

**Selección del Mejor Patrón Heterótico de Maíz para el Bajío Mexicano y  
Evaluación de Híbridos Potenciales**

**GUADALUPE GUERRERO CHÁVEZ**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

SELECCIÓN DEL MEJOR PATRÓN HETERÓTICO DE MAÍZ PARA EL BAJÍO  
MEXICANO Y EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS POTENCIALES

TESIS

Por

GUADALUPE GUERRERO CHÁVEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y  
Aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO

Comité Particular

Asesor principal:

---

Dr. Humberto de León Castillo

Asesor:

---

Ph. D. Froylán Rincón Sánchez

Asesor:

---

Ph. D. M. Humberto Reyes Valdés

---

Dr. Fernando Ruíz Zárate  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2012.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” y al Postgrado en Fitomejoramiento con mucho cariño por abrirme las puertas de la institución para estudiar la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico durante la Maestría y por la oportunidad de avanzar un escalón más profesionalmente.

A mis asesores y maestros porque gracias a ellos aprendí muchas cosas.

Al Dr. Humberto de León Castillo por su amistad, por darme la oportunidad de ser su asesora y por su valioso apoyo.

Al Dr. Froylán Rincón Sánchez por su amistad, esmero y dedicación en la realización de este trabajo.

Al Dr. M. Humberto Reyes Valdés por su amistad, apoyo y consejos brindados.

A mis compañeros y amigos inolvidables Rosy, Eduardo, Roberto, Ramiro, Alfredo, Flavio, Iván, Silverio, Jesús, Erasmo, Noe, Alberto, Bernardo, Daniel, Heriberto, Eulalio, Héctor y Efraín, por todos los momentos agradables que pasamos.

## DEDICATORIA

A **DIOS** porque siempre está conmigo, por su guía y por darme la oportunidad de realizar mis estudios.

A mis padres Raúl Guerrero y Piedad Chávez por darme la vida, el amor y los estudios que hasta ahora tengo. Por darme buenos principios y consejos que han sabido guiarme para salir siempre adelante. Por sus desvelos y sacrificios que nunca olvidare.

A mi hermana Rosy por ser la mejor hermana, amiga y compañera que pude tener. Por su dedicación, amor, preocupación y paciencia “GRACIAS”.

A mi esposo Juan Olivares Zavala por ser mi compañero de vida, por el amor, apoyo y comprensión que me ha dado.

A mis hijos Fernando Sebastián y Juan Ángel, los mejores regalos que Dios me dio.



## COMPENDIO

**Selección del Mejor Patrón Heterótico de Maíz para el Bajío Mexicano y  
Evaluación de Híbridos Potenciales.**

**POR**

**GUADALUPE GUERRERO CHÁVEZ**

**MAESTRÍA EN  
FITOMEJORAMIENTO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO 2012.**

**Dr. Humberto de León Castillo - Asesor -**

**Palabras clave: *Zea mays* L., patrones heteróticos, mejor predictor lineal insesgado,  
aptitud combinatoria general y específica.**

El presente trabajo tuvo como objetivos determinar el patrón heterótico de maíz más eficiente para el Bajío, además de estimar la aptitud combinatoria general y específica y determinar las mejores cruzas provenientes dentro y entre los seis patrones heteróticos evaluados.



Se utilizaron 251 cruzas representativas de los patrones heteróticos Ideotipo x Tropical, Precoz x Tropical, Enano x Precoz, Ideotipo x Enano y Enano x Tropical. Las cruzas fueron obtenidas a partir de 15 líneas y 14 cruzas simples provenientes de cuatro poblaciones contrastantes, dando como resultado 49, 137 y 65 cruzas simples, triples y dobles respectivamente. La evaluación se dio bajo dos ambientes con un diseño de bloques incompletos y dos repeticiones. Las variables analizadas fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca en cm y rendimiento de grano en  $t\ ha^{-1}$ . El patrón heterótico Enano x Tropical obtuvo los mejores rendimientos predichos en los tres tipos de cruzas (simples, triples y dobles) siendo el más eficiente, por lo que a partir de este patrón se podrán generar buenos materiales para el Bajío mexicano.

Los progenitores 29 y 26 (Tropical) y 2 (Ideotipo) mostraron efectos positivos de ACG con 1.077, 0.742 y 0.570  $t\ ha^{-1}$  respectivamente contribuyendo con esto a un aumento en el rendimiento de su progenie, sin embargo también los presentaron las características días a floración y altura, lo que hace que su progenie sea más tardía y con un porte alto. La mejor combinación específica la obtuvo el patrón heterótico Ideotipo x Enano con la cruza 5 x 11 con un efecto positivo, seguido por el patrón heterótico Enano x Tropical con su cruza 8 x 25.

## **ABSTRACT**

**Selection of the Best Heterotic Pattern of Maize for the Mexican Bajio and  
Evaluation of Potencial Hybrids**

**BY**

**GUADALUPE GUERRERO CHÁVEZ**

**MASTER OF SCIENCE  
IN PLANT BREEDING**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNE 2012.**

**Dr. Humberto de León Castillo - Adviser -**

**Key words: *Zea mays* L., heterotic patterns, best linear unbiased prediction,  
general and specific combining ability.**

The objectives of the research work were to determine the more efficient heterotic patterns of maize adopted to El Bajio; to estimate the general and specific combining ability, and to determine the best hybrid crosses within and among the six heterotic patterns valued. Two hundred and fifty one representative crosses of six heterotic patterns were utilized as follows: Ideotipo x Tropical, Early x Tropical, Dwarf x Early, Ideotipo x Dwarf and Dwarf x Tropical. Hybrid were obtained using 15 lines

and 14 single crosses from four divergent populations. The evaluation was carried out at two locations (Celaya and Pénjamo, Gto. 2001), using an incomplete blocks design and two repetitions. Data recorded included days to flowering (male and female), plant and ear height and grain yield.

Results indicates that the Dwarf x Tropical heterotic pattern obtained the best predicted yield on the three types of crosses (single, three-way and double) suggesting that it is the most efficient. Crosses among the two populations (Dwarf x Tropical) would be able to generate good combinations for the mexican Bajío.

Progenitors 29, 26 (Tropical) and 2 (Ideotipo) were identified as those showed positive GCA effects for grain yield, with 1.077, 0.742 and 0.570 t ha<sup>-1</sup> respectively. However they also showed that days to flowering and height, would make their offspring with a later and high appearance.

The Ideotipo x Dwarf heterotic pattern showed the best specific combination a positive effect on the 5 x 11 cross; the second combination in importance was the 8 x 25 cross belonging to the Dwarf x Tropical heterotic pattern.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> -----	x
<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	1
Objetivos-----	2
Hipótesis-----	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> -----	4
Patrones heteróticos-----	4
Mejor predictor lineal insesgado-----	9
Aptitud combinatoria-----	10
General-----	10
Específica-----	11
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> -----	13
Material genético-----	13
Ideotipo-----	13
Enano-----	14
Precoz-----	14
Tropical-----	14
Metodología-----	15
Variables evaluadas-----	16
Diseño experimental y análisis de datos-----	20
Estimación del mejor predictor lineal insesgado-----	21
Estimación de aptitudes combinatorias-----	22
Estimación del error estándar-----	23
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> -----	24
<b>CONCLUSIONES</b> -----	36
<b>RESUMEN</b> -----	37
<b>LITERATURA CITADA</b> -----	39
<b>APÉNDICE</b> -----	42

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Origen y genealogía del material genético utilizado en cada grupo heterótico-----	15
4.1	Número de cruzas representativas en cada patrón-----	24
4.2	Mejor predictor lineal insesgado (MPLI) de rendimiento promedio de patrones para cada tipo de cruz-----	25
4.3	Cuadrados medios del análisis de varianza para cruzas simples, evaluadas a través de dos ambientes-----	26
4.4	Medias de rendimiento y variables agronómicas de las mejores diez cruzas simples evaluadas a través de dos ambientes-----	27
4.5	Cuadrados medios del análisis de varianza para cruzas triples, evaluadas a través de dos ambientes-----	28
4.6	Medias de rendimiento y variables agronómicas de las mejores diez cruzas triples evaluadas a través de dos ambientes-----	29
4.7	Cuadrados medios del análisis de varianza para cruzas dobles, evaluadas a través de dos ambientes-----	30
4.8	Medias de rendimiento y variables agronómicas de las diez mejores cruzas dobles evaluadas a través de dos ambientes-----	30
4.9	Medias de rendimiento de grano de las mejores diez cruzas dentro de cada patrón heterótico evaluado-----	32
4.10	Aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores de las cruzas evaluadas-----	34
4.11	Aptitud combinatoria específica (ACE) para la variable rendimiento de grano de las mejores veinte cruzas-----	35

Cuadro		Página
A. 1	Apareamiento para la formación del patrón heterótico Ideotipo x Enano-----	43
A.2	Apareamiento para la formación del patrón heterótico Ideotipo x Precoz-----	43
A.3	Apareamiento para la formación del patrón heterótico Ideotipo x Tropical-----	43
A.4	Apareamiento para la formación del patrón heterótico Enano x Precoz-----	44
A.5	Apareamiento para la formación del patrón heterótico Enano x Tropical-----	44
A.6	Apareamiento para la formación del patrón heterótico Precoz x Tropical-----	44
A.7	Cuadrados medios del análisis de varianza del diseño de apareamiento-----	45
A.8	Aptitud combinatoria específica de cruzas simples para la variable rendimiento de grano-----	46

## **I. INTRODUCCIÓN**

El maíz es el cultivo más importante para la alimentación en México y la necesidad de nuevas variedades es cada vez mayor por lo cual los fitomejoradores se han preocupado por obtener híbridos con excelentes rendimientos y adaptabilidad a regiones específicas. Debido a que la formación de buenos híbridos para determinada región requiere de mucho tiempo y recursos tanto físicos como económicos, se ha buscado la manera de obtenerlos por medio de cruzamientos dirigidos entre un grupo A y un grupo B de individuos, que dan como resultado la formación de una combinación sobresaliente, mejor conocida como patrón heterótico.

Debido a lo anterior los programas de mejoramiento son cada vez más eficientes, obteniendo el mayor número de materiales con calidad superior en el menor tiempo posible, esto indica que la identificación de patrones heteróticos es esencial y aplicable en las empresas comerciales y centros de investigación tanto públicos como privados con grandes programas de mejoramiento.

Con el conocimiento de los patrones heteróticos para cada región, el trabajo se simplifica de tal forma que el fitomejorador amplía la probabilidad de tener un mayor número de híbridos sobresalientes en un menor tiempo; ya que enfoca su atención hacia aquellos materiales con los cuales asegurará un buen resultado, evaluando solo los híbridos de las cruzas de determinadas poblaciones que ya tienen identificadas.

De demostrarse lo anterior se da la enorme ventaja de poder extenderse a otras regiones con la seguridad de obtener buenos híbridos en un tiempo corto. Debido a esto, en la presente investigación se hicieron cruzamientos entre cuatro poblaciones contrastantes con buen comportamiento, con la finalidad de evaluar nuevos patrones heteróticos para la región del Bajío mexicano a partir del comportamiento de sus cruzas y determinar así cual de estos es más eficiente para el Bajío. Los patrones heteróticos fueron: Ideotipo x Enano, Ideotipo x Precoz, Ideotipo x Tropical, Enano x Precoz, Enano x Tropical y Precoz x Tropical.

### **Objetivos**

1. Determinar el patrón heterótico más eficiente para el Bajío
2. Estimar la Aptitud Combinatoria General de los progenitores y la Aptitud Combinatoria Específica de sus cruzas.
3. Determinar las mejores cruzas provenientes de los seis patrones heteróticos.

### **Hipótesis**

1. Por lo menos un patrón heterótico formará híbridos sobresalientes a la región del Bajío.
2. Entre los progenitores y sus cruzas existe suficiente variabilidad genética para mostrar diferencias de aptitud combinatoria.
3. En las cruzas evaluadas entre y dentro de patrones heteróticos existen diferencias estadísticas que permiten seleccionar las mejores.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Patrones heteróticos**

La heterosis y el incremento de la uniformidad son las bases de los híbridos modernos de maíz. Los mejoradores de maíz híbrido han observado que la heterosis tiene un mayor incremento en cruzas entre líneas endogámicas genéticamente diversas que en cruzas entre líneas emparentadas; por lo que comúnmente clasifican las líneas endogámicas dentro de grupos heteróticos usadas como fuente de germoplasma y han incrementado considerablemente la eficiencia de los programas de mejoramiento (Gerdes y Tracy, 1993).

