|-------------------------|--------|-----------------------|--------|------------------|-------|-------------|--------|--------------------|--------|
|        | H                       | HB     | H                     | HB     | H                | HB    | H           | HB     | H                  | HB     |
| 3x5    | -9.09                   | -12.43 | 24.39                 | 7.66   | 3.78             | 1.61  | 0.32        | -1.29  | 2.73               | -8.91  |
| 3x6    | -10.47                  | -11.64 | -13.31                | -19.22 | -4.10            | -6.41 | 2.72        | 0.66   | -18.20             | -27.52 |
| 3x7    | 2.61                    | 1.47   | 24.95                 | 8.11   | 10.35            | 9.42  | -5.76       | -9.25  | 4.95               | 1.24   |
| 3x8    | 3.41                    | -7.20  | -6.94                 | -10.22 | 12.02            | 5.05  | 4.88        | 2.54   | 91.05              | 71.84  |
| 3x9    | -3.90                   | -11.06 | 9.07                  | -4.48  | -6.09            | -8.06 | 3.72        | 2.00   | 15.89              | 3.23   |
| 5x6    | 5.06                    | 2.49   | 52.57                 | 40.86  | 11.89            | 11.53 | -1.00       | -4.51  | -22.99             | -23.12 |
| 5x7    | 6.04                    | 3.17   | 58.94                 | 58.86  | 8.97             | 5.80  | -5.36       | -7.40  | -25.30             | -31.57 |
| 5x8    | 48.12                   | 28.57  | 41.92                 | 26.77  | 6.31             | -2.25 | -0.64       | -1.27  | 57.79              | 27.76  |
| 5x9    | 7.36                    | -3.99  | 30.50                 | 28.63  | -3.22            | -3.22 | 2.00        | -1.29  | 13.21              | 12.62  |
| 6x7    | 28.21                   | 27.97  | 86.80                 | 72.38  | -0.66            | -3.84 | -1.30       | -6.79  | 16.88              | 6.90   |
| 6x8    | 17.97                   | 4.64   | 43.86                 | 38.76  | 13.28            | 3.84  | -0.33       | -4.45  | -1.38              | -20.27 |
| 6x9    | -1.01                   | -9.46  | -2.81                 | -9.13  | 10.28            | 9.93  | 1.73        | 1.37   | -24.06             | -24.59 |
| 7x8    | -2.73                   | -13.58 | -4.06                 | -14.34 | -2.17            | -7.53 | -2.19       | -3.70  | 93.56              | 68.81  |
| 7x9    | -0.82                   | -9.14  | 20.47                 | 18.77  | -5.98            | -8.70 | -1.62       | -6.79  | 11.58              | 2.71   |
| 8x9    | 5.02                    | 1.53   | -22.53                | -29.96 | 11.92            | 2.90  | -7.28       | -10.82 | 10.75              | -9.96  |

Cuadro 4.27 Análisis de varianza, aptitud combinatoria y relación ACG/ACE para el peso del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados.

| Fuente de variación | Grados de libertad | CUADRADOS MEDIOS |         |         |         |         |      |         |         |          |  |
|---------------------|--------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|------|---------|---------|----------|--|
|                     |                    | 0-20             | 21-40   | 41-60   | 61-80   | 81-100  | 0-40 | 40-100  | 60-100  | 0-100    |  |
| Repeticiones        | 1                  | 4.70             | 0.19    | 0.01    | 0.51    | 0.04    | 6.81 | 0.34    | 0.26    | 10.24    |  |
| Tratamientos        | 20                 | 1.60             | 0.69 ** | 0.86 *  | 0.79 ** | 0.24 *  | 3.64 | 4.31 ** | 1.56 ** | 12.08 ** |  |
| Progenitores        | 5                  | 1.84             | 0.42    | 1.27 ** | 0.62    | 0.47 ** | 3.51 | 3.83 ** | 0.78    | 6.34     |  |
| Cruzas              | 14                 | 1.58             | 0.80 ** | 0.77 *  | 0.83 ** | 0.24 *  | 3.79 | 4.47 ** | 1.63 ** | 14.01 ** |  |
| Prog. vs. cruzas    | 1                  | 0.74             | 0.36    | 0.03    | 1.18 *  | 1.11 ** | 2.12 | 4.54 *  | 4.54 ** | 13.75    |  |
| ACG                 | 5                  | 1.90             | 0.49 *  | 0.24    | 0.34    | 0.20    | 3.87 | 0.99    | 0.53    | 3.05     |  |
| ACE                 | 9                  | 1.40             | 0.98 ** | 1.06 ** | 1.10 ** | 0.26 *  | 3.74 | 6.41 ** | 2.25 ** | 20.1 **  |  |
| Error               | 20                 | 1.12             | 0.17    | 0.30    | 0.27    | 0.10    | 1.93 | 0.73    | 0.42    | 3.84     |  |
| ACG/ACE             |                    | 1:1              | 1:1     | 1:4     | 1:3     | 1:1     | 1:1  | 1:6     | 1:4     | 1:6      |  |
| C.V.(%)             |                    | 27.18            | 20.15   | 28      | 30      | 24      | 23.4 | 17.16   | 21.34   | 17.93    |  |

\* Significativo al 5%

\*\* Significativo al 1%

C.V. Coeficiente de variación

dad. Los componentes de varianza para ACE fueron superiores a los de ACG en los perfiles inferiores (41-60, 61-80, 40-100, 60-100 y 0-100cm). En los restantes perfiles los efectos aditivos y no aditivos actuaron proporcionalmente. Kuruvadi y Smith (1986) estudiaron aptitud combinatoria y heterosis para la masa del sistema radical en trigos duros y reportaron acción predominante de los genes no aditivos en la herencia del sistema radical.

El porcentaje del coeficiente de variación osciló entre 17.16 y 30 por ciento, para los diferentes perfiles estudiados. Las causas probables de estos valores elevados son el reducido número de repeticiones, tamaño de muestra, control inadecuado de temperatura o humedad relativa en invernadero, alta interacción de los genotipos con el medio ambiente. Resultados similares fueron reportados por Robledo (1989).

Los diferentes promedios de peso seco del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados se muestran en el Cuadro 4.28. En los progenitores, el 36.61 por ciento de la masa del sistema radical está ocupando el perfil de 0-20 cm mientras que el resto del sistema radical (63.39 por ciento) está creciendo en el perfil de 21-100 cm de profundidad. En las cruzas, el 35.22 por ciento del sistema radical fue encontrado entre 0-20 cm. En los primeros 60 cm se encontró el 74.82 por ciento del sistema radical concordando con los datos presentados por Robledo (1989) que encontró un 73.16 por ciento en la misma profundidad. Mayaki *et al.* (1976) señalan que el 64 por ciento del peso seco de las raíces se ubica en el perfil de 0-30 cm de profundidad en condiciones de riego, mientras que en temporal sólo un 39 por ciento, en los primeros 30 cm de profundidad.