Un patrón heterótico es una combinación sobresaliente, producto de cruzamientos dirigidos entre un grupo A y un grupo B de individuos. Ordás (1991), menciona que la cantidad de heterosis mostrada por un híbrido depende en gran medida de la divergencia genética de las variedades parentales de donde los materiales mejorados han sido extraídos. Por lo que el establecimiento de patrones heteróticos entre variedades ayuda a los mejoradores de maíz a planear las cruzas experimentales.

Así pues, entre los patrones heteróticos claramente identificados y definidos se encuentran aquellos que poseen características contrastantes, sin embargo aun cuando los fitomejoradores han elaborado cruza de diferentes tipos de materiales, se puede distinguir que estas se hacen de dos formas, de acuerdo a su situación geográfica y al tipo de endospermo que poseen.

Mungoma y Pollak (1988), mencionan que el conocimiento de patrones heteróticos es de gran importancia ya que pueden contribuir al agrandamiento de la base del germoplasma comercial y citan como ejemplos al Reid x Lancaster como el patrón heterótico más usado en la faja maicera de los Estados Unidos y al U.S. dent x European flint en el occidente de Europa.

En cuanto al tipo de endospermo el patrón heterótico más común es el maíz de grano dentado x cristalino, y en cuanto a su situación geográfica son tropicales x subtropical, materiales de madurez precoz x madurez intermedia y tardía, maíces de subtrópico x clima templado y cónico x cilíndrico (González, 1996).

Mungoma y Pollak (1988), evaluaron las combinaciones heteróticas entre siete poblaciones con endospermo amarillo y tres poblaciones con endospermo blanco con la finalidad de agrandar la base del germoplasma comercial en la faja maicera, resultando la población BSSS(R)C10 de endospermo amarillo con la más alta ACG para rendimiento de todas las poblaciones probadas. La cruza con mayor rendimiento fue la BSSS(R)C10 x Mexican Dent, ambas con endospermo amarillo.

Guerra (2000), en su trabajo de tesis titulado Patrones heteróticos y habilidad combinatoria en líneas de maíz tropical con alta calidad de proteína, evaluó 8 líneas elite QPM en un primer experimento y 17 en un segundo experimento del programa de maíz tropical del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) durante 1999 en 2 localidades de Centro América y seis de México, en donde confirmó que las líneas 1, 2, 3, 7 y 8 derivadas de la pob. 62 pertenecen al grupo heterótico “B” y las líneas 4, 5 y 6 de la pob. 63 al grupo heterótico “A”, encontrando cruza superiores a los testigos comerciales.

Por su parte Misevic *et al.* (1989), hicieron un estudio para determinar patrones heteróticos entre poblaciones de maíz con alto contenido de aceite para identificar las poblaciones superiores e iniciar así un programa de selección recurrente, encontrando dos poblaciones en las cuales se puede aplicar dicho programa.

Por su parte Vasal *et al.* (1993 a, b), evaluaron cruza con diferentes tipos de endospermo (amarillo, blanco, dentado, harinoso) de poblaciones y pools de materiales QPM tropicales y subtropicales del CIMMYT, encontrando buenas aptitudes combinatorias entre dentados x harinosos.

Sierra *et al.* (1991), evaluaron un grupo de líneas con diferente nivel de endogamia utilizando como probadores las líneas T11 y T12 que forman el híbrido de maíz H-511, patrón heterótico conocido para el trópico húmedo de México; encontrando que dos grupos de mestizos (con T11 y T12) superaron a la cruza T11 x T12, lo que los

llevó a concluir la formación de dos grupos heteróticos en los que se pueden tener mejores combinaciones híbridas.

Ramos y Moreno (1994), estudiaron patrones heteróticos de poblaciones de maíz encontrando que los más altos fueron: 1) Aranga x SSS-C; 2) EPS6 x SG2; 3) SG1 x SSS-C; 4) EPS6 x SSS-C y 5) SSS-C x LAN-C, donde los cuatro primeros corresponden al cruce de una población de endospermo liso por una dentada, y el quinto es el conocido patrón heterótico Stiff Stalk Synthetic x Lancaster.

Por otro lado, de manera indirecta al hacer cruzas con las 25 razas de maíz definidas y 5 en estudio existentes en México (Reyes, 1990) se han encontrado excelentes patrones heteróticos de gran importancia para el continente Americano como el muy conocido ETO x Tuxpeño.

Debido a lo anterior Crossa *et al.* (1990), determinaron el rendimiento de 25 razas mexicanas y 300 cruzas interraciales evaluadas en tres ambientes: valles altos (2249 m), intermedio (1800 m) y bajo (1300 m). En valles altos las razas Cónico, Cónico Norteño y Chalqueño tuvieron los más altos rendimientos *per se* y en cruzas. En las elevaciones intermedias, los mejores rendimientos *per se* y en cruzas se dieron en las razas Comiteco, Harinoso de Ocho, Celaya, maíz dulce, Tabloncillo y Tuxpeño. En las bajas elevaciones, los rendimientos más altos *per se* fueron exhibidos por Harinoso de Ocho, Celaya, Pepitilla y Tabloncillo. Estos mismos autores encontraron que las razas

Cacahuacintle, Harinoso de Ocho y maíz dulce, obtuvieron las mejores combinaciones híbridas.

En cuanto a los patrones heteróticos de acuerdo a las condiciones geográficas, Vasal *et al.* (1992 a, b), determinaron la heterosis y habilidad combinatoria entre germoplasma de maíz subtropical x templado y tropical x subtropical desarrollados en CIMMYT. En el primero encontraron una población y un pool que posiblemente pueda ser utilizado en los dos ambientes mientras que en el segundo experimento las cruzas de más alto rendimiento y alta heterosis fueron las poblaciones 43 x 42, 32 x 44 y 22 x 47 bajo los ambientes de estudio, demostrando con esto la considerable potencialidad que existe para mejorar los rendimientos de germoplasma subtropical x tropical.

Díaz *et al.* (1998), estudiaron la ACE de cuatro accesiones del banco de germoplasma de CIMMYT con las dos mejores líneas endocriadas derivadas de la población 21 y Pool 24, para la identificación de patrones heteróticos y uso potencial en el crecimiento del rendimiento a través del pre-mejoramiento. De las cuatro accesiones, Chiapas 167, Veracruz 223 y Veracruz 216 combinaron mejor con CML247, atribuyéndoles como patrón heterótico a CML254. La población Amarillo combina mejor con CML254, siendo su patrón heterótico CML247.

De León *et al.* (1997), evaluaron tres patrones heteróticos: Tropical x Bajío (T x B) Enano x Normal (E x N), y Precoz x Tardío (P x T) para desarrollar híbridos en las regiones de altitud media de México, concluyendo que el patrón P x T produjo híbridos con características agronómicas superiores y el patrón E x N es la mejor estrategia para desarrollar híbridos en esta región de México.

Otra forma de agrandar el germoplasma es con el uso de germoplasma exótico, ya que de esta manera las diferencias genéticas entre poblaciones heteróticas son más grandes y por lo tanto la respuesta heterótica incrementa (Mickelson *et al.*, 2001).

Pollak *et al.* (1991), llevaron sus estudios a la comparación de patrones heteróticos entre cuatro poblaciones, dos caribeñas y dos templadas x tropical adaptadas a trópicos. Las mejores combinaciones heteróticas fueron entre las poblaciones caribeñas y los mejores rendimientos *per se* fueron para las poblaciones templado x tropical. Los resultados indicaron que en programas de mejoramiento para regiones templadas, las poblaciones caribeñas deberían ser usadas para el mejoramiento en la faja maicera.

Misevic (1990), buscó el ampliar la base del germoplasma obteniendo patrones heteróticos como resultado de la cruce de siete poblaciones de maíz de Estados Unidos, Yugoslavia y Latinoamérica, encontrando altos rendimientos y heterosis en cruces de Estados Unidos x Yugoslavia y Estados Unidos x Latinoamérica.

### **Mejor Predictor Lineal Inesgado**

Henderson (1975), describió el uso de un modelo lineal mixto para calcular el mejor predictor lineal inesgado de los valores de reproducción de progenitores potenciales en el mejoramiento animal basados en el historial observado. Stroup (1989), analiza el modelo lineal mixto con aplicación en los diseños experimentales en

agronomía, en particular para definir el espacio de inferencia, y los efectos en la varianza de los estimadores y predictores asociados con los tratamientos.

Sin embargo, al ser este de gran utilidad se le encontró aplicación en el mejoramiento de plantas, tal es el caso de Panter y Allen (1995) quienes al comparar dos métodos de selección parental en soya, concluyeron que el MPLI identificó los más altos porcentajes de cruzas superiores comparado con el método del valor del progenitor medio. Esta comparación también se dio en cultivos como el arroz, resultando el MPLI superior al otro método en características de baja heredabilidad y significativo en rendimiento de grano (Xu *et al*, 2000).

En el mejoramiento de maíz, el MPLI también tiene una gran aplicación, ya que los mejoradores tienen que decidir de forma constante las cruzas simples e híbridos avanzados a probar o bien comercializar, además de elegir los materiales a cruzar para formar nuevas poblaciones (Bernardo, 1997; 1999); debido a esto en investigaciones recientes se ha provisto de evidencia para utilizar al MPLI como una rutina de identificación de cruzas simples superiores (Bernardo, 1996).

## **Aptitud Combinatoria**

### **General**

En un programa de desarrollo de híbridos la aptitud combinatoria es de gran importancia, ya que esta es la capacidad (medida a través de su progenie) que tiene un

individuo o una población de combinarse con otros (Márquez, 1988), así pues, al ser identificado este individuo y cruzado con otros padres, producirá híbridos con un comportamiento superior, cumpliéndose así el objetivo principal del programa (Fehr, 1983).

Existe un consenso general para aceptar que la aptitud combinatoria de las líneas endocriadas determinada por el rendimiento de sus cruzamientos, depende del número y naturaleza de los factores de crecimiento dominantes de cada línea, en relación con los factores dominantes llevados por el otro progenitor. Eso ha conducido a probar las líneas endocriadas para determinar su aptitud combinatoria y a elegir las genéticamente distintas para su empleo en una determinada combinación híbrida (Hayes e Immer, 1951).

La aptitud combinatoria general (ACG) según Allard (1980) es el comportamiento promedio de una raza en una serie de cruzamientos, sin embargo, para Jugenheimer (1990), es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La ACG proporciona información sobre que líneas deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Incluye la acción génica aditiva de líneas puras o en proceso de formación (Robles, 1987).

### **Específica**

La aptitud combinatoria específica (ACE) es el desempeño individual de una línea pura en una combinación híbrida específica (Jugenheimer, 1990), lo que concuerda

con Fehr (1983) quien dice que la ACE es el comportamiento de una línea en una cruce con un padre específico. La ACE de las líneas incluye todos los efectos de los que no pueda dar cuenta el esquema aditivo, estos pueden ser resultado de la dominancia, la epistasis, las interacciones, etc. (Robles, 1987).

Por su parte Brauer (1986), dice que la aptitud combinatoria específica se mide por el rendimiento de un híbrido determinado y se refiere a sus dos progenitores exclusivamente.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Material genético**

Los progenitores utilizados fueron líneas y cruzas simples, derivadas de cuatro poblaciones contrastantes: Ideotipo (IDEO), Enano (ENA), Precoz (PRE) y Tropical (TROP) del Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) (Cuadro 3.1), cuyas combinaciones dieron lugar a seis patrones heteróticos: Ideotipo x Precoz, Ideotipo x Tropical, Precoz x Tropical, Enano x Precoz, Ideotipo x Enano y Enano x Tropical.

#### **Ideotipo**

Esta población se formó a partir de líneas enanas transformadas a normales por medio de retrocruzas, en donde el donador fue una población de amplia base genética del Bajío, así pues, la población Ideotipo está constituida por plantas de altura intermedia, pocas hojas y cortas, espiga compacta, grano blanco de madurez intermedia, alto índice de cosecha y buena adaptación a regiones con alturas de 1000 a 2000 msnm.



**Enano**

Esta población está constituida por plantas braquílicas que soportan altas densidades de siembra, responden positivamente a la aplicación de insumos y muestran una gran adaptación (sobre todo en combinaciones). Son de grano blanco y su periodo de madurez muestra diversidad, ya que se puede encontrar de precoces a intermedias. Sus principales características morfológicas son entrenudos cortos, tendencia a la prolificidad, hojas breves y erectas y espigas compactas.

**Precoz**

Además de la precocidad, esta población presenta un nivel muy adecuado de producción, ya que se constituyó a partir de líneas recobradas derivadas de un programa de selección gamética, a partir de 16 líneas elite que tenían excelentes combinaciones híbridas, pero con la desventaja de ser muy tardíos. Estas líneas se cruzaron con cuatro donadores de precocidad, derivándose líneas que a nivel  $S_6$  fueron seleccionadas las mejores 12 que mostraron las características de rendimiento y precocidad, posteriormente fueron recombinadas para constituir la población precoz.

**Tropical**

Está constituida por una serie de líneas que se han derivado de poblaciones de origen tropical, altamente seleccionadas y que no fueron derivadas de una población común.

Cuadro 3.1. Origen y genealogía del material genético utilizado en cada grupo heterótico

Núm.	Tipo de craza	Origen	Genealogía	
<b>IDEOTIPO</b>				
1	CS	tep 99-00	0508*0506	255N-20-3-1*MLS4N-1-1-A-2-1-A
2	CS	tep 99-00	0510*0508	MLS4N-7-1-1*255N-20-3-1
3	CS	tep 99-00	0508*0501	255N-20-3-1*232N-3-1-A-4-3-A
4	CS	tep 99-00	0507*0505	232N-19-4-2*255N-9-2-A-1-3-A
5	CS	tep 99-00	0501*0508	232N-3-1-A-4-3-A*255N-20-3-1
6	L	tep 97-98	1212	232-10-11-1Rel Normal-19-4-2
7	L	tep 99-00	611	255-1-1-N-11-1-A-2-4-A
<b>ENANO</b>				
8	L	tep99-00	115	LBCPC4S4-B
9	L	tep99-00	109	LBCPC4S4
10	L	tep96-97	510	MLS4-1
11	L	tep96-97	114	255-18-19-60-A-A
12	L	tep96-97	6501	232-10-11-1-A
13	CS	torr 97	18-19*ML	255-18-19-60-A-A*MLS4-1
14	CS	tep99-00	0103*0104	232-10-11-1-A-A*LBSMPSMC5S4-A-A
<b>PRECOZ</b>				
15	CS	tep99-00	0205*0206	(CAFIME*AN100-90)-18-2-6-8-A-B*(ZAC58*AN100-90)-10-3-3-4-A
16	CS	tep99-00	0203*0204	(CAFIME*AN100-90)-3-1-b*(CFIME*4346)-13-1-1-2-A-B
17	L	tep99-00	209	VS201-2-1-1-A
18	L	tep99-00	207	(P2253-5-A-A*VS201)-2-27-1-1-1-1
19	L	tep99-00	202	(CAFIME*232)-10-1-1-10-1-B
20	CS	tep99-00	0202*0203	(CAFIME*232-10-1-1-10-1-B*(CAFIME*AN100-90)-3-1-B
21	CS	tep99-00	0205*0204	(CAFIME*AN100-90)-18-2-6-8-A-B*(CFIME*4346)-13-1-1-2-A-B
22	CS	tep99-00	0204*0203	(CAFIME*AN100-90)-3-1-B
<b>TROPICAL</b>				
23	L	tep99-00	620	CML-8
24	L	tep96-97	116	351-296-1-6-A
25	L	tep97-98	1115	AN24-A-A-A
26	L	tep96-97	110	POB22-53-5-A-A
27	L	tep96-97	3512	43-46-2-3-2
28	CS	cel 97	07*05	351-296-1-5-6 x P2437-2-2-A-A
29	CS	cel 97	04*07	43-46-2-3-2-A-A-A x 351-296-1-5-6

### Metodología

Las cruzas del material genético se realizaron en el ciclo O-I'00/01 en Tepalcingo, Mor., en un arreglo de padres apareados incluyendo los 29 materiales

(Cuadro 3.1), obteniéndose un total de 251 cruzas (Cuadros A1, A2, A3, A4, A5 y A6) posibles.

Los materiales fueron evaluados en dos ambientes: Juventino Rosas, Gto. y Pénjamo, Gto., durante el ciclo P-V'2001, bajo un diseño de bloques incompletos con dos repeticiones por localidad y una unidad experimental de un surco de 5 m de largo por 0.75 m de ancho, resultando un área de parcela útil de 3.75 m<sup>2</sup> con 21 plantas por surco.

La siembra se realizó en forma manual, depositando dos semillas por golpe, para posteriormente aclarar a una planta, asegurando de esta manera el número óptimo de plantas.

Las labores culturales necesarias tales como: riegos, deshierbes, fertilización, control de plagas y riegos fueron realizadas en cada una de las localidades de evaluación.

### **Variables evaluadas**

#### **Fenológicas**

**Días a floración femenina (FF).** Se tomaron los días transcurridos desde el riego de siembra hasta la fecha cuando un mínimo del 50% de plantas por surco mostraron estigmas receptivos.

**Días a floración masculina (FM).** Se registraron los días transcurridos desde el primer riego hasta que se alcanzó un mínimo del 50% de plantas por surco emitiendo polen.

### **Agronómicas**

**Altura de planta (AP).** Se midió la altura en centímetros desde la base de una planta representativa en el surco hasta el nudo donde empieza la espiga.

**Altura de la mazorca (AM).** Se midió la altura en centímetros desde la base de una planta representativa en el surco hasta el nudo donde se inserta la mazorca.

**Acame de raíz (AR).** Se registró el número de plantas con inclinación de 30° o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde comienza la zona radicular. Se convirtió a porcentaje.

**Acame de tallo (AT).** Se registró el número de plantas con tallos rotos debajo de la mazorca. Para identificar la plantas débiles, con tallos de mala calidad, pero que todavía no se acamaban, se empujaron los tallos suavemente. Se convirtió el resultado a porcentaje.

**Cobertura (COB).** Antes de cosechar, se contó el número de plantas que presentaban la mazorca expuesta, para posteriormente convertirse a porcentaje.

**Aspecto de la mazorca (AMAZ).** Se determinó después de la cosecha, antes de tomar la muestra para la determinación de humedad. Las mazorcas fueron extendidas frente a cada parcela y se calificaron características de daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado de grano y uniformidad de las mazorcas según la escala de 1 a 5 (CIMMYT, 1995), donde:

1. Óptimo
2. Bueno
3. Regular
4. Deficiente
5. Muy deficiente

### **Fitosanitarias**

**Plantas con *Fusarium* (FUS).** Se contó el número de plantas que presentaban esta enfermedad en cada parcela, para convertirlo a porcentaje.

### **Componentes del rendimiento.**

**Número de plantas cosechadas (PCOS).** Se contabilizaron las plantas cosechadas en cada surco.

**Peso de campo (PC).** Después de cosechar las plantas por surco, se registró en kilogramos el peso de campo de las mazorcas.

**Porcentaje de humedad (HUM).** Se obtuvo una muestra de 100 g de grano por cada surco, posteriormente se determinó la humedad en un determinador Dickey Johns, obteniendo con esto la humedad al momento de la cosecha.

**Rendimiento de grano (RG).** Se obtuvo aplicando la siguiente formula:

$$RG = [PC * (1 - hum / 100) * (100 / 85) * (10000 / APU)] * (1 / 1000) * ID$$

Donde: RG, es el rendimiento de grano en  $t\ ha^{-1}$ , ajustado al 15 % de humedad; PC, es el peso de campo en kg; hum, es el porcentaje de humedad al momento de la cosecha; APU, es el área de parcela útil obtenida al multiplicar la distancia entre surcos, distancia entre plantas y el número de plantas por surco; ID, es el índice de desgrane igual a 0.8.

Debido a que el número de plantas en cada surco no fue homogéneo debido a fallas en el aclareo, se procedió a realizar un análisis de covarianza usando número de plantas como covariable. El ajuste del rendimiento de grano se realizó utilizando la siguiente formula:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_i - b_1(X - \bar{X})$$

Donde:  $\hat{Y}_{ij}$ , es el rendimiento corregido por covarianza;  $Y_i$ , es el rendimiento observado;  $b_1$ , es el coeficiente de regresión obtenido del análisis de covarianza;  $X$ , es

el número de plantas cosechadas de cada tratamiento y  $\bar{X}$ , es el promedio de plantas cosechadas del experimento.

### Diseño experimental y análisis de datos

El diseño experimental utilizado fue bloques incompletos con dos repeticiones por localidad y cinco bloques dentro de repeticiones. El análisis de los datos se realizó de manera individual y combinada con el uso del paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

#### Modelo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + l_i + r_{j(i)} + b_{k(ij)} + \tau_l + l\tau_{(il)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde  $Y_{ijkl}$ ; es el valor observado en la i-ésima localidad, la j-ésima repetición dentro de la i-ésima localidad, el k-ésimo bloque incompleto y el l-ésimo patrón heterótico  $\mu$ ; es el efecto de la media general;  $l_i$ , es el efecto de la i-ésima localidad;  $r_{j(i)}$ , es el efecto de la j-ésima repetición dentro de la i-ésima localidad;  $b_{k(ij)}$ , es el efecto del k-ésimo bloque incompleto dentro de la i-ésima localidad y j-ésima repetición;  $\tau_l$ , es el efecto del l-ésimo patrón heterótico;  $l\tau_{(il)}$ , es el efecto de la interacción entre la i-ésima localidad y el l-ésimo patrón heterótico; y  $\varepsilon_{ijkl}$ , es el efecto del error experimental con  $l_i \sim N(0, \sigma^2_i)$ ;  $r_{j(i)} \sim N(0, \sigma^2_{j(i)})$ ;  $b_{k(ij)} \sim N(0, \sigma^2_{k(ij)})$ ;  $\tau_l \sim N(0, \sigma^2_l)$ ;  $l\tau_{(il)} \sim N(0, \sigma^2_{il})$ ;  $\varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2_e)$ .

Con el propósito de determinar las diferencias entre los efectos en el modelo, se utilizó un modelo mixto considerando efectos fijos para localidades, patrones y patrones x localidad.

### **Estimación del Mejor Predictor Lineal Insesgado**

Se utilizó la metodología de modelos mixtos (Stroup, 1989), donde los efectos en el modelo fueron considerados aleatorios excepto en efectos de la media general, obteniendo de esta manera el mejor predictor lineal insesgado (MPLI) de los efectos  $\tau_i$  (cruzas simples, triples y dobles), con base al siguiente modelo lineal general:

$$Y = X\beta + Zu + e$$

Donde:  $Y$ , es un vector de observaciones;  $X$ , es una matriz de diseño para efectos fijos (en este caso la media general);  $\beta$ , es un vector desconocido para efectos fijos correspondiente a la matriz  $X$ ;  $Z$ , es una matriz de diseño para efectos aleatorios;  $u$ , es un vector desconocido de los efectos aleatorios con base en la matriz de diseño  $Z$  (cruzas simples, triples y dobles, y los efectos de bloques) y  $e$ , es un vector de error de residuales cuyos elementos no necesariamente tienen que ser independientes.

La metodología de modelos mixtos fue utilizada con base en el origen y desarrollo del material genético y el diseño experimental en la evaluación. En el caso del

material genético, se incluye en el trabajo de investigación un número variable de cruzas dentro de cada patrón, las cuales fueron obtenidas de manera aleatoria. Con respecto al diseño experimental, se utilizó el principio de bloques incompletos para cuantificar la variación al nivel de experimentos por localidad como a través de localidades.

### **Estimación de Aptitud Combinatoria**

Se realizó la determinación de los efectos de la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) en las cruzas simples, triples y dobles para estimar el comportamiento genético de las cruzas y sus progenitores con las siguientes formulas:

$$g_i = \bar{x}_i - \mu$$

$$g_j = \bar{x}_j - \mu$$

$$S_{ij} = \bar{X}_{ij} - g_i - g_j$$

Donde:  $g_i$  y  $g_j$ , son los efectos de ACG de los progenitores i y j respectivamente;  $S_{ij}$ , es el efecto de la ACE de los padres i y j;  $\bar{X}_i$ , es la media de las cruzas en que interviene el progenitor i;  $\bar{X}_j$ , es el efecto de la media de las cruzas en que interviene el progenitor j;  $\bar{X}_{ij}$ , es la media de la craza menos la media general y  $\mu$ , es el efecto de la media general.

Una vez estimados los efectos de aptitud combinatoria general y específica, se procedió a determinar si estos efectos son iguales o diferentes de cero con base en una prueba de t, como sigue:

$$t_{calculada} = \frac{\hat{e}}{EE(\hat{e})}$$

Donde:  $\hat{e}$ , es el efecto estimado;  $EE(\hat{e})$ , es el error estándar del efecto; t, es el valor de t calculada, el cual es comparado con un valor de t probabilístico con gl ( $\hat{e}$ ),  $\alpha(0.05, 0.01)$ .