Las raíces encontradas en los estratos superficiales fueron gruesas y de mayor peso con baja proporción de raíces delgadas. Más que como abastecedoras de humedad, su función primordial es la de anclaje y estabilidad

Cuadro 4.28 Promedios de peso seco del sistema radical de los progenitores y cruzas para diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados.

| Progenitores  | 0-20 | 21-40 | 41-60 | 61-80 | 81-100 | 0-40 | 41-100 | 61-100 | 0-100 |
|---------------|------|-------|-------|-------|--------|------|--------|--------|-------|
| Línea 3       | 3.15 | 1.67  | 1.59  | 1.29  | 1.26   | 4.82 | 4.14   | 2.55   | 8.95  |
| Línea 5       | 4.82 | 2.55  | 1.53  | 1.27  | 1.39   | 7.37 | 4.19   | 2.66   | 11.56 |
| Línea 6       | 2.37 | 1.63  | 1.36  | 1.03  | 0.78   | 3.99 | 3.17   | 1.82   | 7.16  |
| Línea 7       | 4.47 | 1.65  | 1.53  | 1.04  | 0.93   | 6.12 | 3.51   | 1.97   | 9.62  |
| Línea 8       | 3.06 | 1.48  | 3.47  | 2.52  | 1.06   | 4.54 | 7.05   | 3.58   | 11.59 |
| Línea 9       | 4.21 | 2.43  | 2.15  | 1.55  | 1.10   | 6.64 | 4.80   | 2.65   | 11.44 |
| Promedio      | 3.68 | 1.90  | 1.93  | 1.45  | 1.08   | 5.58 | 4.47   | 2.53   | 10.05 |
| DMS (5%)      | 2.20 | 0.86  | 1.13  | 1.07  | 0.67   | 2.90 | 1.78   | 1.36   | 4.08  |
| <b>Cruzas</b> |      |       |       |       |        |      |        |        |       |
| 3x5           | 3.73 | 1.77  | 1.80  | 1.69  | 1.52   | 5.51 | 5.02   | 3.21   | 10.53 |
| 3x6           | 3.30 | 1.37  | 1.32  | 1.14  | 1.28   | 4.66 | 3.74   | 2.42   | 8.40  |
| 3x7           | 2.78 | 2.28  | 1.77  | 1.76  | 1.15   | 5.06 | 4.68   | 2.91   | 9.74  |
| 3x8           | 3.72 | 2.68  | 3.41  | 3.41  | 2.16   | 6.41 | 8.97   | 5.56   | 15.38 |
| 3x9           | 4.43 | 2.08  | 2.06  | 1.55  | 1.69   | 6.51 | 5.30   | 3.24   | 11.81 |
| 5x6           | 3.47 | 1.72  | 1.25  | 1.12  | 1.37   | 5.18 | 3.73   | 2.48   | 8.91  |
| 5x7           | 2.92 | 1.65  | 1.42  | 1.15  | 0.77   | 4.57 | 3.35   | 1.92   | 7.91  |
| 5x8           | 5.47 | 3.04  | 2.24  | 2.11  | 1.91   | 8.51 | 6.26   | 4.02   | 14.77 |
| 5x9           | 5.24 | 1.80  | 2.05  | 2.10  | 1.84   | 7.05 | 5.97   | 3.93   | 13.02 |
| 6x7           | 4.28 | 2.38  | 2.30  | 1.99  | 1.46   | 6.66 | 5.74   | 3.44   | 12.39 |
| 6x8           | 3.62 | 1.44  | 1.41  | 1.58  | 1.20   | 5.05 | 4.19   | 2.77   | 9.24  |
| 6x9           | 3.05 | 2.01  | 1.29  | 1.22  | 1.19   | 5.05 | 3.69   | 2.40   | 8.74  |
| 7x8           | 5.49 | 3.63  | 2.97  | 2.81  | 1.36   | 9.11 | 7.00   | 4.16   | 16.24 |
| 7x9           | 4.46 | 2.24  | 2.02  | 1.55  | 1.48   | 6.70 | 5.05   | 3.03   | 11.75 |
| 8x9           | 3.68 | 1.43  | 1.76  | 2.16  | 1.26   | 5.11 | 5.18   | 3.42   | 10.30 |
| Promedio      | 3.97 | 2.10  | 1.93  | 1.82  | 1.44   | 6.07 | 5.19   | 3.26   | 11.27 |
| DMS(5%)       | 2.20 | 0.86  | 1.13  | 1.07  | 0.67   | 2.90 | 1.78   | 1.36   | 4.08  |

de la planta. Robles (1985) menciona que en maíz se presenta un sistema radical fibroso en la corona de la planta y luego se ramifica en raíces secundarias, terciarias, hasta rematar en cada uno de los pelos radicales, los que presentan la mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes. Estos millones de pelos radicales, de poco peso, son fisiológicamente activos durante la floración hasta madurez fisiológica del grano. Los híbridos produjeron un 12.1 por ciento más de sistema radical total que los progenitores. En cada estrato se nota esta leve superioridad. Los progenitores 8 (11.59 g), 5 (11.56 g) y 9 (11.44 g) forman el grupo estadísticamente superior en peso seco total del sistema radical y las cruzas 7x8 (16.24 g), 3x8 (15.38 g), 5x8 (14.77 g), 5x9 (13.02 g) y 6x7 (12.39 g) superan al mejor progenitor. Probablemente estos genotipos puedan absorber mayor cantidad de agua y puedan tener algún mecanismo de resistencia a sequía a través de la evasión. Estas líneas pueden utilizarse como progenitoras en programas de hibridación para incorporar un mejor sistema radical en genotipos altamente rendidores bajo sequía. Parsons (1987) menciona que una mayor proliferación radical permitirá la exploración de un mayor volumen de suelo y como consecuencia una sobrevivencia más prolongada de la planta. Kuruvadi y Aguilera (1990) reportan que la proporción de masa del sistema radical depende de la constitución genética, medio ambiente, condición de crecimiento (riego-sequía), profundidad, estructura, aereación y disponibilidad de oxígeno del suelo.

En los progenitores e híbridos un 25.17 y 28.92 por ciento de la masa del sistema radical, respectivamente, están creciendo en el perfil 61-100 cm de profundidad.