### Estimación del error estándar

$$EE_{(ACG)macho} = \sqrt{\frac{1}{rlh} \sigma^2_{lxm}} \quad t_{tablas}(gl_{lxm}, \alpha)$$

$$EE_{(ACG)hembra} = \sqrt{\frac{1}{rlm} \sigma^2_{lxh}} \quad t_{tablas}(gl_{lxh}, \alpha)$$

$$EE_{(ACE)} = \sqrt{\frac{1}{rl} \sigma^2_{lxm \times h}} \quad t_{tablas}(gl_{lxm \times h}, \alpha)$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Predicción del mejor patrón heterótico

Debido a que el número de cruzas representativas para cada patrón fue diferente, en el Cuadro 4.1 se muestra que de manera general las cruzas triples se presentaron en mayor cantidad con 137 cruzas, distribuidas de manera casi homogénea a través de los seis patrones. Posteriormente, le siguen las cruzas dobles con 65 cruzas en total, existiendo diferencias notables entre patrones, ya que el patrón Ideotipo x Precoz presentó mayor número con 24 y el patrón Enano x Tropical solo tuvo 4 cruzas. En cuanto a las cruzas simples estas fueron solo 49 distribuidas entre los seis patrones.

Cuadro 4.1. Número de cruzas representativas en cada patrón

Patrón	Tipo de cruzas			Total
	Simples	Triples	Dobles	
1 Ideo x Pre	3	20	24	47
2 Ideo x Trop	8	26	10	44
3 Prec x Trop	11	29	10	50
4 Ena x Prec	11	23	7	41
5 Ideo x Ena	3	23	10	36
6 Ena x Trop	13	16	4	33
<b>Total</b>	49	137	65	251

Ideo, Ideotipo; Ena, Enano; Pre, precoz; Trop, Tropical.

En cuanto al mejor patrón heterótico de acuerdo al tipo de cruce, en el Cuadro 4.2 se puede observar que el patrón Enano x Tropical presentó el mejor comportamiento predicho con una media de 12.569, 12.438 y 11.727 t ha<sup>-1</sup> para cruces triples, dobles y simples respectivamente. En cuanto al patrón con menor rendimiento, se encuentra el Ideotipo x Enano con 10.511 y 9.989 t ha<sup>-1</sup> en cruces triples y dobles, lo cual se puede deber a que la población Ideotipo fue formada a través de líneas enanas por lo que la expresión híbrida en esta población no es muy alta, lo que concuerda con Vasal *et al.* (1993), quienes dicen que el bajo rendimiento de las cruces puede deberse a la amplia base genética del germoplasma parental o también a alguna similitud en el germoplasma.

Cuadro 4.2. Mejor predictor lineal insesgado (MPLI) de rendimiento promedio de patrones para cada tipo de cruce.

Cruzas simples			Cruzas triples			Cruzas dobles		
Pat	MPLI	EE	Pat	MPLI	EE	Pat	MPLI	EE
6	11.727 a <sup>1</sup>	0.626	6	12.569 a	0.905	6	12.438 a	0.940
4	11.237 a	0.630	2	11.990 b	0.896	4	11.523 b	0.916
3	11.052 ab	0.633	4	11.502 c	0.897	2	11.471 b	0.907
1	10.699 ab	0.720	3	11.149 c	0.894	1	11.282 b	0.882
5	10.652 ab	0.720	1	10.596 d	0.900	3	10.982 b	0.901
2	9.962 b	0.649	5	10.511 d	0.897	5	9.989 c	0.904

<sup>1</sup> Comparación múltiple de medias al nivel de 0.05 de probabilidad con base en la suma de cuadrados de la combinación lineal. CS = cruce simple; CT = cruce triple; CD = cruce doble; Ideo = ideotipo; Ena = enano; Pre = precoz; Trop = tropical.

### Análisis de varianza de patrones por tipo de cruce

Se encontró diferencia estadística ( $p \leq 0.01$ ) entre localidades en todas las variables excepto en el rendimiento de grano, donde la diferencia fue de 0.05 de

probabilidad (Cuadros 4.3, 4.5 y 4.7), lo que demuestra evidencia de que las dos localidades de evaluación para los tres tipos de cruzas (simples, triples y dobles) fueron diferentes. Sin embargo, no se encontró evidencia de variación ambiental significativa entre los bloques dentro de localidades.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para cruzas simples, evaluadas a través de dos ambientes.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>RG</b> <b>t ha<sup>-1</sup></b>	<b>FM</b> <b>días</b>	<b>FF</b> <b>días</b>	<b>AP</b> <b>cm</b>	<b>AM</b> <b>cm</b>
Localidades	1	37.987 *	1860.708 **	1923.909 **	8958.005 **	9774.771 **
Bloques/ Localidades	8	7.500	9.551	8.244	504.662	179.232
Patrones	5	29.038 **	432.749 **	529.140 **	2570.699 **	1042.592 **
Patrones x Localidades	5	8.774	29.869 **	43.849 **	713.837	242.112
Error	288	4.548	8.235	9.517	377.448	234.049
C.V. (%)		19.263	3.515	3.681	7.921	11.189

\* y \*\* ,significativo al nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; C.V.(%), coeficiente de variación; G.L., grados de libertad; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca.

Los análisis de varianza muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre los patrones heteróticos en todas las variables, indicando el comportamiento diferencial entre ellos. Sin embargo, sólo se encontró diferencia estadística ( $p \leq 0.01$ ) en la interacción patrones x localidades en los días a floración. Lo anterior indica que aún cuando los ambientes de evaluación son estadísticamente diferentes, estos no fueron lo suficiente diferentes para que los patrones mostraran su expresión diferencial.

En cuanto a los coeficientes de variación, estos resultaron aceptables siendo rendimiento de grano el mayor con 19.263, 15.265 y 15.605 por ciento para las cruzas simples, triples y dobles respectivamente.

En las medias pertenecientes a las cruzas simples procedentes de los seis patrones heteróticos, el patrón Enano x Tropical resultó con mayor rendimiento de grano ya que cuatro de las siete cruzas fueron superiores a la  $\mu + 2E.E.$  y pertenecen a este patrón. El patrón heterótico Enano x Precoz obtuvo dos cruzas superiores las cuales se encuentran situadas en el segundo y cuarto lugar; sin embargo estas cruzas son inferiores a la  $\mu - 2E.E.$  para las variables días a floración, lo cual es una característica deseable al momento de seleccionar ya que estas son más precoces. El patrón heterótico Precoz x Tropical solo presentó una cruz superior al criterio de selección con un rendimiento de grano de  $12.762 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Medias de rendimiento y variables agronómicas de las mejores diez cruzas simples evaluadas a través de dos ambientes.

Lugar	Cruza (mxh)	PAT	RG $\text{t ha}^{-1}$	FM días	FF días	AP cm	AM cm
1	8x25	EnaxTrop	15.219 *	84	87	278.8	152.5
2	10x19	EnaxPre	13.970 *	78 *	79 *	256.3	145.0
3	8x26	EnaxTrop	13.268 *	83	85	265.0	150.0
4	11x19	EnaxPre	13.197 *	78 *	79 *	255.0	143.8
5	11x27	EnaxTrop	13.072 *	83	86	265.0	158.8
6	8x24	EnaxTrop	12.842 *	85	87	271.3	145.0
7	19x26	PrexTrop	12.762 *	83	84	240.0	140.0
8	8x18	EnaxPre	12.522	79 *	80 *	255.0	145.0
9	10x18	EnaxPre	12.477	78 *	80 *	251.3	145.0
10	19x25	PrexTrop	12.426	82	85	245.0	136.3
<b>Media</b>			11.157	82	84	245.8	137.0
<b>E.E.</b>			0.772	1.305	1.389	8.385	6.719

PAT, patrón heterótico; Ideo, ideotipo; Ena, enano; Pre, precoz; Trop, tropical; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca; E.E., error estándar; \*, mayor que  $\mu + 2E.E.$  para RG y menor que  $\mu - 2E.E.$  para FM, FF, AP y AM.

En cuanto a las diez mejores cruza triples en los seis patrones heteróticos (Cuadro 4.6), el patrón Enano x Tropical se encuentra con una frecuencia del 60 por ciento, seguido por Ideotipo x Tropical que presenta una frecuencia del 20 por ciento, siendo los patrones Enano x Precoz y Precoz x Tropical los que están en menor porcentaje ya que cuentan con el 20 por ciento restante.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios del análisis varianza para cruza triples, evaluadas a través de dos ambientes.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>RG</b> <b>t ha<sup>-1</sup></b>	<b>FM</b> <b>días</b>	<b>FF</b> <b>Días</b>	<b>AP</b> <b>cm</b>	<b>AM</b> <b>cm</b>
Localidades	1	404.161 **	6591.560 **	7532.026 **	14233.697 **	16843.148 **
Bloques/ Localidades	8	0.610	14.961	12.542	464.824	287.096
Patrones	5	56.852 **	981.881 **	1144.340 **	8938.718 **	5076.736 **
Patrones x Localidades	5	3.102	120.601 **	142.142 **	838.300	1171.514
Error	288	2.999	14.415	9.707	314.018	252.125
C.V. (%)		15.265	4.710	3.768	7.125	11.514

\* y \*\* ,significativo al nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; C.V.(%), coeficiente de variación; G.L., grados de libertad; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca.

Respecto al resto de las variables, solo días a floración femenina presentó significancia al ser menor que la  $\mu - 2E.E.$  en la cruza 8 x 22, perteneciente al patrón heterótico Enano x Precoz.

Cuadro 4.6. Medias de rendimiento y variables agronómicas de las mejores diez cruzas triples evaluadas a través de dos ambientes.

Lugar	Cruza (mxh)	PAT	RG t ha <sup>-1</sup>	FM días	FF días	AP cm	AM Cm
1	10x29	EnaxTrop	14.698 *	83	85	255.0	135.0
2	13x27	EnaxTrop	14.612 *	81	84	248.8	135.0
3	2x26	IdeoxTrop	14.380 *	82	83	266.3	156.3
4	13x25	EnaxTrop	13.717 *	80	83	252.5	131.3
5	11x29	EnaxTrop	13.710 *	84	86	245.0	142.5
6	13x26	EnaxTrop	13.681 *	83	85	262.5	146.3
7	8x22	EnaxPre	13.667 *	78	79 *	257.5	146.3
8	8x29	EnaxTrop	13.633 *	83	86	272.5	153.8
9	15x27	PrexTrop	13.412 *	81	83	246.2	143.8
10	4x26	IdeoxTrop	13.353 *	83	86	255.0	151.3
<b>Media</b>			11.366	81	83	249.0	138.1
<b>E.E.</b>			0.724	1.830	1.301	8.019	7.344

PAT, patrón heterótico; Ideo, ideotipo; Ena, enano; Pre, precoz; Trop, tropical; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca; E.E., error estándar; \*, mayor que  $\mu + 2E.E.$  para RG y menor que  $\mu - 2E.E.$  para FM, FF, AP y AM.

En el Cuadro 4.8 se presentan las mejores 10 cruzas dobles pertenecientes a los seis patrones heteróticos, en donde ocho cruzas resultaron superiores a la  $\mu + 2E.E.$  Los patrones Enano x Precoz, Enano x Tropical e Ideotipo x Precoz obtuvieron dos cruzas cada uno, sin embargo Ideotipo x Enano e Ideotipo x Tropical solo obtuvieron una cruza. El mejor rendimiento fue de la cruza 14 x 16 con 14.027 t ha<sup>-1</sup> perteneciente al patrón Enano x Precoz.

De manera general, en los tres tipos de cruza, el patrón heterótico Enano x Tropical fue superior al resto de los patrones al presentar mayor cantidad de cruzas con alto rendimiento de grano, por lo que debería ser utilizado para formar nuevos híbridos, además de formar nuevas combinaciones híbridas con estas dos poblaciones y materiales de la región (Miranda y Vencovsky, 1984).

Cuadro 4.7. Cuadrados medios del análisis de varianza para cruzas dobles, evaluadas a través de dos ambientes.

F.V.	G.L.	RG t ha <sup>-1</sup>	FM días	FF días	AP cm	AM cm
Localidades	1	182.928 **	2801.816 **	2568.866 **	5806.112 **	5143.600 **
Bloques/ Localidades	8	4.278	9.427	14.879	470.165	348.978
Patrones	5	29.619 **	448.325 **	540.927 **	1548.466 **	1214.826 **
Patrones x Localidades	5	2.817	45.484 **	40.627 **	465.977	334.624
Error	288	3.035	10.249	12.776	281.106	287.471
C.V. (%)		15.605	3.972	4.333	6.658	12.105

\* y \*\* ,significativo al nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; C.V.(%), coeficiente de variación; G.L., grados de libertad; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca.

Cuadro 4.8. Medias de rendimiento y variables agronómicas de las mejores diez cruzas dobles evaluadas a través de dos ambientes.

Lugar	Cruza (mxh)	PAT (mxh)	RG t ha <sup>-1</sup>	FM días	FF días	AP cm	AM cm
1	14x16	EnaxPre	14.027 *	82	82	253.9	142.5
2	13x29	EnaxTrop	13.848 *	84	86	246.8	127.5
3	2x29	IdeoxEna	13.621 *	87	87	259.1	155.0
4	14x29	EnaxTrop	13.503 *	86	88	257.3	135.6
5	1x16	IdeoxPre	13.245 *	78	79	259.0	160.0
6	2x20	IdeoxPre	13.145 *	78	78	262.4	138.8
7	13x22	EnaxPre	12.902 *	77	79	242.8	121.3
8	2x28	IdeoxTrop	12.891 *	87	88	267.2	153.8
9	13x28	EnaxTrop	12.396	79	83	253.5	137.5
10	5x29	IdeoxTrop	12.340	82	84	266.5	156.3
<b>Media</b>			11.161	81	83	251.9	139.9
<b>E.E.</b>			0.719	1.461	1.667	7.133	7.862

PAT, patrón heterótico; Ideo, ideotipo; Ena, enano; Pre, precoz; Trop, tropical; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca; E.E., error estándar; \*, mayor que  $\mu + 2E.E.$  para RG y menor que  $\mu - 2E.E.$  para FM, FF, AP y AM.

En el Cuadro 4.9 se observa que dentro de los patrones heteróticos Ideotipo x Precoz y Precoz x Tropical solo dos cruzas resultaron superiores a la  $\mu + 2E.E.$  de las 47 y 49 cruzas evaluadas respectivamente, con rendimientos que van aproximadamente de las 12 a las 13 t ha<sup>-1</sup> en los dos casos.

En el patrón Enano x Tropical cuatro cruza fueron superiores con rendimientos de las 13 a las 15 t ha<sup>-1</sup>, siendo la cruza 9 x 23 la que obtuvo el mayor rendimiento de grano con 15.318 t ha<sup>-1</sup>.

Los patrones Ideotipo x Tropical, Enano x Precoz e Ideotipo x Enano obtuvieron un mayor número de cruza superiores a la  $\mu + 2E.E.$  con 5, 6 y 7 cruza respectivamente. Los rendimientos de grano para los dos primeros patrones fluctúan entre las 13 y 14 t ha<sup>-1</sup>, sin embargo los rendimientos del patrón Ideotipo x Enano son relativamente bajos en comparación con el resto de los patrones heteróticos, ya que los rendimientos de este van de las 11 a las casi 13 t ha<sup>-1</sup>.



Cuadro 4.9. Medias de rendimiento de grano de las mejores diez cruzas dentro de cada patrón heterótico evaluado.

Ideo x Pre		Tipo	Ideo x Trop		Tipo	Pre x Trop		Tipo	Ena x Pre		Tipo	Ideo x Ena		Tipo	Ena x Trop		Tipo	
Cruza	RG	cruza	Cruza	RG	cruza	Cruza	RG	Cruza	Cruza	RG	Cruza	Cruza	RG	Cruza	Cruza	RG	Cruza	
2 x 14	13.155	CD	* 2 x 26	14.381	CD	* 15 x 27	13.413	CT	* 14 x 16	14.047	CT	* 5 x 14	12.972	CD	* 9 x 23	15.318	CS	*
2 x 13	12.508	CD	* 2 x 29	13.621	CD	* 19 x 26	12.621	CS	* 10 x 19	13.931	CT	* 4 x 10	12.853	CT	* 10 x 29	14.699	CS	*
8 x 16	12.239	CT	4 x 26	13.353	CD	* 20 x 26	12.521	CT	8 x 16	13.718	CT	* 5 x 10	12.468	CT	* 13 x 27	14.612	CT	*
8 x 18	12.238	CS	2 x 23	13.291	CD	* 18 x 29	12.355	CT	10 x 21	13.148	CT	* 2 x 8	12.302	CT	* 10 x 24	13.849	CS	*
4 x 19	12.088	CT	4 x 23	13.282	CT	* 19 x 25	12.336	CS	13 x 19	13.094	CT	* 3 x 10	12.063	CT	* 13 x 25	13.718	CT	
4 x 21	11.990	CD	4 x 27	13.021	CT	16 x 23	12.278	CT	11 x 19	13.035	CS	* 2 x 14	11.962	CD	* 11 x 29	13.711	CT	
2 x 21	11.980	CD	1 x 24	12.952	CT	19 x 27	12.164	CS	13 x 16	12.891	CD	2 x 12	11.881	CT	* 13 x 26	13.681	CT	
2 x 16	11.979	CD	2 x 28	12.892	CD	21 x 24	12.159	CT	8 x 18	12.683	CS	7 x 9	11.187	CS	8 x 29	13.634	CT	
7 x 16	11.715	CT	5 x 24	12.687	CT	16 x 26	12.118	CT	13 x 18	12.527	CT	4 x 11	10.886	CT	14 x 29	13.503	CD	
4 x 16	11.669	CD	2 x 25	12.464	CT	19 x 29	12.101	CT	10 x 18	12.487	CS	4 x 9	10.647	CT	8 x 26	13.353	CS	
Media	10.880			11.413			11.085			11.588			10.346			12.394		
E.E.	0.680			0.879			0.765			0.716			0.635			0.693		

RG, rendimiento de grano; EE, error estándar; CS, cruza simple; CT, cruza triple; CD, cruza doble \*, mayor que  $\mu + 2E.E.$

### **Efectos de aptitud combinatoria general y específica**

De los 29 progenitores que se muestran en el Cuadro 4.10, solo siete mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$  y  $p \leq 0.05$ ) en los efectos de aptitud combinatoria general, pero solo tres fueron positivas: 1.077, 0.742 y 0.570 pertenecientes a los progenitores 29, 26 y 2 respectivamente. Sin embargo, estos materiales no solo tienden a aumentar el rendimiento de grano, sino también los días a floración y altura de su progenie, lo que es poco recomendable, sobre todo en materiales tropicales (Pollak *et al.*, 1991).

El progenitor 17 mostró efectos de ACG favorables para las variables floración y altura pero no para rendimiento de grano ya que al ser los efectos negativos, la progenie será precoz, de porte bajo, pero con bajo rendimiento.

En cuanto a la aptitud combinatoria específica, 99 de las 251 cruzas evaluadas presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$  y  $p \leq 0.05$ ). Sin embargo, la cruz 5 x 11 perteneciente al patrón heterótico Ideotipo x Enano mostró un efecto positivo de ACE, además de presentar el rendimiento más alto con  $15.362 \text{ t ha}^{-1}$ . La segunda cruz más alta fue la 8 x 25 perteneciente al patrón heterótico Enano x Tropical con un rendimiento de  $14.990 \text{ t ha}^{-1}$  y un efecto de ACE positivo y significativo ( $p \leq 0.01$ ); esta cruz resultó ser la mejor cruz simple en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.10. Aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores de las cruzas evaluadas.

Progenitor	Tipo de craza	Población	RG t ha <sup>-1</sup>	FM días	FF días	AP cm	AM cm
1	CS	IDEO	-0.148	0.760	0.800	5.688 *	6.313 *
2	CS	IDEO	0.570 *	1.140 *	0.700	4.350	2.550
3	CS	IDEO	-0.525	1.220	0.913	5.402 *	5.478 *
4	CS	IDEO	0.080	1.810 **	2.283 **	4.586	2.909
5	CS	IDEO	-0.016	2.010 **	1.920 **	10.205 **	6.432 *
6	L	IDEO	-2.108 **	-3.100 **	-2.700 *	2.500 **	1.500
7	L	IDEO	-2.159 **	1.099	1.408 *	-15.479 **	-5.324 *
8	L	ENA	0.427	1.092	0.829	8.961	4.697
9	L	ENA	-0.825 *	0.188	-0.487	-10.812	-6.812 *
10	L	ENA	0.841	-0.783	-0.867	-0.500	-0.500
11	L	ENA	-0.152	0.114	0.159	-6.273 *	-2.659
12	L	ENA	-0.743	1.667	2.333	-12.750	-14.667
13	CS	ENA	0.584	0.413	0.463	-1.125	-1.437
14	CS	ENA	0.095	4.111 **	3.111 **	4.125	1.306
15	CS	PRE	-0.609	-1.730	-1.640	-14.550 **	-10.200 **
16	CS	PRE	0.514	-0.747	-1.506	3.874	6.885 *
17	L	PRE	-1.427 **	-6.804 **	-5.446 **	-12.482 **	-8.804 **
18	L	PRE	0.321	-1.437	-0.612	-0.250	0.563
19	L	PRE	0.198	-0.833	-1.306	-4.278	-0.431
20	CS	PRE	-0.516	-1.423	-2.115 *	-0.923	-2.904
21	CS	PRE	-0.048	-0.012	-0.810	-3.940	-0.679
22	CS	PRE	0.642	-1.400	-1.937 *	-2.375	-1.000
23	L	TROP	-0.268	0.938	1.328	2.172	-2.453
24	L	TROP	0.298	1.658 *	1.434 *	0.737	-0.303
25	L	TROP	-0.139	-0.475	0.913	2.438	0.063
26	L	TROP	0.742 **	2.542 **	2.736 **	3.917 *	4.798 *
27	L	TROP	-0.028 **	3.688 **	4.328 **	6.234 **	8.875 **
28	CS	TROP	0.148	0.682	0.864	-1.330	-3.170
29	CS	TROP	1.077 **	2.226 **	2.250 **	4.750 *	1.226

IDEO, ideotipo; ENA, enano; PRE, precoz; L, línea; CS, craza simple; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca; \*, \*\* diferentes de cero al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad.

Cuadro 4.11. Aptitud combinatoria específica (ACE) para la variable rendimiento de grano de las mejores veinte cruzas.

Cruza	Tipo de cruza	Patrón	Media	ACE		Lugar ocupado <sup>†</sup>	Cruza	Tipo de cruza	Patrón	Media	ACE		Lugar ocupado
5x11	CT	IxE	15.362	4.241	**	1	7x16	CT	IxP	12.890	3.246	**	11
7x15	CT	IxP	12.575	4.054	**	2	7x28	CT	IxT	12.490	3.212	**	12
6x23	CS	IxT	12.962	4.049	**	3	7x25	CS	IxT	12.147	3.156	**	13
7x17	CT	IxP	11.552	3.849	**	4	17x25	CS	PxT	12.727	3.004	**	14
15x24	CT	PxT	14.818	3.840	**	5	11x25	CS	ExT	13.936	2.938	**	15
17x28	CT	PxT	13.828	3.818	**	6	7x27	CS	IxT	11.991	2.889	**	16
3x17	CT	IxP	12.943	3.606	**	7	3x25	CT	IxT	13.383	2.758	**	17
8x25	CS	ExT	14.990	3.413	**	8	17x29	CT	PxT	13.659	2.720	**	18
7x24	CS	IxT	12.756	3.328	**	9	20x28	CD	PxT	13.544	2.623	**	19
18x23	CS	PxT	14.643	3.301	**	10	5x23	CT	IxT	13.589	2.584	**	20

I, ideotipo; E, enano; P, precoz; T, tropical; CS, cruza simple; CT, cruza triple; CD, cruza doble \* , \*\* diferentes de cero al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad. <sup>†</sup> Ordenado en base a los efectos estimados de ACE.

## V. CONCLUSIONES

El patrón heterótico Enano x Tropical fue el más eficiente en cuanto a la obtención de cruzas con buen rendimiento, ya que obtuvo las medias más altas predichas en los tres tipos de cruzas. Lo anterior marca la pauta para seguir con el mejoramiento en las dos poblaciones de las cuales se origina el patrón y obtener así de forma más rápida y eficiente híbridos sobresalientes en el Bajío mexicano.