### **Aptitud combinatoria**

La línea 8 registró el máximo valor positivo en los efectos de ACG en todos los perfiles evaluados (Cuadro 4.29). Se destaca del resto de los progenitores y constituye un buen genotipo para ser tenido en cuenta en programas de hibri-

**Cuadro 4.29 Efectos de aptitud combinatoria de progenitores para el peso seco del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotronos modificados.**

| Progenitores | Perfiles (cm) |       |       |       |        |       |        |        |       |  |
|--------------|---------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--|
|              | 0-20          | 21-40 | 41-60 | 61-80 | 81-100 | 0-40  | 41-100 | 61-100 | 0-100 |  |
| Línea 3      | -0.26         | 0.03  | 0.38  | 0.43  | 0.09   | -0.53 | 2.94   | 1.00   | 3.32  |  |
| Línea 5      | 0.38          | 0.18  | 0.00  | 0.02  | 0.07   | 1.00  | 0.71   | 0.28   | 3.31  |  |
| Línea 6      | -0.34         | 0.03  | 0.94  | 0.33  | -0.01  | -0.62 | 2.66   | 0.32   | 2.57  |  |
| Línea 7      | 0.63          | 0.57  | 0.11  | 0.18  | 0.05   | 1.99  | 1.28   | 0.41   | 6.79  |  |
| Línea 8      | 1.00          | 0.79  | 0.82  | 1.07  | 0.23   | 3.53  | 6.11   | 2.34   | 17.95 |  |
| Línea 9      | -0.23         | 0.12  | 0.03  | 0.00  | 0.04   | -0.50 | 0.34   | 0.10   | -0.19 |  |
| Se (gi)      | 0.22          | 0.09  | 0.12  | 0.11  | 0.07   | 0.31  | 0.19   | 0.14   | 0.44  |  |
| Se (gi-gj)   | 0.36          | 0.14  | 0.19  | 0.18  | 0.11   | 0.49  | 0.13   | 0.23   | 0.69  |  |

dación con líneas altamente rendidoras. Cinco de las seis líneas presentaron valores positivos para ACG para el total de la masa del sistema radical. Las líneas 8 y 7 fueron las mejores combinadoras para incorporar mejor sistema radical en sus progenies.

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) para el peso seco del sistema radical se presentan en el Cuadro 4.30. Las cruzas 7x8 (4.745), 3x8 (4.326) y 5x8 (3.148) manifestaron los valores positivos más altos para ACE en el total de la masa radical. Estas cruzas pueden explorarse en el futuro para alto potencial del sistema radical.

## Heterosis

Los valores de heterosis y heterobeltiosis para peso seco total del sistema radical se muestran en el Cuadro 4.26. En ambos tipos de heterosis se observa un amplio rango de valores. Las cruzas 3x8 (71.84 por ciento), 7x8 (68.81 por ciento) y 5x8 (27.76 por ciento) muestran los valores más elevados de heterobeltiosis. Son las mismas cruzas que arrojaron los valores más elevados de aptitud combinatoria específica. La heterosis y heterobeltiosis varió entre - 25.30 a 93.56 y - 31,57 a 71.84 para el total del peso seco del sistema y 10 y 8 de los híbridos presentaron valores positivos para H y HB, respectivamente.

## Correlaciones

En el Cuadro 4.32 se muestran las correlaciones fenotípicas entre pares de variables evaluadas. Se encontró correlación significativa y negativa entre días a flor y altura de planta; positiva y significativa entre altura de planta y peso seco del vástago como entre peso fresco y peso seco del vástago. La falta de asociaciones entre el peso seco del sistema radical y peso seco del vástago, puede deberse a que el corte de la planta se produjo en momentos en que se

**Cuadro 4.30** Efectos de aptitud combinatoria de 15 cruzas de maíz para el peso seco del sistema radical en diferentes perfiles del suelo en rizotrones modificados.

| Cruzas | Perfiles (cm) |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
|--------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|        | 0-20          | 21-40  | 41-60  | 61-80  | 81-100 | 0-40   | 41-100 | 61-100 | 0-100  |  |
| 3x5    | -0.188        | -0.267 | 0.088  | 0.123  | -0.034 | -0.455 | 0.177  | 0.089  | -0.278 |  |
| 3x6    | 0.204         | -0.275 | -0.732 | -0.599 | -0.081 | -0.072 | -1.412 | -0.680 | -1.484 |  |
| 3x7    | -0.941        | 0.187  | -0.162 | 0.112  | -0.143 | -0.754 | -0.193 | -0.031 | -0.947 |  |
| 3x8    | 0.274         | 0.592  | 1.358  | 1.414  | 0.689  | 0.865  | 3.461  | 2.103  | 4.326  |  |
| 3x9    | 0.652         | 0.119  | 0.138  | -0.136 | 0.199  | 0.771  | 0.201  | 0.063  | 0.972  |  |
| 5x6    | -0.400        | -0.119 | -0.588 | -0.445 | 0.020  | -0.519 | -1.014 | -0.425 | -1.532 |  |
| 5x7    | -1.584        | -0.637 | -0.293 | -0.319 | -0.502 | -2.221 | -1.114 | -0.821 | -3.335 |  |
| 5x8    | 1.235         | 0.753  | 0.402  | 0.293  | 0.465  | 1.988  | 1.160  | 0.758  | 3.148  |  |
| 5x9    | 0.689         | -0.350 | 0.337  | 0.583  | 0.360  | 0.339  | 1.279  | 0.943  | 1.619  |  |
| 6x7    | 0.608         | 0.495  | 0.242  | 0.349  | 0.376  | 1.103  | 0.966  | 0.725  | 2.069  |  |
| 6x8    | 0.217         | -0.446 | -0.758 | -0.413 | -0.052 | -0.229 | -1.224 | -0.466 | -1.453 |  |
| 6x9    | -0.674        | 0.252  | -0.754 | -0.468 | -0.087 | -0.422 | -1.310 | -0.556 | -1.732 |  |
| 7x8    | 1.458         | 1.292  | 0.917  | 0.907  | 0.171  | 2.749  | 1.995  | 1.078  | 4.745  |  |
| 7x9    | 0.112         | 0.039  | 0.092  | -0.038 | 0.271  | 0.151  | 0.324  | 0.233  | 0.475  |  |
| 8x9    | -0.399        | -0.772 | -0.283 | 0.220  | -0.117 | -1.171 | -0.181 | 0.102  | -1.352 |  |

Cuadro 4.31 Correlaciones entre diferentes características agronómicas de 21 poblaciones de maíz bajo invernadero.

| Característica          | Altura de planta | Peso fresco del vástago | Peso seco del vástago | Peso total de raíz |
|-------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| Días a flor             | -0.42 **         | 0.06                    | -0.03                 | 0.23               |
| Altura de planta        |                  | 0.28                    | 0.31 *                | -0.16              |
| Peso fresco del vástago |                  |                         | 0.63 **               | 0.13               |
| Peso seco del vástago   |                  |                         |                       | -0.05              |