De los 29 progenitores, solo el 29 (CS), 26 (L) y 2 (CS) mostraron efectos de ACG positivos con valores de 1.077, 0.742 y 0.570. Sin embargo, estos materiales no solo tienden a aumentar el rendimiento, sino también los días a floración y las alturas, lo que hace que su progenie sea más tardía y de porte alto.

La cruz 5 x 11 (CT) perteneciente al patrón heterótico Ideotipo x Enano mostró un efecto de ACE positivo, además de tener el rendimiento de grano más alto con  $15.362 \text{ t ha}^{-1}$ . Sin embargo la cruz 8 x 25 (CS) del patrón Enano x Tropical obtuvo un rendimiento de grano muy cercano a la primera cruz.

## **VI. RESUMEN**

Con el uso de los patrones heteróticos, los programas de mejoramiento son cada vez más eficientes, ya que obtienen mayor número de cruzas con calidad superior en menos tiempo. Debido a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivos determinar el patrón heterótico más eficiente para el Bajío, estimar la aptitud combinatoria general y específica, además de determinar las mejores cruzas provenientes dentro y entre los seis patrones heteróticos. Se utilizaron 15 líneas y 14 cruzas simples obtenidas de cuatro poblaciones contrastantes: Ideotipo, Enano, Precoz y Tropical incluyendo en el estudio 251 cruzas de los seis patrones heteróticos: Ideotipo x Precoz, Ideotipo x Tropical, Precoz x Tropical, Enano x Precoz, Ideotipo x Enano y Enano x Tropical. Las combinaciones estuvieron representadas por 49, 137 y 65 cruzas simples, triples y dobles, respectivamente. La evaluación se llevó a cabo en dos ambientes; Juventino Rosas y Pénjamo, Gto., bajo un diseño de bloques incompletos con dos repeticiones por localidad y una unidad experimental de 5 m de largo por 0.75 m de ancho con 21 plantas. Las variables analizadas fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca en cm y rendimiento en grano en  $t\ ha^{-1}$ .



Se identificó la combinación Enano x Tropical como el mejor patrón heterótico, en los resultados de las cruzas evaluadas (simples, triples y dobles), por lo que a partir de este patrón se podrán generar buenos materiales para el Bajío mexicano.

Los progenitores 29 (CS) y 26 (L) de la población Tropical y 2 (CS) de la población Ideotipo, mostraron efectos positivos de ACG con 1.077, 0.742 y 0.570 t ha<sup>-1</sup> contribuyendo con esto a un aumento en el rendimiento de su progenie. Sin embargo los días a floración y las alturas de mazorca y planta también se incrementaron. La mejor combinación específica la obtuvo el patrón heterótico Ideotipo x Enano con la cruza 5 x 11 (CT), seguida por la cruza 8 x 25 (CS) del patrón Enano x Tropical.

## VII. LITERATURA CITADA

- Allard, R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Traducción al español por J. L. Montoya. Ed. Omega. Barcelona, España. 498 p.
- Beck, D. L., S. K. Vasal and J. Crossa. 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germplasm. *Crop Sci.*: 68-73.
- Bernardo, R. 1996. Best linear unbiased prediction of maize single-cross performance. *Crop Sci.* 36: 50-56.
- Bernardo, R. 1997. Best linear unbiased predictor analysis. *In*: Book of abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. México, D. F., México. pp. 173-174.
- Bernardo, R. 1999. Best linear unbiased predictor analysis. *In*: Book of abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. México, D. F., México. pp. 269-276.
- Brauer, O. 1986. Fitogenética aplicada. Ed. Limusa. México. 518 p.
- CIMMYT. 1995. Manejo de ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México.
- Crossa, J., S. Taba and E. J. Wellhausen. 1990. Heterotic patterns among mexican races of maize. *Crop Sci.* 30: 997-1001.
- De León-Castillo, H., E. Ramírez-Rodríguez, G. Martínez-Zambrano and A. Oyervides-García. 1997. Evaluation of heterotic patterns to develop maize hybrids for midaltitude regions of Mexico. *In*: Book of abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. Mexico, D. F., México. pp: 92-93.
- Díaz, C, J. S. Taba y M. Rivas. 1998. Patrones heteróticos de las accesiones del banco de germoplasma para el pre-mejoramiento. *In*: P. Ramírez V., F. Zavala G., N. O. Gómez M., F. Rincón S., y A. Mejía C. (Eds.). Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas Científicas SOMEFI. Chapingo, México. pp: 217.

- Fehr, W. R. 1983. Applied plant breeding. Iowa State University. U.S.A. 380 p.
- Gerdes, J. T. and W. F. Tracy. 1993. Pedigree diversity within the Lancaster Surecrop heterotic patterns among Caribbean and Tropical x Temperate maize populations. Crop Sci. 31: 1480-1483.
- González L., J. S. 1996. Integración de un patrón heterótico a partir de un dialélico de diez líneas de maíz subtropicales. Tesis de maestría en Ciencias. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 79 p.
- Guerra R., F. A. 2000. Patrones heteróticos y habilidad combinatoria en líneas de maíz tropical con alta calidad de proteína. Tesis de maestría en Ciencias. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
- Henderson, C. R. 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. Biometrics 31: 423-447.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal. Tomo II. Ed. AGT. México, D. F. 665 p.
- Mickelson, H. R., H. Cordova, K. V. Pixley and M. S. Bjarnason. 2001. Heterotic relationships among nine temperate and subtropical maize populations. Crop Sci. 41: 1012-1020.
- Miranda, J. B., Fo, and R. Vencovsky. 1984. Análisis of diallel crosses among open-pollinated varieties of Maize (*Zea mays*, L.). Maydica 24: 217-234.
- Misevic, D., A. Maric, D. E. Alexander, J. Dumanovic and S. Ratkovic. 1989. Population cross diallel among high oil population of maize. Crop Sci. 29: 613-617.
- Misevic, D. 1990. Genetic analysis of crosses among maize population representing different heterotic patterns. Crop Sci. 30: 997-1001.
- Mungoma, C. and L. M. Pollak. 1988. Heterotic patterns among ten Corn Belt and exotic maize populations. Crop Sci. 28: 500-504.
- Ordás, A. 1991. Heterosis in Crosses between American and Spanish Populations of Maize. Crop Sci. 31: 931-935.
- Panter, D. M. And F. L. Allen. 1995. Using best linear unbiased predictions to enhance breeding for yield in soybean: I. Choosing parents. Crop Sci. 35: 397-405.
- Pollak, L. M., S. C. Torres and A. R. Sotomayor. 1991. Evaluation of heterotic patterns among Caribbean and Tropical x Temperate maize populations. Crop Sci. 31: 1480-1483.



- Ramos, G. F. Y J. G. Moreno. 1994. Patrones heteróticos en dialelos de poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). p: 387. *In*: P. Ramírez V., F. Zavala G., N. E. Treviño H., E. Cárdenas C., y M. Martínez R. (Eds.). Memorias del II Congreso Latinoamericano de Genética (Área Vegetal) y XV Congreso de Fitogenética: Notas científicas. SOMEFI. Monterrey, N. L. México.
- Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Ed. AGT. México. 460 p.
- Robles, S. R. 1987. Terminología Genética y Fitogenética. Ed. Trillas. México. 163 p.
- SAS. 1996. SAS/STAT user's guide: 6.11<sup>th</sup> ed. Vol. 2. SAS Inst. Cary, N. C. 956 p.
- Sierra, M. M, F. Rodríguez A., R. Castillo A. y R. Preciado. 1991. Selección de líneas por su rendimiento y adaptación en base a un patrón heterótico conocido. *In*: XXXVII Reunión Anual PCCMCA. Panamá. pp: 109-113.
- Stroup, W. W. 1989. Predictable functions and prediction space in the mixed model procedure. *In*: Applications of Mixed Models in Agriculture and Related Disciplines, Southern Cooperative Series, Bulletin No. 343. Louisiana Agricultural Experiment Station. Baton Rouge. pp:39-48.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, J. Crossa and D. L. Beck. 1992 a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early-maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 32: 884-890.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, F. González C., G. C. Han, S. Pandey, D. L. Beck and J. Crossa. 1992 b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical and subtropical maize germplasm. *Crop Sci.* 32: 1483-1489.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, S. Pandey, F. González C., J. Crossa and D. L. Beck. 1993 a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's quality protein maize germplasm: I. Lowland Tropical. *Crop Sci.* 33: 46-51.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, F. González C., D. L. Beck and J. Crossa. 1993 b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's quality protein maize germplasm: II. Subtropical. *Crop Sci.* 33: 51-57.
- Xu, W., S. S. Virmani, J. E. Hernández, E. D. Redoña and L. S. Sebastián. 2000. Prediction of hybrid performance in rice: comparisons among best linear unbiased prediction (BLUP) procedure, midparent value, and molecular marker distance. *Plant breeding*: 12-13.

## **VIII. APÉNDICE**

Cuadro A. 1. Apareamiento para la formación del patrón heterótico Ideotipo x Enano

Machos	Hembras						
	8	9	10	11	12	13	14
1	X	(MH) <sub>1,9</sub>	(MH) <sub>1,10</sub>	(MH) <sub>1,11</sub>	X	(MH) <sub>1,13</sub>	(MH) <sub>1,14</sub>
2	(MH) <sub>2,8</sub>	(MH) <sub>2,9</sub>	(MH) <sub>2,10</sub>	(MH) <sub>2,11</sub>	(MH) <sub>2,12</sub>	(MH) <sub>2,13</sub>	(MH) <sub>2,14</sub>
3	(MH) <sub>3,8</sub>	(MH) <sub>3,9</sub>	(MH) <sub>3,10</sub>	(MH) <sub>3,11</sub>	(MH) <sub>3,12</sub>	(MH) <sub>3,13</sub>	(MH) <sub>3,14</sub>
4	(MH) <sub>4,8</sub>	(MH) <sub>4,9</sub>	(MH) <sub>4,10</sub>	(MH) <sub>4,11</sub>	(MH) <sub>4,12</sub>	(MH) <sub>4,13</sub>	(MH) <sub>4,14</sub>
5	(MH) <sub>5,8</sub>	(MH) <sub>5,9</sub>	(MH) <sub>5,10</sub>	(MH) <sub>5,11</sub>	(MH) <sub>5,12</sub>	(MH) <sub>5,13</sub>	(MH) <sub>5,14</sub>
6	X	X	X	X	X	X	X
7	(MH) <sub>7,8</sub>	(MH) <sub>7,9</sub>	X	(MH) <sub>7,11</sub>	X	(MH) <sub>7,13</sub>	(MH) <sub>7,14</sub>

X, cruzas sin realizar.

Cuadro A. 2. Apareamiento para la formación del patrón heterótico Ideotipo x Precoz

Machos	Hembras							
	15	16	17	18	19	20	21	22
1	(MH) <sub>1,15</sub>	(MH) <sub>1,16</sub>	(MH) <sub>1,17</sub>	(MH) <sub>1,18</sub>	(MH) <sub>1,19</sub>	(MH) <sub>1,20</sub>	(MH) <sub>1,21</sub>	(MH) <sub>1,22</sub>
2	(MH) <sub>2,15</sub>	(MH) <sub>2,16</sub>	(MH) <sub>2,17</sub>	(MH) <sub>2,18</sub>	(MH) <sub>2,19</sub>	(MH) <sub>2,20</sub>	(MH) <sub>2,21</sub>	(MH) <sub>2,22</sub>
3	(MH) <sub>3,15</sub>	(MH) <sub>3,16</sub>	(MH) <sub>3,17</sub>	(MH) <sub>3,18</sub>	(MH) <sub>3,19</sub>	X	(MH) <sub>3,21</sub>	(MH) <sub>3,22</sub>
4	(MH) <sub>4,15</sub>	(MH) <sub>4,16</sub>	(MH) <sub>4,17</sub>	(MH) <sub>4,18</sub>	(MH) <sub>4,19</sub>	(MH) <sub>4,20</sub>	(MH) <sub>4,21</sub>	(MH) <sub>4,22</sub>
5	(MH) <sub>5,15</sub>	(MH) <sub>5,16</sub>	(MH) <sub>5,17</sub>	(MH) <sub>5,18</sub>	(MH) <sub>5,19</sub>	(MH) <sub>5,20</sub>	(MH) <sub>5,21</sub>	(MH) <sub>5,22</sub>
6	X	X	X	X	X	X	X	X
7	(MH) <sub>7,15</sub>	(MH) <sub>7,16</sub>	(MH) <sub>7,17</sub>	(MH) <sub>7,18</sub>	(MH) <sub>7,19</sub>	(MH) <sub>7,20</sub>	(MH) <sub>7,21</sub>	(MH) <sub>7,22</sub>

X, cruzas sin realizar.

Cuadro A. 3. Apareamiento para la formación del patrón heterótico Ideotipo x Tropical

Machos	Hembras						
	23	24	25	26	27	28	29
1	(MH) <sub>1,23</sub>	(MH) <sub>1,24</sub>	(MH) <sub>1,25</sub>	(MH) <sub>1,26</sub>	(MH) <sub>1,27</sub>	(MH) <sub>1,28</sub>	(MH) <sub>1,29</sub>
2	(MH) <sub>2,23</sub>	(MH) <sub>2,24</sub>	(MH) <sub>2,25</sub>	(MH) <sub>2,26</sub>	X	(MH) <sub>2,28</sub>	(MH) <sub>2,29</sub>
3	(MH) <sub>3,23</sub>	(MH) <sub>3,24</sub>	(MH) <sub>3,25</sub>	(MH) <sub>3,26</sub>	(MH) <sub>3,27</sub>	(MH) <sub>3,28</sub>	(MH) <sub>3,29</sub>
4	(MH) <sub>4,23</sub>	(MH) <sub>4,24</sub>	(MH) <sub>4,25</sub>	(MH) <sub>4,26</sub>	(MH) <sub>4,27</sub>	(MH) <sub>4,28</sub>	(MH) <sub>4,29</sub>
5	(MH) <sub>5,23</sub>	(MH) <sub>5,24</sub>	(MH) <sub>5,25</sub>	(MH) <sub>5,26</sub>	(MH) <sub>5,27</sub>	(MH) <sub>5,28</sub>	(MH) <sub>5,29</sub>
6	(MH) <sub>6,23</sub>	(MH) <sub>6,24</sub>	(MH) <sub>6,25</sub>	(MH) <sub>6,26</sub>	X	(MH) <sub>6,28</sub>	X
7	X	(MH) <sub>7,24</sub>	(MH) <sub>7,25</sub>	(MH) <sub>7,26</sub>	(MH) <sub>7,27</sub>	(MH) <sub>7,28</sub>	X

X, cruzas sin realizar.

Cuadro A. 4. Apareamiento para la formación del patrón heterótico Enano x Precoz

Machos	Hembras							
	15	16	17	18	19	20	21	22
8	(MH) <sub>8,15</sub>	(MH) <sub>8,16</sub>	X	(MH) <sub>8,18</sub>	(MH) <sub>8,19</sub>	X	(MH) <sub>8,21</sub>	(MH) <sub>8,22</sub>
9	(MH) <sub>9,15</sub>	(MH) <sub>9,16</sub>	(MH) <sub>9,17</sub>	(MH) <sub>9,18</sub>	(MH) <sub>9,19</sub>	(MH) <sub>9,20</sub>	(MH) <sub>9,21</sub>	(MH) <sub>9,22</sub>
10	(MH) <sub>10,15</sub>	(MH) <sub>10,16</sub>	(MH) <sub>10,17</sub>	(MH) <sub>10,18</sub>	(MH) <sub>10,19</sub>	X	(MH) <sub>10,21</sub>	(MH) <sub>10,22</sub>
11	(MH) <sub>11,15</sub>	(MH) <sub>11,16</sub>	(MH) <sub>11,17</sub>	(MH) <sub>11,18</sub>	(MH) <sub>11,19</sub>	(MH) <sub>11,20</sub>	(MH) <sub>11,21</sub>	(MH) <sub>11,22</sub>
12	(MH) <sub>12,15</sub>	X	X	X	X	X	X	X
13	(MH) <sub>13,15</sub>	(MH) <sub>13,16</sub>	(MH) <sub>13,17</sub>	(MH) <sub>13,18</sub>	(MH) <sub>13,19</sub>	X	X	(MH) <sub>13,22</sub>
14	(MH) <sub>14,15</sub>	(MH) <sub>14,16</sub>	X	(MH) <sub>14,18</sub>	X	X	(MH) <sub>14,21</sub>	(MH) <sub>14,22</sub>

X, cruzas sin realizar.

Cuadro A. 5. Apareamiento para la formación del patrón heterótico Enano x Tropical

Machos	Hembras						
	23	24	25	26	27	28	29
8	(MH) <sub>8,23</sub>	(MH) <sub>8,24</sub>	(MH) <sub>8,25</sub>	(MH) <sub>8,26</sub>	(MH) <sub>8,27</sub>	(MH) <sub>8,28</sub>	(MH) <sub>8,29</sub>
9	X	(MH) <sub>9,24</sub>	(MH) <sub>9,25</sub>	X	(MH) <sub>9,27</sub>	(MH) <sub>9,28</sub>	(MH) <sub>9,29</sub>
10	X	X	X	X	X	(MH) <sub>3,13</sub>	(MH) <sub>3,14</sub>
11	X	(MH) <sub>11,24</sub>	(MH) <sub>11,25</sub>	(MH) <sub>11,26</sub>	(MH) <sub>11,27</sub>	(MH) <sub>11,28</sub>	(MH) <sub>11,29</sub>
12	X	X	X	X	X	X	X
13	(MH) <sub>13,23</sub>	(MH) <sub>13,4</sub>	(MH) <sub>13,25</sub>	(MH) <sub>13,26</sub>	(MH) <sub>13,27</sub>	(MH) <sub>13,28</sub>	(MH) <sub>13,29</sub>
14	X	(MH) <sub>14,24</sub>	X	(MH) <sub>14,26</sub>	(MH) <sub>14,27</sub>	(MH) <sub>14,28</sub>	(MH) <sub>14,29</sub>

X, cruzas sin realizar.

Cuadro A. 6. Apareamiento para la formación del patrón heterótico Precoz x Tropical

Machos	Hembras						
	23	24	25	26	27	28	29
15	(MH) <sub>15,23</sub>	(MH) <sub>15,24</sub>	(MH) <sub>15,25</sub>	(MH) <sub>15,26</sub>	(MH) <sub>15,27</sub>	(MH) <sub>15,28</sub>	(MH) <sub>15,29</sub>
16	(MH) <sub>16,23</sub>	(MH) <sub>16,24</sub>	(MH) <sub>16,25</sub>	(MH) <sub>16,26</sub>	X	(MH) <sub>16,28</sub>	(MH) <sub>16,29</sub>
17	X	X	(MH) <sub>17,25</sub>	X	X	(MH) <sub>17,28</sub>	(MH) <sub>17,29</sub>
18	(MH) <sub>18,23</sub>	(MH) <sub>18,24</sub>	(MH) <sub>18,25</sub>	(MH) <sub>18,26</sub>	(MH) <sub>18,27</sub>	(MH) <sub>18,28</sub>	(MH) <sub>18,29</sub>
19	(MH) <sub>19,23</sub>	(MH) <sub>19,24</sub>	(MH) <sub>19,25</sub>	(MH) <sub>19,26</sub>	(MH) <sub>19,27</sub>	(MH) <sub>19,28</sub>	(MH) <sub>19,29</sub>
20	(MH) <sub>20,23</sub>	X	(MH) <sub>20,25</sub>	(MH) <sub>20,26</sub>	(MH) <sub>20,27</sub>	(MH) <sub>20,28</sub>	(MH) <sub>20,29</sub>
21	(MH) <sub>21,23</sub>	(MH) <sub>21,24</sub>	(MH) <sub>21,25</sub>	(MH) <sub>21,26</sub>	(MH) <sub>21,27</sub>	(MH) <sub>21,28</sub>	(MH) <sub>21,29</sub>
22	(MH) <sub>22,23</sub>	(MH) <sub>22,24</sub>	(MH) <sub>22,25</sub>	(MH) <sub>22,26</sub>	(MH) <sub>22,27</sub>	(MH) <sub>22,28</sub>	(MH) <sub>22,29</sub>

X, cruzas sin realizar.

Cuadro A. 7. Cuadrados medios del análisis de varianza del diseño de apareamiento

Lugar	G. L.	RG t ha <sup>-1</sup>	FM Días	FF días	AP cm	AM cm
Localidades	1	407.721 **	7961.414 **	7858.753 **	22871.918 **	23995.159 **
Bloques/Localidades	8	1.107	11.400	8.492	334.077	261.740
Machos	21	22.287 **	87.920 **	120.996 **	4197.157 **	1953.707 **
Hembras	21	20.120 **	394.975 **	447.389 **	2467.745 **	1754.364 **
Machos x Hembras	207	5.039 **	11.090	10.826 *	359.690 **	274.853
Localidades x Machos	21	6.121 **	20.787 *	26.605 **	485.948 **	468.497 **
Localidades x Hembras	21	3.711	37.868 **	25.868 **	224.038	305.168
Localidades x Machos x Hembras	207	2.740	8.658	8.286	243.990	199.918
Error	570	2.431	11.138	8.657	254.602	231.582
<b>C.V. (%)</b>		13.868	4.130	3.552	6.402	11.003

\* y \*\* ,significativo al nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; C.V.(%), coeficiente de variación; G.L., grados de libertad; RG, rendimiento de grano; FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca.



Cuadro A.8. Aptitud combinatoria específica de cruzas simples para la variable rendimiento de grano.

Cruza	Tipo de cruza	Patrón	Media	ACE	Cruza	Tipo de cruza	Patrón	Media	ACE
5x11	CT	IdeoxEna	15.362	4.241 **	21x23	CT	PrexTrop	12.15	1.777 *
7x15	CT	IdeoxPre	12.575	4.054 **	9x15	CT	EnaxPre	11.611	1.756 *
6x23	CS	IdeoxTrop	12.962	4.049 **	16x24	CT	PrexTrop	13.847	1.746 *
7x17	CT	IdeoxPre	11.552	3.849 **	2x8	CT	IdeoxEna	14.027	1.741 *
15x24	CT	PrexTrop	14.818	3.840 **	11x24	CS	EnaxTrop	13.08	1.645 *
17x28	CT	PrexTrop	13.828	3.818 **	1x29	CD	IdeoxTrop	13.86	1.642 *
3x17	CT	IdeoxPre	12.943	3.606 **	12x15	CT	EnaxPre	11.564	1.627 *
8x25	CS	EnaxTrop	14.990	3.413 **	3x21	CD	IdeoxPre	12.301	1.585 *
7x24	CS	IdeoxTrop	12.756	3.328 **	13x28	CD	EnaxTrop	13.586	1.565 *
18x23	CS	PrexTrop	14.643	3.301 **	5x9	CT	IdeoxEna	12.003	1.555 *
7x16	CT	IdeoxPre	12.890	3.246 **	11x17	CS	EnaxPre	11.239	1.529 *
7x28	CT	IdeoxTrop	12.490	3.212 **	22x25	CT	PrexTrop	12.626	1.524 *
7x25	CS	IdeoxTrop	12.147	3.156 **	9x28	CT	EnaxTrop	12.124	1.512 *
17x25	CS	PrexTrop	12.727	3.004 **	6x25	CS	IdeoxTrop	10.539	1.497 *
11x25	CS	EnaxTrop	13.936	2.938 **	4x9	CT	IdeoxEna	12.04	1.496 *
7x27	CS	IdeoxTrop	11.991	2.889 **	1x22	CD	IdeoxPre	13.212	1.429 *
3x25	CT	IdeoxTrop	13.383	2.758 **	9x27	CS	EnaxTrop	11.831	1.395 *
17x29	CT	PrexTrop	13.659	2.720 **	1x26	CT	IdeoxTrop	13.231	1.348
20x28	CD	PrexTrop	13.544	2.623 **	1x13	CD	IdeoxEna	13.061	1.336
5x23	CT	IdeoxTrop	13.589	2.584 **	14x21	CD	EnaxPre	12.661	1.325
6x28	CT	IdeoxTrop	11.912	2.583 **	7x8	CS	IdeoxEna	10.853	1.296
7x26	CS	IdeoxTrop	12.406	2.534 **	16x28	CT	PrexTrop	13.224	1.273
3x9	CT	IdeoxEna	12.401	2.462 **	3x18	CT	IdeoxPre	12.357	1.272
1x17	CT	IdeoxPre	12.094	2.380 **	3x19	CT	IdeoxPre	12.224	1.262
9x20	CT	EnaxPre	12.304	2.356 **	3x23	CT	IdeoxTrop	11.758	1.262
7x9	CS	IdeoxEna	10.649	2.344 **	5x22	CD	IdeoxPre	13.173	1.258
5x13	CD	IdeoxEna	14.167	2.310 **	1x18	CT	IdeoxPre	12.017	1.197
15x27	CT	PrexTrop	12.920	2.268 **	14x27	CT	EnaxTrop	12.54	1.184
3x26	CT	IdeoxTrop	13.659	2.153 **	1x27	CT	IdeoxTrop	12.273	1.160
11x15	CT	EnaxPre	12.656	2.128 **	1x28	CD	IdeoxTrop	12.447	1.158
1x20	CD	IdeoxPre	12.680	2.055 **	1x23	CT	IdeoxTrop	11.993	1.120
4x12	CT	IdeoxEna	12.599	1.973 **	5x27	CT	IdeoxTrop	12.358	1.113
8x28	CT	EnaxTrop	13.687	1.823 *	8x24	CS	EnaxTrop	13.127	1.113
14x15	CD	EnaxPre	12.594	1.819 *	13x26	CT	EnaxTrop	13.642	1.027
20x27	CT	PrexTrop	12.536	1.791 *	1x15	CD	IdeoxPre	11.522	0.990



Cuadro A. 8..... continuación.