\* Significativo al 5 por ciento

\*\* Significativo al 1 por ciento

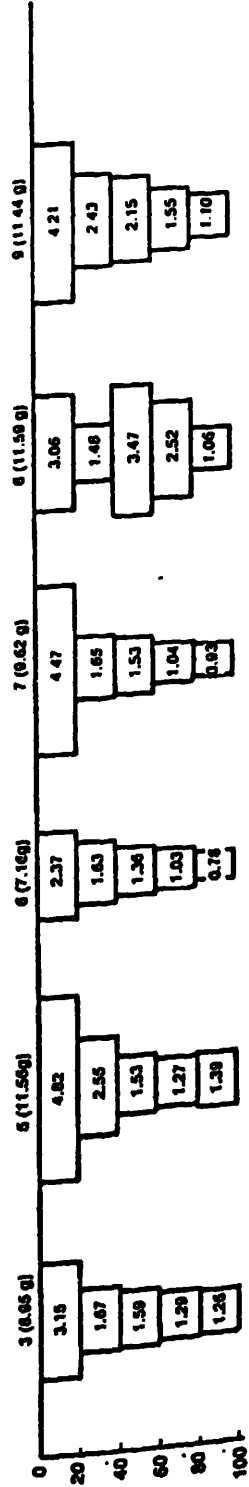
iniciaba el crecimiento de la inflorescencia femenina y el desarrollo foliar no se había completado. Robledo (1989) encuentra asociación positiva y significativa entre peso seco del tallo y altura de la planta ( $r=0.73$ ) y entre peso seco del tallo y peso seco de la raíz ( $r=0.492$ ).

### Modelo de raíces

Los modelos de raíces de seis progenitores y 15 cruzas se muestran en la Figura 4.1. La línea 8 mostró un buen patrón de crecimiento radicular pues presenta altos valores de la masa radical entre 60-100 cm (3.58 g). Esta característica es útil para extraer agua de los horizontes más profundos del suelo y le permite disminuir el déficit de humedad que se pueda presentar entre floración y madurez fisiológica del grano. La sequía en floración se agudiza debido a una alta demanda transpiratoria del cultivo, alta radiación y a la máxima amplitud foliar en esa etapa, y a la vez coincide con la disminución del crecimiento radical (Soriano y Montaldi, 1980). El rendimiento de la línea 8 fue elevado en riego y temporal, posiblemente como resultado de la amplia exploración del sistema radical. Las cruzas en donde interviene la línea 8 presentan comportamiento que se asemejan a ella: 3x8, 7x8 y 8x9.

El patrón de crecimiento radical de la línea 5 muestra un elevado peso seco total de la masa radical (11.56 g) pero con elevada masa radical en el estrato más profundo (1.39 g). El híbrido 7x9 produjo mas o menos igual modelo de raíces que su progenitor 9. Además las cruzas 5x8 y 5x9, que son medio hermanas, produjeron similar modelo de crecimiento del sistema radical en diferentes perfiles. La misma tendencia se observa en las cruzas 5x6 y 6x8, cuyo progenitor común es la línea 6. El híbrido 5x7 produjo patrón de crecimiento semejante a su Progenitor 7.

PROGENITORES



HIBRIDOS

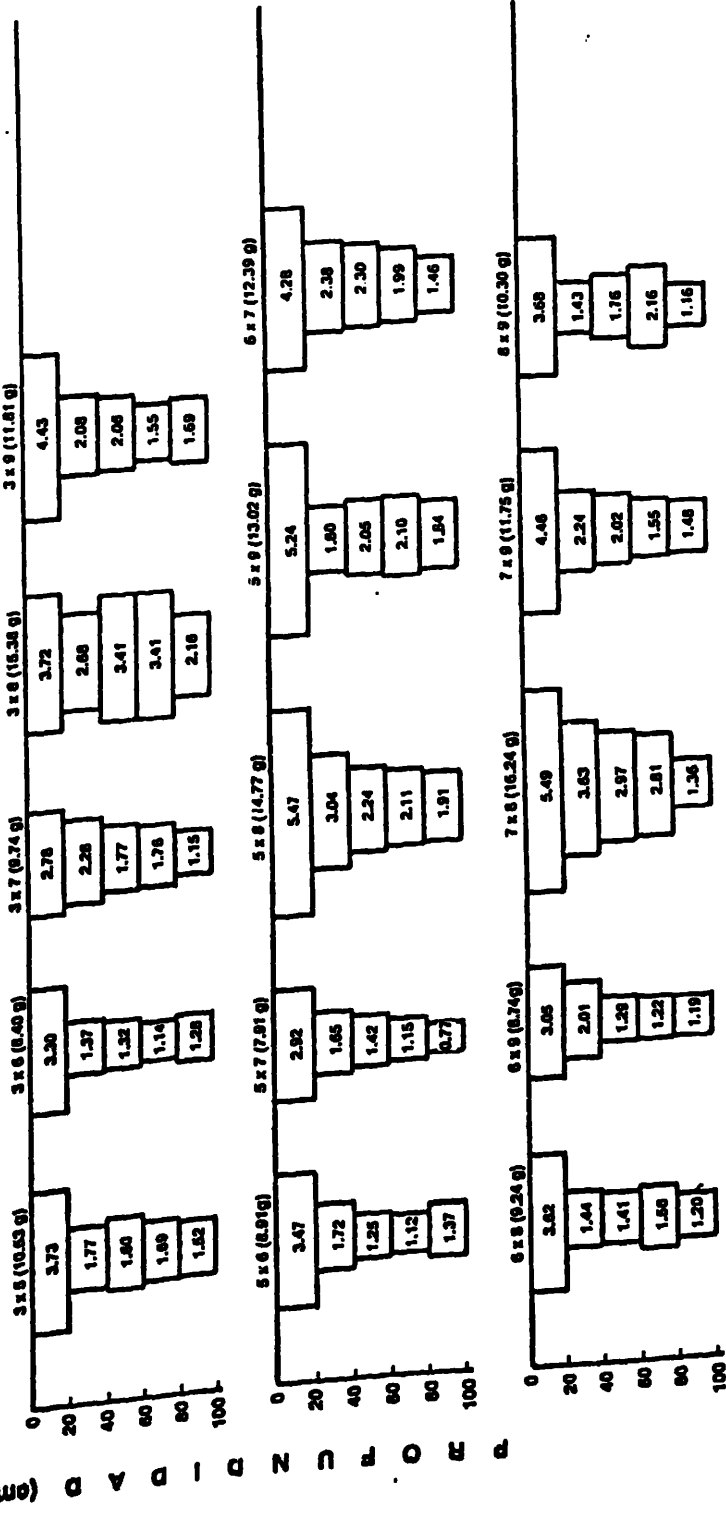


Figura 4.1. Modelos de raíces de 6 progenitores y sus 15 híbridos en maíz

## 5. CONCLUSIONES

1. La evaluación bajo condiciones de riego manifestó amplia variabilidad genética entre tratamientos para todas las características evaluadas, excepto intervalo de floración, mientras que en temporal los tratamientos para rendimiento, mazorcas por planta e intervalo de floración, no presentaron significancia estadística.
2. Existe una variabilidad considerable para la mayoría de las características estudiadas en los progenitores e híbridos bajo riego y temporal.
3. Los efectos aditivos de los genes juegan un papel muy importante para todas las características estudiadas, excepto el rendimiento en riego y el intervalo de floración bajo temporal. El complejo carácter rendimiento está controlado por genes no aditivos bajo riego y genes aditivos bajo temporal.
4. La línea progenitora 9 sobresalió en rendimiento, sus componentes y características agronómicas simultáneamente bajo riego y temporal.
5. La línea 5 fue identificada como combinadora superior para rendimiento; 4 para mazorcas por planta; 11, 7 y 8 para número de granos por hi-

lera y 5 para peso de 1000 granos simultaneamente en ambos ambientes.

6. Las cruzas 5x10, 2x6, 4x8 para rendimiento; 2x6 y 5x11 para índice de cosecha; 2x6 y 4x7 para mazorcas por planta; 1x4 y 5x8 para hileras de grano por mazorca; 4x8 y 7x11 para número de granos por hilera; 1x6 y 2x12 para peso de 1000 granos; 10x12y7x10 para días a flor; 4x9 ,4x6 y 1x6 para altura de mazorca y de planta; 10x12 y 7x11 para intervalo de floración manifestaron altos valores en la dirección deseable para ACE en condiciones de riego.
7. Las cruzas 5x9y6x11 para rendimiento; 4x8, 1x12y 11x12 para índice de cosecha; 2x4 y 4x9 para mazorcas por planta; 7x8 y 4x9 para hileras de grano por mazorca; 7x8 y 5x11 para número de granos por hilera; 4x5 y 1x3 para peso de 1000 granos; 3x5 y 8x10 para días a flor; 6x8 y 2x9 para altura de mazorca; 2x3 y 4x7 para altura de planta; 10x12 y 4x6 para intervalo de floración expresaron altos valores en la dirección deseable de ACE bajo temporal.
8. Los híbridos produjeron 5,84 y 5.80 por ciento más de rendimiento en comparación con los progenitores, bajo riego y temporal, respectivamente. La heterobeltiosis varió entre -18.94 a 28.78 y -17.94 a 48.78 por ciento para rendimiento de grano bajo riego y temporal, respectivamente. Se encontró heterobeltiosis en 52 y 36 híbridos de las 66 estudiadas en cada ambiente, respectivamente. Las cruzas 2x6 y 5x10 tuvieron los valores más altos y positivos en los tres tipos de heterosis para rendimiento en riego y los híbridos 8x9 y 6x11 sobresalieron en temporal.

9. Existe una correlación positiva y significativa entre rendimiento con diferentes características tales como: número de mazorcas por planta, número de granos por hilera, peso de 1000 granos y altura de planta, en ambos ambientes.
10. Los valores del índice de sequía fueron más o menos similares para progenitores e híbridos.
11. Existe una marcada diferencia entre los tratamientos y cruzas en la masa seca total del sistema radical y en la mayoría de los diferentes perfiles estudiados. La línea 8 fue identificada como combinadora superior para el total de la masa seca del sistema radical y los híbridos 7x8, 3x8 y 5x8 presentaron altos valores de ACE. Los mismos híbridos y las líneas 8, 5 y 9 produjeron los mayores pesos secos del sistema radical total. El progenitor 8 está involucrado en la producción de los mejores híbridos para el sistema radical. La heterosis varió entre -31.57 a 71.84 por ciento sobre su respectivo progenitor superior para masa seca total del sistema radical.
12. Los progenitores 8 y 5 produjeron un excelente modelo del sistema radical en los cinco perfiles de suelo estudiados. Se encontraron más o menos el mismo patrón de crecimiento del sistema radical entre el progenitor 9 y su híbrido 7x9; el progenitor 7 y el híbrido 5x7 y el progenitor 6 y sus híbridos 5x6 y 6x8.

## 6. RESUMEN

En las localidades de Parras y Celaya se evaluaron bajo riego 90 líneas S<sub>1</sub> de maíz originadas en una población con amplia variabilidad genética y se seleccionaron las 12 líneas sobresalientes utilizando el índice de selección de ponderación libre propuesto por Elston (1963) en el que se incluyeron características como rendimiento, días a flor, aspecto, sincronización floral y altura de mazorca y planta. Estas líneas superiores intervinieron en una cruce dialélica dando origen a 66 cruces que, con sus progenitores, se evaluaron bajo riego y temporal para estimar la ACG, ACE, heterosis y correlaciones para diferentes características agronómicas. Además bajo condiciones de invernadero se estudiaron 21 poblaciones de maíz (6 progenitores y 15 cruces) para estimar acción de genes y patrón de crecimiento de raíces. La estimación de la aptitud combinatoria se realizó en el marco del Método II y Modelo I de la serie de análisis dialélicos de Griffing (1956).

El experimento bajo condiciones de riego y temporal fue establecido en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias significativas para tratamientos en todas las características analizadas. La línea 9 sobresalió para rendimiento en ambos ambientes con valores de 6100 y 561.3 kg/ha, respectivamente. En riego el rango de rendimiento fue de 5311 (3x4) a 7677 (2x6) y 15 de ellos superaron los 7000 kg/ha. En temporal, el rango fue de 402.70 (3x8) a 724.60 (5x9) con un valor promedio de 490.2 kg/ha. El

híbrido 5x9 supera ampliamente al resto de los participantes. El análisis de varianza para ACG mostró diferencias significativas para mazorcas por planta, número de hileras de granos por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, días a flor, altura de planta, altura de mazorca, intervalo de floración e índice de cosecha bajo condiciones de riego y temporal simultáneamente. Estos caracteres manifestaron acción predominante de la varianza aditiva pero el rendimiento de granos en condiciones de riego manifestó acción génica no aditiva y en condiciones de temporal varianza aditiva.

La proporción de ACG/ACE mostró una gran diferencia a favor de ACG para nueve de las 10 características analizadas bajo riego y temporal; en riego el rendimiento manifestó preponderancia de genes no aditivos y el intervalo de floración, en condiciones de temporal, presentó aporte similar de ambos tipos de genes.

En condiciones de riego las líneas progenitoras 7,6 y 5 produjeron altos valores de ACG para el rendimiento y varias características agronómicas. En temporal se destacaron las líneas 5 y 9 como buenas combinadoras.

En riego sólo la cruce 2x6 presenta altos valores de ACE simultáneamente para rendimiento, índice de cosecha y mazorcas por planta. Ello podría obedecer al hecho de que los progenitores seleccionados para el dialélico también tenían dispersas estas superioridades.

La heterobeltiosis varió en condiciones de riego entre -16.43 a 26.18 por ciento para el rendimiento, -10.80 y 11.88 por ciento para mazorcas por planta, -15.00 y 12.49 por ciento para hileras por mazorca, -12.08 y 21.85 por ciento para granos por hilera, -25.14 y 37.29 por ciento para peso de 1000 granos y -29.16 y 20 por ciento para el índice de cosecha. Los valores de dispersión de la heterobeltiosis en condiciones de temporal son: entre -17.94 y 48.78 por ciento para

rendimiento, -23.07 y 56.25 por ciento para mazorcas por planta, -38.45 y -3.13 por ciento para hileras de grano por mazorca, -46.25 y 39.65 por ciento para granos por hilera, -59.26 y 41.34 por ciento para peso de 1000 granos y -24.32 y 27.58 por ciento para el índice de cosecha.

En condiciones de riego los valores promedios de heterobeltiosis para rendimiento, mazorcas por planta, hileras de granos, granos por hilera, peso de 1000 granos, índice de cosecha e intervalo de floración fueron: 6.58, -1.95, -2.22, 4.42, 3.11, -3.73 y -14.84, respectivamente. En temporal los valores promedios de heterobeltiosis para las mismas características fueron: 1.49, -6.29, -14.42, -2.08, -6.44, -1.44 y -6.04, respectivamente.

El rendimiento de grano se asoció positiva y significativamente con el número de mazorcas por planta, número de granos por hilera, altura de planta y peso de 1000 granos en condiciones de riego y temporal simultáneamente. Se detectaron correlaciones positivas y significativas entre diferentes pares de características agronómicas. Se registraron valores del índice de sequía más o menos similares para progenitores e híbridos.

Para la evaluación del sistema radical se utilizaron bolsas de polietileno negro de 110 cm de longitud por 23 cm de diámetro. A floración las bolsas fueron seccionadas en estratos de 20 cm, lavados con agua a presión suave y secados en estufa a 60°C durante 24 hr para determinar su peso seco. Las líneas 8, 5 y 9 y los híbridos 7x8, 3x8 y 5x8 produjeron los mayores pesos secos del sistema radical. La línea 8 se destacó por ser mejor combinadora para la masa total del sistema radical. Los progenitores 5 y 8 produjeron excelente modelo de crecimiento radical. Se halló más o menos el mismo modelo de crecimiento entre el progenitor 9 y la cruz 7x9; progenitor 7 y el híbrido 5x7 y el progenitor 6 y los híbridos 5x6 y 6x8.

## 7. LITERATURA CITADA

- Allard, R. N. 1980. Principio de la mejora genética de las plantas. Traducido al español por José L. Montoya Ed. Omega S. A. Barcelona. España. p. 276-294.
- Baker, R. J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18(4):533-536.
- Bauman, L. F. 1959. Evidence of non-allelic gene interaction in determining yield, ear height, and kernel - row number in corn. *Agron. J.* 51:531-534.
- Beck, D. L. , S. K. Vasal and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Maydica.* 35:279-285.
- Bhan, S. , H. G. Singh and A. Singh. 1973. Note on root development as an index of drought resistance on sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian J. Agric. Sci.* 43(8):828-830.
- Blum, A. 1974. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: a case for sorghum. p. 429-445. Mussell H. and R. C. Staples, eds. *Stress Physiology in Crop Plants.* Wiley, Interscience. New York.

Bolaños, J. and G. O. Edmeades. 1989. Cambios en la población Tuxpeño Sequía después de ocho ciclos de mejoramiento para resistencia a sequía. Paper presented at the XXV Meeting of the PCCMCA, April 2-9, 1989. San Pedro Sula, Honduras.

---

\_\_\_\_\_ .1990. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *Agronomía Mesoamericana*. Vol 1: 45-50.

Bonaparte, E. E. N. A. 1977. Diallel analysis of leaf number and duration to mid-silk in maize. *Can. J. Genet. Cytol.* 19: 251-258.

Boyer, J. S. and H. G. Mc Pherson. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. *Adv. Agron.* 27:1-23.

Cadwell, M. M. 1976. Root extension and water absorption. In Lange, O. L., L. Kappen, and E.D. Schulze eds. *Water and Plant Life. Ecological studies*. Berlín. Heidelberg. New York. Springer-Verlag. 19:63-85.

Cárdenas, R. P. 1983. Evaluación de adaptación, variación y correlación de catorce genotipos de guayule. Tesis Doctorado. U.A.A.A.N. Saltillo. Coahuila. Mexico. 87 p.

Chase, S. S. and D. K. Nanda. 1967. Number of leaves and maturity classification in *Zea mays* L. *Crop Sci.* 7(1): 431-433.

Cortéz, H.M., A. C. Rodríguez, M. G. Gutierrez, J. I. Durán, R. G. Girón y M. G. Oyervides. 1981. Evaluation of broad-base improvement populations of maize (*Zea mays* L.) I. Cumulative gene effects and heterosis. UAAAN. Res. Pub. p. 1-43. Buenavista. Saltillo. Coahuila.

Cross, H. Z. and M. S. Zuber. 1973. Interrelationships among plant height, number of leaves and flowering dates in maize. *Agron. J.* 65: 71-74.

\_\_\_\_\_. 1977. Interrelationships among yield stability and yield components in early maize. *Crop Sci.* 17: 741-745.

\_\_\_\_\_. 1986. Breeding for improvement relative growth rates in early maize. p. 61. In *Agronomy Abstracts*. ASA. Madison, WI.

\_\_\_\_\_. 1990. Selecting for rapid leaf expansion in early maturing maize. *Crop Sci.* 30: 1029-1032.

Daynard, T. B. and L. W. Kannenberg. 1976. Relationship between length of the actual and effective grain filling periods and grain yield of corn. *Can. J. Plant Sci.* 56:237-242.

Donald, C. M. 1962. In search of yield. *J. Aust. Agric. Sci.* 28:171-178.

\_\_\_\_\_ and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* 28:361-405.

Edmeades, G. O. , H. R. Lafite, and J. Bolaños. 1990. Selection for abiotic stress tolerance in maize. Paper presented at the Fourth Meeting of the Asian Regional Maize Program. September 22 - 27. Islamabad. Pakistan.

Elston, R. C. 1963. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics.* 19:85-97.

- Falconer, D. S. 1964. Introducción a la Genética Cuantitativa. Traducido al español por F. M. Sánchez. Ed. Continental S. A. de C. V. México. p. 264-272.
- Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.
- Fischer, K. S. , E. C. Johnson and G. O. Edmeades. 1983. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. CIMMYT. El Batán. México. 20 p.
- Fonseca, S. and F. L. Patterson. 1969. Yield component heritabilities and interrelationship in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Sci. 8(5):614-617.
- Foth, H. D. 1962. Root and top growth of corn. Agron. J. 54:49-52.
- Gamble, E. E. 1962a. Gene effects in corn (*Zea mays* L.). I- Selection and relative importance of gene effects for yield. Canadian J. Plant Sci. 42:339-348.
- \_\_\_\_\_. 1962b. Gene effects in corn (*Zea mays* L.). II- Relative importance of gene effects for plant height and certain components attributes of yield. Canadian J. Plant Sci. 42:349-358.
- Giesbrecht, J. 1961. The inheritance of ear height in *Zea mays*. Can. J. Genet. Cytol. 3:26-33.

- Goldsworthy, P. R. 1974. Fisiología del maíz. Tema 9. CIMMYT ed. Memoria: El mejoramiento del maíz a nivel mundial en la década del setenta y el papel del CIMMYT. El Batán. México.
- Goodman, M. M. 1965. Estimates of genetic variance in adapted and exotic population of maize. Crop Sci. 5: 87-90.
- Graffius, J. E. 1959. Heterosis in barley. Agron. J. 51: 551-554.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.
- Hallauer, A. R., W. A. Russell and K. R. Lamkey. 1988. Corn breeding. p. 463-564. in G. F. Sprague and J. W. Dudley ( ed ). Corn and corn improvement. 3rd. ed. Agron. Monogr. 18 ASA , Madison , WI.
- \_\_\_\_\_ and J. B. Miranda Filho. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. In Ed. Iowa State University Press. Ames. IA . EUA.
- \_\_\_\_\_. 1990. Methods used in developing maize in bred. Maydica. 35:1-16.
- Harville, B. G., L. M. Josephson, and H. C. Kincer. 1978. Diallel analysis of ear height and associated characters in corn. Crop Sci. 18:273-275.
- Hazel, L. M. 1943. The genetic basis of constructing selection indices. Genetics. 23:476-490.

Hunter, R. B. and L. A. Kannenberg. 1970. The effect of different growth systems on dry matter production in maize. Am. Soc. Agron. Abstr. p.33.

\_\_\_\_\_, L. A. Hust and L. W. Kannenberg. 1974. Photoperiod and temperature effects on corn. Can J. Plant Sci. 54:71-78.

\_\_\_\_\_, 1977. Growing corn and sorghum in short season areas. p. 58-71. In Proc. thirty-second Annu. Corn and Sorghum. Res. Conf., Am. Seed Trade Assoc. Washington, D.C.

\_\_\_\_\_. 1980. Increased leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20:571-574.

Hurd, E. A. 1968. Growth of roots of seven varieties of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and height and low moisture levels. Agron. J. 60(2):201-205.

Jenkis, M. T. 1929. Correlation studies with inbred and crossbred strains of maize. J. Agric. Res. 39:677-721.

Jenkis, M. T. 1935. The effects of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. Iowa State Col. Jour. Sci. 9:429-450.

\_\_\_\_\_. 1940. The segregation of genes affecting yield of grain of maize. J. Am. Soc. Agron. 32:55-63.

Johnson, I. J. and H. K. Hayes. 1940. The combining ability of inbred lines of Golden Bantam sweet corn. J. Am. Soc. Agron. 28:246-252.

Johnson, G. R. 1973. Relationship between yield and several yield components in a set of maize hybrids. *Crop Sci.* 13:649-651.

Johnson, E. C. and K. S. Fischer. 1979. Ideas for the improvement of efficiency of maize varieties. Proc. XXV. Am. Meeting of the Central Amer. Coop. Prog. for the Improvement of Food Crops.(PCC MCA). Tegucigalpa. Honduras.

\_\_\_\_\_. 1981. Patrones de heterosis en poblaciones de maíz del CIMMYT. Memorial Reunión Anual de PCCMCA 27:M10/1-32.

Johnson, B.; C. O. Gardner and K. C. Wrede. 1988. Application of an optimization model to multi-trait selection program. *Crop Sci.* 28:723-728.

Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. G. R. Piña. Limusa. México. D. F.

Kempthorne, O. and A. W. Nordskog. 1959. Restricted selection indices. *Biometrics.* 15:10-19.

Kuruvadi, S. and T. F. Townley Smith. 1987. Combining ability and heterosis for root potencial in durum wheat. *RACHIS.* 6(2):33-36.

\_\_\_\_\_. 1988. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. *Turrialba.* 38(4):267-271.

\_\_\_\_\_ and D. M. Aguilera. 1990. Patrones del sistema radical en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba.* 40(4):491-498.

- Leng, E. R. 1954. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. *Agron. J.* 46:502-506.
- \_\_\_\_\_. 1963. Component analysis in inheritance studies of grain yield in maize. *Crop Sci.* 3(3): 187-190.
- Lonnquist, J. H. 1950. The effect of selection for combining ability within segregating lines of corn. *Agron. J.* 42:503-508.
- López G., M. A. 1986. Aptitud combinatoria, heterosis y acción del gen braquítico-2 para características cuantitativas en maíz bajo temporal y riego. Tesis M. C. Especialidad Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista. Coahuila. México.
- Lorenzoni, C. 1964. Results of biometric-genetic analysis of certain characters showing continuous variation in a cross of *Zea mays*. *Genet. Agron.* 18:435-438.
- Malm, N. R. 1968. Exotic germplasm use in grain sorghum improvement. *Crop Sci.* 8:295-298.
- Márquez, S. F. 1988. Notas sobre metodología de mejoramiento genético (alógamas). En: Depto de Fitotecnica, UACH. Chapingo. México.
- Mayaki, W. C., L. R. Stone and I. D. Teare. 1976. Irrigated and non-irrigated soybean, corn and grain sorghum root-systems. *Agron. J.* 68:534-562.
- Mock, J. J. and R. B. Pearce. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica.* 24:613-623.

- Moll, R. H., J. H. Lonquist, J. V. Fortuno, and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterotic and genetic divergence in maize. *Genetics* 52:139-144.
- Muñoz, O. A. 1978. Técnicas de investigación para resistencia a sequía y heladas en maíz. VIII Reunión de maiceros de la zona andina y I Reunión Latinoamericana de maíz. Del 21 al 27 de mayo de 1978. Lima. Perú.
- \_\_\_\_\_. 1980. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. *Ciencia y desarrollo*. 33(4):26-35.
- Navarro, F. V., W. C. Youngquist, W. A. Compton. 1992. Estimación de varianzas genéticas en maíz de líneas S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub>. *Agronomía Mesoamericana*. 3:14-26.
- Nevado, M. E. and H. Z. Cross. 1990. Diallel analysis of relative growth rates in maize synthetics. *Crop Sci.* 3:549- 552.
- Ogatha, S., H. Saneoka, K. Fujita and K. Matsumoto. 1985. Nutritio-physiological evaluation of the drought resistance of warm season forage species. *Journal of Japanese Society of Grassland Science* 31(2):159-166. (Abstract No 769 in *Maize Abstracts*, 1986).
- Parsons, L. R. 1987. Respuesta de la planta a las deficiencias de agua. En: *Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables*. Christiansen, M.M. y Ch. F. Lewis Ed. Limusa. México. p. 211-231.

- Passioura, J. B. 1981. The interaction between the physiology and the breeding of wheat. Evans, L. T. and W. J. Peacock, eds. *Wheat Science-today and tomorrow*. Univ. Press. Cambridge. p. 191-200.
- Pesek, J. and R. J. Baker. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian J. Plant Sci.* 49:803- 804.
- Prihar, S. S. and B. A. Stewart. 1990. Using upper-bound slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agron. J.* 82:361-405.
- Poehlman, J. M. 1971. *Mejoramiento genético de las cosechas*. Limusa. México. D. F.
- Powers, L. R. 1950. Partitioning method of genetic analysis applied to quantitative characters of tomato crosses. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. No 998.
- \_\_\_\_\_. 1955. Components of variance method and partitioning method of genetic analysis applied to quantitative characters of tomato crosses. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. No 1131.
- Queme, J. L. , L. Larios , C. Pérez , N. Soto y H. Córdoba. 1990. Aptitud combinatoria en líneas de maíz (*Zea mays* L.) en distinto grado de endogamia , derivadas de 4 familias de hermanos completos progenitores de un híbrido doble. Guatemala. 1990. Trabajo presentado en la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA, República de Panamá, 18-21 de marzo de 1991.
- Reyes V. , M. H., R. Aguilera F. y E. López P. 1990. Two selection indexes for seed yield and oil percentage in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Proc. Sunflower Res. Workshop. EE. UU. p. 10-15.

- Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Harvey. 1949. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.* 41:353-359.
- Robledo T., V. 1989. Comportamiento de características cuantitativas y patrones de crecimiento radical en relación con la resistencia a sequía en maíz (*Zea mays* L.). Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 106 p. México.
- Robles S., R. 1985. Producción de granos y forrajes. 4 ed. LIMUSA. México. p 28-29.
- Rojas, B. A. and G. F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific ability and their interaction with location and year. *Agron. J.* 44:462-466.
- Rood, S. B. and D. J. Major. 1981. Diallel analysis of early maturity maize. *Crop Sci.* 21:867-873.
- Russell, W. K. , S. A. Eberhart and U. A. Vega. 1974. Recurrent selection for specific combining ability for yield in two maize populations. *Crop Sci.* 13:257-61.
- Sharp, R. E. and W. S. Davies. 1985. Root growth and water uptake by maize plants in drying soil. *S. Exp. Bot.* 36:1441-1456.
- Singh, M. and R. K. Singh. 1973. Correlation and path-coefficient analysis in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Indian J. Agric. Sci.* 43(5):455-458.

- Smith, H.F. 1936. A discriminant function for plant selection. *Ann. Eng.* 7:240-250.
- Smith, O. S. , A. R. Hallauer and W. A. Russell. 1981. Use of selection index in recurrent selection programs in maize. *Euphytica.* 30:611-618.
- Snyder, F. W. and G. E. Carlson. 1984. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. *Adv. Agron.* 37:47-73.
- Soriano A. E. y R. Montaldi (1980). Relaciones hídricas. En: Sívori, M. E., R. Montaldi y O. Caso H., Comp. *Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur.* Buenos Aires. Argentina. p. 319-372.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. In: *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- \_\_\_\_\_. 1946. Early testing of inbred line of corn. *Journ. Amer. Soc. Agron.* 38:108-117.
- \_\_\_\_\_, W. A. Russell, L. H. Penny , T. H. Horner and W. D. Hanson. 1962. Effects of epistasis on grain yields of maize. *Crop Sci.* 2:205-208.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1988. *Principles and procedures of statistics.* McGraw-Hill. Nueva York.
- Stockle, C. and G. Campbell. 1975. A simulation model for predicting effects of water stress on yield. An example using corn. *Adv. Irrig.* 3:283-311.

- Subandi, W., W. A. Compton and L. T. Empig. 1973. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two varieties of corn. *Crop Sci.* 13:184-186.
- Sullivan, C. Y. and W. M. Ross. 1979. Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. In: Munsell, H. R. C. Staples. (Eds.). *Stress Physiology in crop plants*. John Wiley and Sons. Inc. United States of America. p. 263-281.
- Tavares, F. C. A. 1972. Componentes da producao relacionados a heterose em hibridos intervarietais de milho (*Zea mays* L.). Master's Thesis. ESALQ-USP. Piracicaba. Brasil.
- Tollenar, M. and T. B. Daynard. 1978 a. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize growing in a short-season environment. *Agron. J.* 70:219- 223.
- \_\_\_\_\_. 1978 b. Leaf senescence in short - season maize hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 58: 869- 874.
- Troyer, A. F., and W. L. Brown. 1972. Selection for early flowering in corn. *Crop Sci.* 12:301-304.
- Vasal, S. K. and G. Srinivasan. 1991. Breeding strategies to meet changing trends in hybrid maize development. Golden Jubilee Symposium of the Indian Society of Genetic and Plant Breeding. Feb, 1991. New Delhi, INDIA. p.28.

- Vasco M., S. A. 1990. Evaluación de híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) obtenidos de líneas con diferentes grados de endogamia. Tesis M.C. Escuela Superior de Agricultura. Piracicaba. Brasil.
- Wellhausen, E. J. and S. Wortman. 1954. Combining ability in  $S_1$  and derived  $S_3$  lines of corn. *Agron. J.* 46: 86- 89.
- Whahab, A., H. Telletrand and M. A. Lugo-López. 1976. Rooting depth, growth and yield of corn as affected by soil water availability in an ultisol and an oxisol. *J. Agric. Univ. Puerto Rico.* 60 (3): 316-328.
- Wolff, F. 1972. Mass selection in maize composites by means of selection indices. *Meded. Landbouwhoge Sch. Wageningen* 72:1-80.
- Yates, F. 1936. A new method of arranging variety trials involving a large number of varieties. *J. Agr. Sci.* 26:424-455.
- Younes, M. H. and R. H. Andrew. 1978. Productivity and prolificacy in a diallel series of market sweet corn hybrids. *Crop Sci.* 18:224-226.
- Zambezi, B. T. , E. S. Horner and F. G. Martin. 1986. Inbred lines as testers for general combining ability in maize. *Crop. Sci.* (26)908-910.
- Zuber, M. S.; C. O. Grogan and O. V. Singleton. 1960. Rate of planting studies with prolific and single-ear corn hybrids. *Missouri Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 737:1-20.