<b>Cruza</b>	<b>Tipo de cruza</b>	<b>Patrón</b>	<b>Media</b>	<b>ACE</b>	<b>Cruza</b>	<b>Tipo de cruza</b>	<b>Patrón</b>	<b>Media</b>	<b>ACE</b>
7x22	CT	IdeoxPre	10.756	0.984	8x23	CS	EnaxTrop	11.822	0.374
11x27	CS	EnaxTrop	12.091	0.982	2x22	CD	IdeoxPre	12.869	0.368
7x14	CT	IdeoxEna	10.167	0.942	10x21	CT	EnaxPre	12.444	0.362
4x16	CD	IdeoxPre	12.802	0.919	5x15	CD	IdeoxPre	11.019	0.355
5x26	CT	IdeoxTrop	12.906	0.891	2x23	CT	IdeoxTrop	11.945	0.354
6x26	CS	IdeoxTrop	10.799	0.876	14x16	CD	EnaxPre	12.251	0.353
20x23	CT	PrexTrop	11.362	0.857	5x28	CD	IdeoxTrop	11.622	0.345
5x20	CD	IdeoxPre	11.594	0.837	11x21	CT	EnaxPre	11.424	0.335
7x20	CT	IdeoxPre	9.413	0.799	18x26	CS	PrexTrop	12.682	0.330
8x27	CS	EnaxTrop	12.48	0.792	9x29	CT	EnaxTrop	11.847	0.306
7x13	CT	IdeoxEna	10.498	0.784	9x17	CS	EnaxPre	9.331	0.294
14x28	CD	EnaxTrop	12.313	0.781	9x25	CS	EnaxTrop	10.603	0.278
22x28	CD	PrexTrop	12.857	0.778	1x24	CT	IdeoxTrop	11.704	0.265
5x17	CT	IdeoxPre	10.576	0.730	4x8	CT	IdeoxEna	12.057	0.261
1x25	CT	IdeoxTrop	11.728	0.726	20x29	CD	PrexTrop	12.11	0.260
9x22	CT	EnaxPre	11.822	0.716	16x29	CD	PrexTrop	13.122	0.242
1x16	CD	IdeoxPre	12.325	0.670	16x23	CT	PrexTrop	11.752	0.217
7x11	CS	IdeoxEna	9.646	0.668	3x29	CD	IdeoxTrop	12.04	0.199
19x23	CS	PrexTrop	11.883	0.664	10x28	CT	EnaxTrop	12.453	0.175
8x26	CS	EnaxTrop	13.087	0.629	21x26	CT	PrexTrop	12.155	0.172
9x21	CT	EnaxPre	11.039	0.623	1x11	CT	IdeoxEna	11.138	0.149
4x19	CT	IdeoxPre	12.186	0.619	13x24	CT	EnaxTrop	12.318	0.147
7x19	CS	IdeoxPre	9.92	0.592	14x22	CT	EnaxPre	12.145	0.119
18x25	CS	PrexTrop	12.058	0.587	16x25	CT	PrexTrop	11.778	0.114
15x28	CD	PrexTrop	11.402	0.574	5x21	CD	IdeoxPre	11.319	0.094
7x21	CT	IdeoxPre	9.646	0.564	15x25	CT	PrexTrop	10.629	0.088
3x15	CD	IdeoxPre	10.703	0.548	8x29	CT	EnaxTrop	12.880	0.087
3x11	CT	IdeoxEna	11.152	0.540	2x21	CD	IdeoxPre	11.885	0.074
8x15	CT	EnaxPre	11.631	0.524	10x15	CT	EnaxPre	11.542	0.021
5x24	CT	IdeoxTrop	12.043	0.472	9x16	CT	EnaxPre	10.977	0.019
4x11	CT	IdeoxEna	11.68	0.463	11x16	CT	EnaxPre	11.609	-0.042
9x24	CS	EnaxTrop	11.184	0.422	3x16	CD	IdeoxPre	11.233	-0.045
19x26	CS	PrexTrop	12.643	0.414	15x29	CD	PrexTrop	11.688	-0.069
5x19	CT	IdeoxPre	11.883	0.412	13x27	CT	EnaxTrop	11.765	-0.080
2x9	CT	IdeoxEna	11.432	0.398	21x25	CT	PrexTrop	11.017	-0.085
11x18	CS	EnaxPre	11.844	0.386	19x28	CT	PrexTrop	11.547	-0.088



Cuadro A. 8..... continuación.

<b>Cruza</b>	<b>Tipo de cruza</b>	<b>Patrón</b>	<b>Media</b>	<b>ACE</b>	<b>Cruza</b>	<b>Tipo de cruza</b>	<b>Patrón</b>	<b>Media</b>	<b>ACE</b>
11x22	CT	EnaxPre	11.690	-0.089	22x23	CT	PrexTrop	10.966	-0.697
6x24	CS	IdeoxTrop	9.382	-0.097	2x25	CT	IdeoxTrop	10.996	-0.724
5x14	CD	IdeoxEna	11.255	-0.143	9x18	CS	EnaxPre	10.036	-0.749
21x28	CD	PrexTrop	10.987	-0.148	19x24	CS	PrexTrop	11.03	-0.755
15x26	CT	PrexTrop	11.236	-0.186	15x23	CT	PrexTrop	9.584	-0.828
3x13	CD	IdeoxEna	11.153	-0.195	21x29	CD	PrexTrop	11.483	-0.835
3x22	CD	IdeoxPre	11.203	-0.203	3x10	CT	IdeoxEna	10.763	-0.842
4x28	CD	IdeoxTrop	11.292	-0.225	22x26	CT	PrexTrop	11.236	-0.843
14x29	CD	EnaxTrop	12.233	-0.228	3x27	CT	IdeoxTrop	9.88	-0.856
10x22	CT	EnaxPre	12.528	-0.244	14x18	CT	EnaxPre	10.779	-0.926
4x15	CD	IdeoxPre	10.497	-0.263	14x24	CT	EnaxTrop	10.742	-0.940
11x19	CS	EnaxPre	11.056	-0.279	3x24	CT	IdeoxTrop	10.097	-0.965
4x29	CD	IdeoxTrop	12.160	-0.286	22x29	CD	PrexTrop	12.02	-0.988
13x22	CD	EnaxPre	10.226	-0.289	9x19	CS	EnaxPre	9.634	-1.028
18x27	CS	PrexTrop	11.265	-0.317	13x23	CT	EnaxTrop	10.566	-1.039
1x21	CD	IdeoxPre	10.760	-0.333	10x29	CT	EnaxTrop	12.151	-1.056
2x17	CT	IdeoxPre	10.071	-0.361	19x29	CT	PrexTrop	11.462	-1.077
4x23	CT	IdeoxTrop	10.732	-0.369	11x28	CT	EnaxTrop	10.186	-1.099
7x18	CS	IdeoxPre	9.064	-0.387	3x28	CD	IdeoxTrop	9.727	-1.185
13x25	CT	EnaxTrop	11.344	-0.390	1x10	CT	IdeoxEna	10.747	-1.235
5x10	CT	IdeoxEna	11.716	-0.398	2x28	CD	IdeoxTrop	10.76	-1.247
20x25	CT	PrexTrop	10.215	-0.419	10x18	CS	EnaxPre	11.162	-1.289
5x18	CT	IdeoxPre	11.144	-0.450	2x18	CT	IdeoxPre	10.866	-1.314
2x24	CT	IdeoxTrop	11.705	-0.452	13x15	CD	EnaxPre	9.942	-1.322
3x14	CD	IdeoxEna	11.442	-0.467	11x26	CS	EnaxTrop	10.527	-1.352
2x12	CT	IdeoxEna	10.612	-0.504	13x19	CT	EnaxPre	10.68	-1.391 *
5x29	CD	IdeoxTrop	11.84	-0.510	18x24	CS	PrexTrop	10.503	-1.405 *
3x8	CT	IdeoxEna	10.666	-0.525	2x14	CD	IdeoxEna	10.543	-1.411 *
1x14	CD	IdeoxEna	10.646	-0.590	1x9	CT	IdeoxEna	8.88	-1.436 *
5x25	CT	IdeoxTrop	10.518	-0.616	18x29	CT	PrexTrop	11.212	-1.475 *
4x10	CT	IdeoxEna	11.589	-0.621	8x22	CT	EnaxPre	10.874	-1.484 *
14x26	CD	EnaxTrop	11.503	-0.623	2x16	CD	IdeoxPre	10.888	-1.485 *
2x15	CD	IdeoxPre	10.603	-0.647	11x20	CT	EnaxPre	9.121	-1.500 *
4x13	CD	IdeoxEna	11.302	-0.651	2x11	CT	IdeoxEna	10.174	-1.533 *
4x14	CD	IdeoxEna	10.813	-0.651	2x19	CT	IdeoxPre	10.514	-1.543 *
19x27	CS	PrexTrop	10.781	-0.678	2x20	CD	IdeoxPre	9.786	-1.557 *



Cuadro A. 8..... continuación.

<b>Cruza</b>	<b>Tipo de cruza</b>	<b>Patrón</b>	<b>Media</b>	<b>ACE</b>		<b>Cruza</b>	<b>Tipo de cruza</b>	<b>Patrón</b>	<b>Media</b>	<b>ACE</b>
2x13	CD	IdeoxEna	10.861	-1.582	*	16x26	CT	PrexTrop	10.006	-2.539 **
19x25	CS	PrexTrop	9.627	-1.721	*	4x20	CD	IdeoxPre	8.237	-2.616 **
13x16	CD	EnaxPre	10.651	-1.736	*	22x24	CT	PrexTrop	9.529	-2.700 **
10x19	CS	EnaxPre	10.503	-1.825	*	1x19	CT	IdeoxPre	8.497	-2.842 **
13x29	CD	EnaxTrop	11.031	-1.919	*	4x18	CT	IdeoxPre	8.776	-2.914 **
11x29	CT	EnaxTrop	10.287	-1.927	**	4x27	CT	IdeoxTrop	8.315	-3.026 **
10x17	CS	EnaxPre	8.763	-1.940	**	2x10	CT	IdeoxEna	9.592	-3.108 **
4x22	CD	IdeoxPre	9.996	-2.015	**	21x27	CT	PrexTrop	8.068	-3.145 **
13x17	CT	EnaxPre	8.406	-2.040	**	4x17	CT	IdeoxPre	6.774	-3.168 **
20x26	CT	PrexTrop	9.42	-2.095	**	4x26	CT	IdeoxTrop	8.891	-3.220 **
8x21	CT	EnaxPre	9.559	-2.109	**	10x16	CT	EnaxPre	9.354	-3.290 **
18x28	CT	PrexTrop	9.624	-2.134	**	8x19	CS	EnaxPre	8.257	-3.657 **
13x18	CT	EnaxPre	10.053	-2.141	**	4x21	CD	IdeoxPre	7.592	-3.729 **
22x27	CT	PrexTrop	9.007	-2.206	**	5x8	CT	IdeoxEna	7.924	-3.776 **
2x26	CT	IdeoxTrop	10.369	-2.232	**	21x24	CT	PrexTrop	7.541	-3.998 **
5x16	CD	IdeoxPre	9.528	-2.259	**	4x24	CT	IdeoxTrop	7.642	-4.025 **
2x29	CD	IdeoxTrop	10.597	-2.339	**	8x16	CT	EnaxPre	6.196	-6.034 **
8x18	CS	EnaxPre	9.652	-2.385	**	4x25	CT	IdeoxTrop	4.712	-6.518 **

Ideo, ideotipo; Ena, enano; Pre, precoz; Trop, tropical; \* , \*\* diferentes de cero al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad.