

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

" ANTONIO NARRO "



PREDICCIÓN DE CRUZAS TRIPLES Y DOBLES DE MAÍZ

EN EL TROPICO Y SUBTROPICO DE MEXICO

POR:

SAMUEL ENRIQUEZ PEREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH.

NOVIEMBRE DE 2003

**TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR
DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION**

COMITE PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL:

DR. SERGIO RODRIGUEZ HERRERA.

SINODAL:

ING. MODESTO COLIN RICO

SINODAL:

ING. ADOLFO ORTEGON PEREZ

SINODAL:

ING. MANUEL PANUCO VALERIO

COORDINADOR DE AGRONOMIA

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCIA

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme la gran dicha de ser lo que soy y por el gran hecho de seguir existiendo.

Al **Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera** por su colaboración y apoyo en este trabajo de tesis.

Al **Ing. Modesto Colín Rico, Ing. Adolfo Ortegón Pérez y al Ing. Manuel Panuco Valerio** por su participación en la presentación de este trabajo.

Al **Ing. Manuel Burciaga Vera** por el apoyo brindado en el transcurso de mi estancia en esta institución.

A la **Maestra Maria Luisa Pérez Quiroz** por el gran apoyo moral y económico que me brindo durante mi estancia en esta institución.

Al **Ing. Candelario Díaz García** por el apoyo incondicional que me ha brindado desde el inicio de mi carrera.

A los ingenieros **Francisco Ramírez Macias y Manuel Martínez Enríquez** por el apoyo brindado durante mis viajes de estancia.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por haberme permitido forjar parte de mi vida en sus aulas y con la esperanza de que sus egresados la hagan grande.

A mis compañeros de la generación **XCIV** por todos los momentos que pasamos juntos.

DEDICATORIA

Con respeto, admiración y con mucho cariño a mis padres:

Maria Elena Pérez Quiroz

Samuel Enríquez Macias

Dedicando este trabajo con mucho cariño especialmente para ustedes, que son los seres mas importantes en mi vida y por ofrecerme la mejor herencia que pudieron darme “ una profesión “, esperando que con esto vean realizado un poco del mucho esfuerzo que han puesto en mi formación y pidiéndole a Dios que me los cuide y me los bendiga por siempre.

A mis hermanos:

Nancy &

Juan Manuel

A mis abuelos:

Ramona Quiroz

Ma. Luz Macias Álvarez (†)

Juan Pérez Macias

Rafael Enríquez Magaña (†)

Por ser los pilares de la familia y porque siempre desearon que fuera gente de provecho.

A mis tíos (as) :

Sin hacer caso omiso de alguno de ellos, principalmente de aquellos que tienen una relación mas cercana y que de cierto modo estuvieron apoyándome.

A mis primos (as) :

También para todos ellos sin omitir alguno, siendo parte de mi familia, que gracias al apoyo que me han brindado han estado principalmente a aquellos que han estado conmigo en las buenas y en las malas.

A mis amigos:

Por los momentos que disfrutamos juntos y por la gran amistad que nos une, esperando siga siendo igual en todo momento y por hacer que los momentos fuera de casa fueran mas placenteros.

También un agradecimiento muy especial al Sr. Eliseo Martínez Domínguez por sus consejos y su apoyo moral.

También a todas aquellas personas que en su momento supieron llenarme de cariño y que ocupan un espacio en mi corazón, para toda ellas con mucho cariño, muy especialmente para **Ana María Ríos Martínez** por los momentos gratos de felicidad y cariño que hemos pasado juntos.

RESUMEN

Se realizó la predicción por medio de rendimientos estas cruzas simples para ver cuales serian las mejores cruzas dobles y triples que se pueden explotar comercialmente con el objeto de poder formar un numero razonable de ellas, evaluarlas e identificar las más provisorias.

Los programas subtropical y tropical de CIMMYT proporcionaron 12 líneas élite (ocho que pertenecen al grupo heterótico "A" y cuatro del grupo heterótico "B") con los cuales se formo un dialélico 12 x 12. estos materiales se evaluaron en seis localidades que representan los ambientes tropicales y subtropicales de México.

Se escogieron las mejores cruzas simples tanto de ambientes tropicales, subtropicales y de los dos combinados de las localidades de Poza Rica Ver., Tlaltizapán, Mor., San Pedro Lagunillas, Nay., Celaya, Gto., Cd. Guzmán, Jal. y Gómez Farias, Jal. para la predicción de las cruzas dobles y triples.

Se utilizo el método B de Jenkins por que en la literatura se señala como el más efectivo.

Todas las cruzas predichas superan a la media de testigos utilizados por lo que es necesario formar y evaluar dichas cruzas en comparación con los testigos para constatar su potencial.

Cabe señalar que las cruzas predichas se construyeron respetando el patrón heterótico existente entre líneas de los grupos A y B.

De acuerdo a la diferencia mínima significativa no se encontró ningún cruzamiento predicho diferente a la media general. Se espera que al evaluar las cruzas se tenga un repunte en el rendimiento ya que se respeto el patrón heterótico.

Se llevo a cabo el calculo para predecir las diferentes cruzas en base a la selección de las mejores cruzas simples.

Las mejores cruzas predichas fueron:

Cruza doble tropical.- (4x8) (3X9) con 7.677 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza doble subtropical.- (1x5) (7x10) con 8.781 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza doble combinado.- (1x7) (8x9) con 8.238 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza triple tropical.- (8 x 9) x 3 con 8.140 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza triple subtropical.- (1 x 8) x 3 con 8.897 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza triple combinado.- (7 x 8) x 3 con 8.397 ton/ha de rendimiento predicho.

Consideramos que el método B de Jenkins fue efectivo para el calculo de predicción de los dos tipos de cruzas.

Consideramos que el método B de Jenkins fue efectivo para el cálculo de predicción de los dos tipos de cruza.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iv
INDICE DE CUADROS	viii
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	2
REVISION DE LITERATURA	3
- Análisis dialélico	3
- Métodos de predicción	8
- Híbridos dobles	15
- Híbridos triples	20
MATERIALES Y METODOS	22
- Material genético	22
- Descripción de área de estudio	25
- Variedades evaluadas	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFIA	47
APENDICE	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Descripción de las líneas de maíz con las que se formó el dialélico.	24
3.2	Ubicación y descripción de las localidades donde se evaluaron los 66 híbridos simples de maíz.	25
4.1	Concentración de las mejores cruzas simples.	42
4.2	Concentración de las mejores cruzas dobles predichas.	43
4.3	Concentración de las mejores cruzas triples predichas.	44
A.1	Medias ajustadas para rendimiento y diferentes características agronómicas a través de los tres ambientes tropicales evaluados en 1995.	51
A.2	Medias ajustadas para rendimiento y diferentes características agronómicas a través de los tres ambientes subtropicales evaluados en 1995.	52
A.3	Medias ajustadas para rendimiento y características agronómicas evaluadas de las seis localidades de prueba en 1995.	53

INTRODUCCION

Aproximadamente 60 millones de hectáreas de maíz se siembran anualmente en los trópicos con un rendimiento promedio de 1.2 ton/ha, este bajo rendimiento tiene que ver principalmente con la poca luz que se intercepta durante la estación de lluvia en los trópicos, lo cual coincide con el periodo de llenado de grano del cultivo, variación extrema del clima, lluvias erráticas, altas temperaturas, baja fertilidad (N) de la mayoría de los suelos, etc. Esta situación se hace mas limitante en los países en vías de desarrollo debido a que todo el maíz que siembran aproximadamente el 42 por ciento se ubica en los Trópicos (Pandey y Gardner, 1992).

En el área tropical de México se siembran 3 millones de hectáreas, de estas poco mas de un millón están comprendidas en regiones agronómicas de buena y de muy buena productividad y 100 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego (Sierra *et al.*, 1995). Sin embargo, el área subtropical de México es la de mayor importancia en la producción de maíz, que solo el 28 por ciento de la superficie total sembrada aporta el 49 por ciento de la producción nacional (Maya, 1996).

Los fitomejoradores de maíz en el trópico y subtropico han hecho su mayor énfasis en la diversidad genética dentro de cada tipo de germoplasma y solo ocasionalmente han intentado inter cruzar materiales de origen tropical y subtropical. Esto se debe principalmente al problema de adaptación, respuesta al fotoperiodo, susceptibilidad a plagas y enfermedades (Vasal *et al.*, 1992^a). Sin embargo, con las nuevas estrategias de investigación se buscan materiales

élite mas competitivos, con mayor adaptación y estabilidad a través de localidades. Esto se corrobora con los esfuerzos que realizan los investigadores de CIMMYT al cruzar materiales de diferentes regiones geográficas, tal como fue reportado por Vasal *et al.*, (1992^a) al sugerir que al cruzar germoplasma de diferentes grupos de adaptación se puede tener un mejor uso del vigor híbrido. Sus resultados demostraron el considerable potencial que existe para mejorar el rendimiento del germoplasma subtropical al cruzarse con materiales tropicales.

Al conjuntar logros de los programas de mejoramiento que se conducen individualmente, se pretende aprovechar mejor los recursos (Genéticos y económicos) y lograr buenos resultados, esto con la finalidad de obtener nuevos cultivares. En la presente investigación, los programas subtropical y tropical de CIMMYT proporcionaron 12 líneas élite (ocho que pertenecen al grupo heterótico "A" y cuatro del grupo heterótico "B") con los cuales se formo un dialélico 12 x 12. estos materiales se evaluaron en seis localidades que representan los ambientes tropicales y subtropicales de México.

OBJETIVO

⇒ Predecir por medio de rendimientos estas cruzas simples para ver cuales serian las mejores cruzas dobles y triples que se pueden explotar comercialmente con el objeto de poder formar un numero razonable de ellas, evaluarlas e identificar las mas provisorias.

REVISION DE LITERATURA

Análisis dialélico

En genética vegetal, cuando los investigadores disponen de una muestra de **P** líneas y efectúan cruza simples entre ellas llamadas cruza dialélicas, los diseños de cruzamiento de Griffing (1956) son de gran utilidad para evaluar diferentes aspectos genéticos asociados con las cruza, apoyándose para ello en la realización de pruebas de hipótesis y en la estimación de parámetros. En ciertas especies vegetales es posible utilizar a las líneas que participan en una determinada cruza como padres, madres o para efectuar autofecundaciones. La elección de alguno de los diseños de Griffing, depende de las cruza que se incluyan en el experimento.

Vasal *et al.*, (1987) mediante la utilización de dialélicos, lograron generar información sobre la aptitud combinatoria de germoplasma tropical de maíz del CIMMYT, la agrupación del germoplasma e informaciones de patrones heteróticos fueron referentes a caracteres de rendimiento, tipo de endospermo, color, precocidad y calidad proteínica.

Terrón (1981) aplico el modelo estadístico propuesto por Gardner y Eberhart, que a su vez es una modificación del diseño dos de Griffing para análisis de dialélicos, el autor concluye que dicho modelo puede ser útil para

obtener conocimiento de la variación genética y aptitud combinatoria mediante parámetros con la heterosis.

Los diseños de apareamiento dialélico pueden ser muy útiles si se analizan e interpretan correctamente. Los esquemas de cruzamientos dialélicos y análisis se han desarrollado para progenitores que pueden ser líneas o variedades de amplia base genética. Griffing (1956) publicó cuatro métodos (I, II, III y IV). De estos, probablemente el más usado en maíz sea el de las combinaciones de cruzas sin progenitores (método IV), esto es debido a que los progenitores son usualmente líneas endocriadas y el vigor de los progenitores ($F=1$) y las cruzas entre progenitores ($F=0$) frecuentemente causan complicaciones en el diseño de campo que se usa para evaluar las cruzas y progenitores (Hallauer y Miranda, 1988; y Mayo, 1987).

Si los progenitores son incluidos en la evaluación, la fuente de variación vs. progenitores provee otra prueba (además de la ACE) para la importancia de los efectos no aditivos. Los análisis dialélicos que incluyen los progenitores son frecuentemente usados en variedades de polinización abierta, sintéticos o compuestos, en este caso se está interesado en el comportamiento de las variedades *per se* y de las cruzas de estas. (Hallauer y Miranda, 1988).

Inicialmente las cruzas dialélicas o diseños de apareamiento se usaron para obtener información de la aptitud combinatoria de las líneas incluidas en el dialélico. En los 50's los diseños de apareamiento dialélico se extendieron para investigar los parámetros genéticos de las poblaciones de referencia. Esto originó controversia acerca de la utilidad de los diseños de apareamiento dialélico en proveer tal información. La controversia por las inferencias que

pueden hacerse con el diseño de apareamiento dialélico de pende de si los progenitores del dialélico son muestras aleatorias o fijas. Si los progenitores del dialélico son seleccionados en base a su comportamiento, se puede usar en el análisis el modelo I para efectos fijos (solo se hacen estimaciones de ACG y ACE). Si los progenitores de un dialélico representan una muestra aleatoria de una población en equilibrio de ligamiento, para el análisis se puede usar el modelo II (efectos aleatorios). Con el modelo II, se pueden obtener estimaciones de los componentes de varianza genética (σ_A^2 y σ_D^2). Sin embargo, son necesarias dos supuestos para estimar los componentes de varianza por los métodos de Griffing (1956) : (i) No hay epistasis e (ii) que los genes se distribuyen independientemente en los progenitores (Sughroue y Hallauer, 1997).

Baker (1978) menciona que como una alternativa a la interpretación genética, la descripción estadística obtenida del análisis dialélico se puede usar para ayudar a contestar las preguntas concernientes a la importancia de la aptitud combinatoria específica (ACE) y la predicción de híbridos usando la general ACG. En un análisis usando un modelo fijo de cruza simples de un dialélico, el promedio alcanzado de cada progenie es subdividida dentro de los componentes relacionados a ACG (efectos principales) y ACE (inatracción). Si el cuadrado medio de la ACE no es significativo, uno puede aceptar la hipótesis de que el rendimiento de una crusa puede predecirse adecuadamente en base a la ACG. La mejor crusa puede producirse cruzando los dos progenitores que presenten los mas altos efectos de ACG.

Cross(1982) en un dialélico de cinco maíces sintéticos precoces obtuvo un promedio de heterosis para producción de grano de 10.7 por ciento, lo cual pudo ser atribuido por incremento del tamaño del grano y del numero de estos,

así también se tiene la idea que la heterosis pudo producir un incremento en el periodo de duración del llenado del grano.

La aptitud combinatoria es un concepto usado inicialmente para clasificar líneas por su comportamiento en cruzas (Hallauer y Miranda, 1988). El concepto desarrollado para aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) por Sprague y Tatum (1942) ha tenido un continuo impacto en el desarrollo de líneas y mejoramiento poblacional. Ellos partitionaron el análisis dialélico en ACG y ACE. La ACG fue definida como el comportamiento promedio de unas líneas con otras y fue atribuido a genes que tienen fuertes efectos aditivos. La ACE fue definida como casos en donde un híbrido particular se comporta mejor o peor que lo esperado basado en el promedio de sus progenitores en las cruzas. La existencia de ACE es indicativo de loci con efectos de dominancia y epistático (Tragesser, 1991).

Un dialélico completo incluye todas las posibles cruzas y los progenitores. Obviamente al incrementar el número de progenitores, el número de posibles cruzas incrementa muy rápidamente. Así el número de cruzas a evaluar puede llegar a ser inimaginable. Si se quiere estimar la variación genética presente en una población, no sería posible incluir 100 individuos para representar el rango de genotipos dentro de la población. La inclusión de las combinaciones de 100 individuos, ignorando cruzas recíprocas, implicaría formar y evaluar 4950 cruzas para un dialélico completo. Por lo tanto, el número de progenitores a incluir es un factor importante en el diseño de apareamiento dialélico (Hallauer y Miranda, 1988).

Las cruzas dialélicas se evalúan con repeticiones y apropiada aleatorización de las cruzas, para determinar el potencial de los progenitores en las cruzas. Si 10 o 12 progenitores son incluidos en el dialélico, un diseño bloques completos al azar podría ser satisfactorio en la mayoría de los casos. Se podrá considerar un diseño de bloque incompletos si el número de cruzas es mayor y la variabilidad ambiental entre unidades experimentales es grande. Si se asume que solamente las cruzas entre los progenitores se prueban en un ambiente, el análisis de varianza inicial para determinar que la variación entre cruzas es significativamente diferente a cero, si no existe diferencia significativa, no hay necesidad de proceder a lo siguiente porque aparentemente los progenitores no contribuyeron a ninguna diferencia detectable en su progenie. Cuando la suma de cuadrado de las cruzas es significativamente diferente de cero, es válida una subdivisión ortogonal de la suma de cuadrado para cruzas (Hallauer y Miranda, 1988).

Vasal *et al.* (1992b) determinaron la heterosis y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz subtropical y templado precoz. Formaron un dialélico con dos poblaciones y cinco complejos germoplásmicos de genes (pools). Los progenitores y las 21 cruzas las evaluaron en 17 ambientes templados y cinco ambientes subtropical durante 1985-1986. el rendimiento promedio a través de ambientes templado (4.35 Mg/ha) fue comparable al de los ambientes subtropicales (4.59 Mg/ha). Sus resultados confirman el éxito de cruzar materiales de diferente origen (área geográfica), ya que los mejores efectos de heterosis (13 por ciento) lo obtuvieron al cruzar templado x subtropical (Población 46 x Pool 30) en ambientes subtropicales y heterosis de 10.2 por ciento con subtropical x templado (Pool 27 x Pool 40) en ambientes templados.

La información que se obtiene de los cruzamientos dialélicos puede ser utilizada (Vasal, 1986):

- a) Como base para la identificación de materiales específicos que combinen bien para la formación de híbridos convencionales y no convencionales.
- b) Para agrupar el germoplasma de maíz, el cual facilita la formación de grupos heteróticos, para futuro mejoramiento interpoblacional.

González *et al.* (1997) evaluaron mediante un apareamiento dialélico 45 cruza simples formadas con 10 líneas subtropicales de maíz de CIMMYT. A partir de la cruza con el mejor efecto de ACE formaron dos grupos heteróticos de líneas A y B que constituyeron un patrón heterótico. Las cruza con efectos de ACE negativos las agruparon en un grupo heterótico y las otras cruza con efectos de ACE positivos formaron el grupo heterótico opuesto.

Métodos de predicción

Los métodos de predicción de cruza dobles y triples para rendimiento, juegan un papel importante en los programas de mejoramiento genético enfocadas en la hibridación. En maíz las predicciones han sido ampliamente utilizados y han significado un considerable ahorro en tiempo y esfuerzo para el mejorador.

En los programas de mejoramiento genético de las plantas, la predicción de híbridos juega un papel importante, ya que por medio de estos podemos conocer el comportamiento de los híbridos, así como las mejores combinaciones de progenitores para su formación sin necesidad de realizar y evaluar una inmensa cantidad de cruzas indeseables.

Existen métodos que permiten a los fitomejoradores de maíz predecir el comportamiento de las mejores combinaciones sin efectuar y probar literalmente miles de cruzas indeseables. Sin embargo, las combinaciones predichas deberán probarse exhaustivamente bajo condiciones de campo antes de que se pongan a producción comercial (Jugenheimer 1990).

En la actualidad es posible predecir cruzas triples y cruzas dobles, esto se puede obtener tomando en cuenta el comportamiento promedio del rendimiento que es el de mayor importancia y de otras características de las cruzas simples de progenitores, así como la aptitud combinatoria que juega un papel de importancia en dichas predicciones.

López (1986) para la predicción de cruzas triples y dobles, en cuanto a rendimiento y demás características agronómicas, utilizó un cuadro de cruzas dialélicas el cual es un método que facilita dicha labor, que es de mucha confiabilidad y no representa un manejo complicado.

Jenkins (1934) informó sobre la eficiencia relativa de cuatro métodos para predecir el desempeño de híbridos de cruce doble. Los caracteres estudiados fueron las hojas chamuscadas, la altura de la mazorca, las plantas

erectas al cosechar, el contenido de humedad del grano, el porcentaje de grano y el rendimiento de grano por acre.

Por lo anterior, Jenkins (1934) ideó cuatro métodos para la predicción del rendimiento de cruzas dobles con base en el comportamiento de cruzas simples y/o mestizos. Los métodos son los siguientes:

A. Se toma como valor de predicción de rendimiento, el promedio de todas las cruzas simples posibles que se pueden formar entre las cuatro líneas que intervienen en la craza doble. Por lo tanto el rendimiento predicho para la craza doble será $(1 \times 2)(3 \times 4)$.

B. Se toma como valor de predicción de la craza doble, el promedio de rendimiento de las cruzas simples no parentales, es decir, aquellas que no intervienen como progenitores de la craza doble. Por ejemplo, con las líneas 1, 2, 3 y 4 se pueden efectuar seis combinaciones de cruzas simples:

1 x 2

2 x 3

3 x 4

1 x 3

2 x 4

1 x 4

Estas cruzas se pueden combinar en tres dobles de la siguiente manera:

$$(1 \times 2)(3 \times 4)$$

$$(1 \times 3)(2 \times 4)$$

$$(1 \times 4)(2 \times 3)$$

Para la craza doble $(1 \times 2) \times (3 \times 4)$, el rendimiento predicho será el promedio de las cuatro cruzas simples que no intervienen en ella.

Este método ha sido el más real y exacto para predecir satisfactoriamente el comportamiento de las cruzas dobles (Doxtato y Johnson, 1936; Anderson, 1938; Hayes y cols., 1943 y Hayes y cols., 1946). Además con este método se aprovecha tanto la acción génica aditiva como la no aditiva (Eberhart y cols., 1964).

Posteriormente, con la base en la predicción, se forman las mejores combinaciones para evaluarlas en ensayos de rendimiento y poder así confrontar lo predicho con lo real.

C. El rendimiento se predice con el promedio de las medias de todas las cruzas simples formadas con cada una de las cuatro líneas parentales de la craza doble. Es decir, que se toman las medias de todas las cruzas simples de cada línea obtenida en el dialélico. Por ejemplo, la predicción de rendimiento para la craza doble $(1 \times 3) \times (2 \times 5)$ es igual al promedio de las medias de las cruzas en las cuales intervienen cada una de las cuatro líneas implicadas en la craza doble.

Por lo tanto el rendimiento predicho para esta cruce es:

$$\frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + \overline{X}_3 + \overline{X}_4}{4}$$

D. Se predice el rendimiento con el promedio de la producción de los cuatro mestizos formados con las cuatro líneas progenitoras de la cruce doble, por ejemplo, en la cruce (1 x 2) x (3 x 4) su predicción será P:

1 x P 2 x P 3 x P 4 x P

Asimismo, a través de los métodos A y B de Jenkins (1934) se puede predecir también el rendimiento de cruces triples. Por ejemplo, para la cruce (1 x 2) x 3, el rendimiento predicho es el promedio de las cruces simples formadas con la tercera línea (3).

Método A:

1 x 2 1 x 3 2 x 3

Método B:

1 x 3 2 x 3

Asimismo, Otsuka (1972) predice los rendimientos de cruza simples (CS), triples (CT) y dobles (CD), por medio de los efectos de ACG (g_j) y ACE (S_{ij}) de las líneas y cruza implicadas. Sus procedimientos son:

$$CS_{ij} = m + g_i + g_j + S_{ij}$$

$$CT_{ij.k} = 1/2(g_i + g_j) + g_k + 1/2(S_{ik} + S_{jk})$$

Método A:

$$CD_{ij.kl} = m + 1/2(g_i + g_j + g_k + g_l) + 1/6(S_{ij} + S_{ik} + S_{il} + S_{jk} + S_{jl} + S_{kl})$$

Método B:

$$CD_{ij.kl} = m + 1/2(g_i + g_j + g_k + g_l) + 1/4(S_{ik} + S_{il} + S_{jk} + S_{jl})$$

Donde:

m = media general de todas las cruza.

El método B tiene la base genética más firme y proporciona información sobre el desempeño de las tres posibles combinaciones de cruza doble que incluyan cuatro líneas puras. Jenkins (1934), señaló que en cualquier cruza doble, los genes de cada una de las cuatro líneas están unidos con los alelomorfos de las dos líneas que intervinieron en la cruza doble del progenitor opuesto.

Las correlaciones positivas para el rendimiento de grano de los métodos A, B, C y D fueron $r = 0.75$, $r = 0.76$, $r = 0.73$ y $r = 0.61$ respectivamente. Una correlación de $r = 0.39$ fue estadísticamente significativa. (Jugenheimer, 1987).

Sprague (1955) señaló que los métodos A, B, C y D suponen una acción génica aditiva, i.e., que un gene aportado por cualquier línea producirá su efecto característico sin importar el orden de apareamiento. El método B permite el reconocimiento de efectos no aditivos que se originan de la dominancia, la epistasis, etc.

Otsuka et al., (1972), encontraron que de acuerdo a los métodos propuestos por Jenkins (1934), para las predicciones, B y C mostraron diferencias mínimas y recomiendan el desarrollo de cruzas simples apropiadas y predecir todas las cruzas dobles y cruzas triples de interés, utilizando el método B ya que con este se obtiene una predicción óptima y de mayor eficiencia.

Hayes *et al.*, (1954) evaluaron cruzas dobles (CD) y reportaron una buena concordancia de los resultados predichos y observados al usar medias de cruzas dobles.

Baker (1978) indica que la formación de cada progenie esta dada por los componentes de aptitud combinatoria general (efectos medios) y la aptitud combinatoria especifica (interacción), además opina que si el cuadro medio de la ACE no es significativo, la formación de una progenie puede ser adecuadamente predicha sobre la base de la ACG.

Heberhart S. A. y A. R. Hallauer (1968) estudiaron los efectos genéticos para la producción en cruzas simples, dobles y triples de maíz encontrando que la baja correlación entre lo predicho y lo observado sugiere que la interacción genotipo por medio ambiente, son claramente los factores mas importantes en la obtención de predicciones dignas de confiar. Aunque los efectos epistáticos se manifestaron en el material estudiado, no hubo evidencia de que la formula normal de cruzas simples para la predicción de cruzas triples y dobles pudiera haber sido abandonada a favor de procedimientos mas complejos.

Híbridos dobles

Las cruzas dobles se forman a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir, es la progenie híbrida obtenida de una crusa entre dos cruzas simples.

La cruce doble es en realidad un híbrido entre dos líneas heterocigóticas de cruces simples, por eso no es tan uniforme como estas. También la producción de semilla híbrida de cruce doble es mayor que la cruce simple debido a que en la cruce doble la semilla proviene de cruces simples y no de líneas, como sucede en estas, por consiguiente es más económico producirla en cruces dobles.

Las cruces dobles no son tan uniformes como las cruces simples, debido a que las cuatro líneas no siempre combinan bien en todos sus pares de genes, por tal motivo, hay mayor variabilidad de plantas en este tipo de cruces. Asimismo, es importante señalar que en una simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que la doble.

Allard (1967) menciona que la utilización del comportamiento de cruzamientos dobles se ha convertido en un procedimiento típico en la mejora.

Menciona que aunque la primera producción comercial de un híbrido doble tuvo lugar en 1921, transcurrió un considerable periodo de tiempo antes de que el maíz híbrido llegase a ser un factor importante en la agricultura. En 1933, menos del 11 por ciento de la superficie sembrada de maíz lo era de maíces híbridos y para 1944 las variedades híbridas ocupaban más del 80 por ciento de la superficie.

Las cruces dobles son ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca que los cruces simples o los tres elementos, lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembre bajo condiciones adversas.

Por muchos años, las cruzas doble (AxB) x (CxD), constituyeron el tipo de híbrido de uso mas generalizado. La semilla de cruza doble se produce de cruza simple, las cuales son altamente productivas en semilla de calidad. Además, las plantas de cruza simple producen abundante polen. Esto hace posible una mayor proporción de surcos para producción de semilla o hembras con respecto a surcos productores de polen en los campos de cruzamiento. Además, las plantas de cruza simple soportan las condiciones adversas mucho mejor que las plantas de las líneas, reduciendo los riesgos en la producción de semilla, las cruzas dobles son ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca que las cruzas simples o las de tres elementos, lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembra bajo condiciones adversas.

Chávez y López (1987), señalan que las cruzas dobles son formadas a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir, es la progenie híbrida obtenida de una cruza entre dos cruzas simples.

Para formar las cruzas dobles se requiere de los siguientes pasos:

1er. Paso: Formación de líneas autofecundadas homocigóticas uniformes.

2do. Paso: Cruzamiento entre estas líneas en combinaciones que produzcan híbridos simples uniformes y productivos.

3er. Paso: Cruzamiento entre las cruzas simples en combinaciones que produzcan híbridos productivos de cruza doble.

La producción de semilla de cruce doble es mayor que la de cruces simples debido a que en la cruce doble la semilla proviene de cruces simples y no de líneas como en las cruces simples, por lo que es más económico producir semilla de cruces dobles.

También se producen diversos tipos de híbridos no convencionales que se obtiene mediante cruzamientos en los que por lo menos un progenitor no es una línea endogámica, como lo es un cruzamiento entre una línea endogámica y una variedad, o entre dos variedades cuyas conformaciones genéticas son lo suficientemente diferentes para mostrar vigor híbrido. Los híbridos no convencionales, pero se pueden obtener y lanzar en un lapso menor ya que se requiere menos tiempo para formar líneas endogámicas (Sprague y Eberhart, 1977) citados por CIMMYT (1987). También se necesita menos tiempo para identificar un híbrido no convencional superior, una vez que se han realizado los cruzamientos, y la producción de la semilla es más fácil de manejar, menos arriesgada y con costos unitarios inferiores que la producción de semilla de híbridos convencionales.

Jones (1918) sugirió el cruzamiento entre dos cruces simples vigorosas para producir semilla de cruce doble. Debido a que esta semilla se cosecha de una planta productiva de una cruce simple, es más uniforme en tamaño y apariencia y se obtiene una mayor abundancia y con mayor economía que la semilla de las cruces simples que se cosecha de una planta autofecundada.

Gardner (1982) indicó que las cruces dobles no mejoran el vigor híbrido más allá del que confiere la cruce simple; su principal mérito es el de producir

plantas uniformes y vigorosas para la producción de semilla, reduciendo así el costo de las semillas comerciales.

Cortés (1982) indicó que los métodos secuenciales de obtención de líneas endocriadas, cruza de prueba (mestizos), predicción de cruza doble y evaluación de generaciones tempranas fueron efectivas para la obtención de híbridos dobles.

Jones (1918, 1922) propuso la utilización de líneas puras en combinaciones de cruza doble. Este procedimiento eliminó el costo excesivo de la semilla como importante factor de la producción.

Un híbrido de cruza doble se produce combinando dos cruza simples, la semilla de cruza doble se produce en plantas de cruzamiento simple que son altamente productivas en cuanto a la calidad de la semilla.

La mayoría de los investigadores en el mejoramiento de maíz coinciden en que, con las líneas puras actuales, la cruza doble es el híbrido de maíz producido más económicamente en el campo.

Híbridos triples

Estos se forman con tres líneas autofecundadas, es decir, son el resultado de un cruzamiento entre una cruce simple y una línea autofecundada. Para formarlos se polinizan las plantas de la cruce simple con polen progenitor masculino, el cual debe ser una línea muy productora de polen, ya que en esta desventaja con la cruce simple que es muy vigorosa.

El híbrido F1 entre un par de líneas puede cruzarse otra vez con una línea pura para producir un híbrido de tres vías $(A \times B) \times C$. El híbrido simple se utiliza como progenitor femenino, para que la línea pura utilizada como genitor masculino de buenos resultados, debe ser una excelente productora de polen. Allard (1967).

Las líneas de la cruce simple deben ser rendidoras y combinar bien con la tercera línea. Por ejemplo, en la cruce triple $(A \times B) \times C$, la cruce simple $(A \times B)$ debe combinar bien con la línea C. Para ello es necesario que las dos cruces simple $(A \times B)$ y $(B \times C)$ sean muy rendidoras. Así, en el híbrido resultante se encuentran los caracteres de las tres líneas. La combinación de las tres líneas autofecundadas da la oportunidad de combinar un mayor número de factores favorables para el crecimiento y capacidad de rendimiento.

Con frecuencia, se pueden obtener mayores rendimientos con una cruce triple que con una cruce doble, aunque las plantas de una cruce triple no son tan uniformes como las de la cruce simple. Esto se debe a que en la mayoría de

los casos no es posible que combinen bien todos los pares de genes de las tres líneas para caracteres favorables.

MATERIALES Y METODOS

Material genético

Se utilizaron 12 líneas elite de maíz blanco para formar el dialélico 12 x 12 (cuadro 3.1), ocho líneas son del patrón heterotico "A" y cuatro del grupo heterotico "B". De estas líneas, cuatro son de adaptación tropical tardías y ocho de ambientes subtropical intermedias. Todos estos materiales se han formado en los programas de mejoramiento tropical y subtropical de CIMMYT. En el presente trabajo se conjunta algunos logros de ambos programas tratando de encontrar materiales que presenten mejores alternativas, al aprovechar mas eficientemente tanto los recursos genéticos como los recursos económicos. El dialélico se formo en Tlaltizapán, Mor. En 1994^a mediante surcos apareados de cinco metros de longitud, el la cosecha se mezclaron las cruza directas y reciprocas para obtener las 66 cruza del dialélico. En 1995 se evaluaron las 66 cruza simples y cuatro testigos de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Localidades:	6
Diseño experimental:	Alfa látice 10 x 7
Repeticiones:	2
Surcos / parcela:	2
Longitud del surco	5 m.
Distancia / surco	0.75 m.

La distancia entre plantas así como la densidad fue variable tal como se especifica a continuación:

Localidad	Distancia / plantas	Densidad de plantas.
Poza Rica, Ver.	0.23	56,000
Tlaltizapán, Mor.	0.23	56,000
Lagunillas, Nay.	0.21	64,000
Celaya, Gto.	0.165	80,000
Gómez Farias, Dgo.	0.185	72,000
Cd. Guzmán, Jal.	0.185	72,000

Cuadro 3.1. Descripción de las líneas de maíz con las que se formo el dialélico:

Líneas	CML No.	Pedigrí	Grupo heterótico	Adaptación
1	CML-264	Pob21C5F219-3-1-B-##-8-1-3-BBB-f	A	Tropical
2	CML-273	Pob43AC7643*43F7)-2-3-2-1-BB-f	A	Tropical
3	CML-247	Pob24F119*P24F54)-6-4-1-1-BB-f	A	Tropical
4	CML-254	Pob21Tux.Seq-149-2-BBB-##-1-BB-f	A	Tropical
5	CML-320	P501C0F112-2-5-1-1-B-B-B	A	Subtropical
6	CML-78	Pool32C19MH32-1-#2-B-###-3-B	A	Subtropical
7	Experimental	89[L/LMBR]11-F2-4-3-1-3-BBBB	A	Subtropical
8	CML-311	S89500F2-2-2-2-B-B-B-B	A	Subtropical
9	CML-321	P502C0F1-1-3-2-2-B-B-B	B	Subtropical
10	Experimental	P34C9F115-1-1-B-2-BB	B	Subtropical
11	Experimental	SLW Het.Gpo."B" F21-2-4-BBB	B	Subtropical
12	Experimental	SLWHet.Gpo."B" F#\$-2-1-2-BBB	B	Subtropical

Testigos			
T1	CML216xCML78	T3	Testigo local
T2	A-7545	T4	Testigo local

Aun cuando las cruzas se evaluaron junto con cuatro testigos, estos no se utilizaron en el análisis del presente trabajo, por lo que las medias obtenidas corresponden únicamente a las 66 cruzas directas entre las 12 líneas.

Descripción del área de estudio

Las seis localidades de evaluación (Cuadro 3.2) representan los ambientes tropicales y subtropicales en México.

Cuadro 3.2. Ubicación y descripción de las localidades donde se evaluaron los 66 híbridos simples de maíz.

No.	Localidad	Msnm	Ambiente	Evaluador
1	Poza Rica, Ver.	40	Tropical	CIMMYT
2	Tlaltizapán, Mor.	960	Tropical	CIMMYT
3	Lagunillas, Nay.	1.250	Tropical	CERES
4	Celaya, Gto.	1,740	Subtropical	INIFAP
5	Gómez Farias, Jal.	1,600	Subtropical	ASGROW
6	Cd. Guzmán, Jal.	1,500	Subtropical	PIONEER

Variables evaluadas

- *Días a flor masculina*: días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas están tirando polen.
- *Días a flor femenina*: días transcurridos de la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas presentan estigmas receptivos.
- *Altura de planta*: distancia desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiga (inflorescencia masculina).
- *Altura de mazorca*: distancia desde la superficie del suelo hasta el nudo en donde sale la mazorca.
- *Acame de raíz*: porcentaje de plantas con inclinación de 30 grados de la vertical.
- *Acame de tallo*: porcentaje de plantas con tallos que se quebraron por debajo de la mazorca principal.
- *Mazorcas podridas (%)*: numero de mazorcas podridas, con respecto al total de mazorcas por parcela.
- *Mala cobertura (%)*: numero de mazorcas con mala cobertura con respecto al total de mazorcas por parcela.
- *Rendimiento de grano*: ajustado a 15 por ciento de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento} = PCx \left[1 + \frac{\%humedad}{100} \right] x \frac{80}{85} x \frac{10,000}{APU}$$

En donde:

PC = peso de campo (Kg).

80 = constante (porcentaje de desgrane).

85 = constante y se refiere al 15 por ciento de humedad.

10,000 = área equivalente a una hectárea.

APU = área de parcela útil, la cual se calculo de acuerdo a lo siguiente:

$$APU = \left[longitud..del..surco + \frac{dis\ tan\ cia}{plantas} \right] x \frac{dis\ tan\ cia}{sur\ cos}$$

Este ultimo paso solo se utilizo para la localidad de Poza Rica, Ver., ya que se elimino la primera planta bordera. Las demás se calcularon de forma tradicional.

El peso seco de grano de maíz se ajusto con un análisis de covarianza, debido a que se cosecharon diferentes números de plantas por parcela en todas las localidades. Además todas las variables que se expresan en porcentaje se transformaron con Arco seno $\sqrt{x + 0.005}$, para su análisis.

Los resultados del análisis dialélico fue reportado por Latourniere (1998), en su tesis de doctorado.

Se procederá a efectuar los cálculos para identificar los mejores híbridos triples y dobles en base a lo propuesto por Jenkins (1934).

Se identificarán los mejores híbridos triples y dobles para ambientes tropicales y ambientes subtropicales así como para los dos ambientes.

Una vez que se han seleccionado las mejores líneas de la mas alta ACG, se procede a formar las cruza simples y, con ellas, la formación de cruza dobles. La evaluación para rendimiento de las cruza simples es una fase obligada que se debe realizar en el campo, en varias localidades y años, pues este es el único medio para determinar su valor. En México la producción de híbridos simples es demasiado costosa, por tal motivo, resulta incosteable su uso. Esto hace necesario la formación de híbridos triples o dobles, con lo que se disminuyen mucho los costos de producción, aunque se sacrifique algo de rendimiento. Sin embargo, la formación de híbridos dobles y/o triples posibles entre las líneas seleccionadas darían cifras estratosféricas

RESULTADOS Y DISCUSION

Predicción de rendimiento de cruzas dobles

Se utilizó el método B ya que ha sido el mas real y exacto para predecir satisfactoriamente el comportamiento de las cruzas dobles.

Localidades de ambientes tropicales

Se presentan las diez mejores cruzas dobles predichas para ambientes tropicales.

Cruza: (1 x 7)(2 x 5)

1 x 2 = 6.303	
1 x 5 = 7.765	$\Sigma = 28.818$
7 x 2 = 7.379	$\bar{x} = 7.204$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 5 = 7.371	

Cruza: (1 x 9)(2 x 11)

1 x 2 = 6.303	
1 x 11 = 7.072	$\Sigma = 29.304$
9 x 2 = 7.858	$\bar{x} = 7.326$ Ton/ha de rendimiento predicho
9 x 11 = 8.071	

Cruza: (1 x 12)(3 x 7)

1 x 3 = 7.827	$\Sigma = 29.029$ $\bar{x} = 7.257$ Ton/ha de rendimiento predicho
1 x 7 = 7.901	
12 x 3 = 6.597	
12 x 7 = 6.704	

Cruza: (3 x 8)(5 x 11)

3 x 5 = 6.624	$\Sigma = 26.645$ $\bar{x} = 6.661$ Ton/ha de rendimiento predicho
3 x 11 = 5.910	
8 x 5 = 7.154	
8 x 11 = 6.957	

Cruza: (1 x 3)(2 x 9)

1 x 2 = 6.303	$\Sigma = 29.911$ $\bar{x} = 7.478$ Ton/ha de rendimiento predicho
1 x 9 = 8.234	
3 x 2 = 7.463	
3 x 9 = 7.911	

Cruza: (4 x 8)(3 x 9)

4 x 3 = 7.582	$\Sigma = 30.71$ $\bar{x} = 7.677$ Ton/ha de rendimiento predicho
4 x 9 = 6.998	
8 x 3 = 8.352	
8 x 9 = 7.778	

Cruza: (1 x 3)(5 x 11)

1 x 5 = 7.765	$\Sigma = 27.37$ $\bar{x} = 6.843$ Ton/ha de rendimiento predicho
1 x 11 = 7.072	
3 x 5 = 6.624	
3 x 11 = 5.910	

Cruza: (1 x 7)(9 x 11)

1 x 9 = 8.234	
1 x 11 = 7.072	$\Sigma = 29.739$
7 x 9 = 7.345	$\bar{x} = 7.435$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 11 = 7.088	

Cruza: (3 x 8)(5 x 11)

3 x 5 = 6.624	
3 x 11 = 5.910	$\Sigma = 26.645$
8 x 5 = 7.154	$\bar{x} = 6.661$ Ton/ha de rendimiento predicho
8 x 11 = 6.957	

Cruza: (3 x 8)(9 x 11)

3 x 9 = 7.929	
3 x 11 = 5.910	$\Sigma = 28.574$
8 x 9 = 7.778	$\bar{x} = 7.144$ Ton/ha de rendimiento predicho
8 x 11 = 6.957	

El mejor rendimiento predicho fue el de la crusa (4 x 8)(3 x 9) con una media de 7.677 Ton/ha.

Localidades de ambientes subtropicales

Se presentan las diez mejores cruza dobles predichas para ambientes subtropicales.

Cruza: (1 x 5)(2 x 12)

1 x 2 = 7.666	
1 x 12 = 8.948	$\Sigma = 33.03$
5 x 2 = 7.675	$\bar{x} = 8.257$ Ton/ha de rendimiento predicho
5 x 12 = 8.741	

Cruza: (1 x 7)(3 x 10)

1 x 3 = 8.582	
1 x 10 = 8.989	$\Sigma = 35.02$
7 x 3 = 8.070	$\bar{x} = 8.755$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 10 = 9.379	

Cruza: (6 x 7)(1 x 9)

6 x 1 = 7.801	
6 x 9 = 6.963	$\Sigma = 32.904$
7 x 1 = 10.089	$\bar{x} = 8.226$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 9 = 8.051	

Cruza: (7 x 8)(2 x 12)

7 x 2 = 8.933	
7 x 12 = 9.383	$\Sigma = 34.633$
8 x 2 = 8.217	$\bar{x} = 8.658$ Ton/ha de rendimiento predicho
8 x 12 = 8.100	

Cruza: (1 x 5)(7 x 10)

1 x 7 = 10.089	
1 x 10 = 8.989	$\Sigma = 35.124$
5 x 7 = 8.298	$\bar{x} = 8.781$ Ton/ha de rendimiento predicho
5 x 10 = 7.748	

Cruza: (3 x 8)(7 x 12)

3 x 7 = 8.070	
3 x 12 = 7.019	$\Sigma = 33.036$
8 x 7 = 9.847	$\bar{x} = 8.259$ Ton/ha de rendimiento predicho
8 x 12 = 8.100	

Cruza: (1 x 7)(8 x 9)

1 x 8 = 8.633	
1 x 9 = 08.543	$\Sigma = 35.074$
7 x 8 = 09.847	$\bar{x} = 8.768$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 9 = 8.051	

Cruza: (1 x 8)(9 x 12)

1 x 9 = 8.543	
1 x 12 = 8.948	$\Sigma = 34.369$
8 x 9 = 8.778	$\bar{x} = 8.592$
8 x 12 = 8.100	

Cruza: (6 x 7)(9 x 12)

6 x 9 = 6.963	
6 x 12 = 9.190	$\Sigma = 33.587$
7 x 9 = 8.051	$\bar{x} = 8.397$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 12 = 9.383	

Cruza: (1 x 5)(2 x 12)

1 x 2 = 8.582	
1 x 12 = 8.948	$\Sigma = 33.946$
5 x 2 = 7.675	$\bar{x} = 8.486$ Ton/ha de rendimiento predicho
5 x 12 = 8.741	

El mejor rendimiento predicho fue el de la crusa (1 x 5)(7 x 10) con una media de 8.781 Ton/ha.

Localidades con los dos ambientes

Se presentan las diez mejores cruza dobles predichas en base al análisis combinado incluyendo los dos ambientes.

Cruza: (1 x 3)(7 x 10)

1 x 7 = 8.991	
1 x 10 = 7.976	$\Sigma = 32.566$
3 x 7 = 8.021	$\bar{x} = 8.141$ Ton/ha de rendimiento predicho
3 x 10 = 7.578	

Cruza: (1 x 5)(7 x 12)

1 x 7 = 8.991	
1 x 12 = 8.363	$\Sigma = 32.649$
5 x 7 = 7.827	$\bar{x} = 8.162$ Ton/ha de rendimiento predicho
5 x 12 = 7.468	

Cruza: (1 x 7)(8 x 9)

1 x 8 = 7.987	
1 x 9 = 8.390	$\Sigma = 32.953$
7 x 8 = 8.889	$\bar{x} = 8.238$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 9 = 7.687	

Cruza: (3 x 8)(1 x 12)

3 x 1 = 8.181	
3 x 12 = 7.094	$\Sigma = 31.178$
8 x 1 = 7.987	$\bar{x} = 7.794$ Ton/ha de rendimiento predicho
8 x 12 = 7.916	

Cruza: (7 x 8)(2 x 11)

7 x 2 = 8.150	
7 x 11 = 8.073	$\Sigma = 31.643$
8 x 2 = 7.661	$\bar{x} = 7.911$ Ton/ha de rendimiento predicho
8 x 11 = 7.759	

Cruza: (1 x 3)(7 x 12)

1 x 7 = 8.991	
1 x 12 = 8.363	$\Sigma = 32.469$
3 x 7 = 8.021	$\bar{x} = 8.117$ Ton/ha de rendimiento predicho
3 x 12 = 7.094	

Cruza: (1 x 3)(7 x 10)

1 x 7 = 8.991	
1 x 10 = 7.976	$\Sigma = 32.566$
3 x 7 = 8.021	$\bar{x} = 8.141$ Ton/ha de rendimiento predicho
3 x 10 = 7.578	

Cruza: (1 x 7)(2 x 12)

1 x 2 = 7.002	
1 x 12 = 8.363	$\Sigma = 31.571$
7 x 2 = 8.150	$\bar{x} = 7.893$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 12 = 8.056	

Cruza: (1 x 5)(2 x 12)

1 x 2 = 7.002	
1 x 12 = 8.363	$\Sigma = 30.81$
5 x 2 = 7.977	$\bar{x} = 7.702$ Ton/ha de rendimiento predicho
5 x 12 = 7.468	

Cruza: (1 x 3)(2 x 12)

1 x 2 = 7.002	$\Sigma = 30.383$ $\bar{x} = 7.596$ Ton/ha de rendimiento predicho
1 x 12 = 8.363	
3 x 2 = 7.924	
3 x 12 = 7.094	

El mejor rendimiento predicho fue el de la crusa (1 x 7)(8 x9) con una media de 8.238 Ton/ha.

PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DE CRUZAS TRIPLES

Fue utilizado el método B de Jenkins (1934).

Localidades de ambientes tropicales

Se presentan las diez mejores cruza triples predichas para ambientes tropicales.

Cruza: (1 x 7) x 3

1 x 3 = 7.824	$\Sigma = 15.738$ $\bar{x} = 7.869$ Ton/ha de rendimiento predicho
7 x 3 = 7.911	

Cruza: (1 x 9) x 3

1 x 3 = 7.827	$\Sigma = 15.756$ $\bar{x} = 7.878$ Ton/ha de rendimiento predicho
9 x 3 = 7.929	

Cruza: (1 x 12) x 3

$1 \times 3 = 7.827$	$\Sigma = 14.424$
$12 \times 3 = 6.597$	$\bar{x} = 7.212$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (2 x 5) x 3

$2 \times 3 = 7.463$	$\Sigma = 14.087$
$5 \times 3 = 6.624$	$\bar{x} = 7.043$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (2 x 11) x 3

$2 \times 3 = 7.463$	$\Sigma = 13.373$
$11 \times 3 = 5.910$	$\bar{x} = 6.686$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (8 x 9) x 3

$8 \times 3 = 8.352$	$\Sigma = 16.281$
$9 \times 3 = 7.929$	$\bar{x} = 8.140$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (4 x 8) x 3

$4 \times 3 = 7.582$	$\Sigma = 15.934$
$8 \times 3 = 8.352$	$\bar{x} = 7.967$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (5 x 11) x 3

$5 \times 3 = 6.624$	$\Sigma = 12.534$
$11 \times 3 = 5.910$	$\bar{x} = 6.267$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (9 x 11) x 3

$9 \times 3 = 7.929$	$\Sigma = 13.839$
$11 \times 3 = 5.910$	$\bar{x} = 6.919$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (2 x 9) x 3

$2 \times 3 = 7.463$	$\Sigma = 15.392$
$9 \times 3 = 7.929$	$\bar{x} = 7.696$ Ton/ha de rendimiento predicho

El mejor rendimiento predicho fue el de la cruza (8 x 9) x 3 con una media de 8.140 Ton/ha.

Localidades de ambientes subtropicales

Se presentan las diez mejores cruzas triples predichas para ambientes subtropicales.

Cruza: (1 x 5) x 3

$1 \times 3 = 8.582$	$\Sigma = 15.849$
$5 \times 3 = 7.267$	$\bar{x} = 7.924$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (1 x 7) x 3

$1 \times 3 = 8.582$	$\Sigma = 16.652$
$7 \times 3 = 8.070$	$\bar{x} = 8.326$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (1 x 8) x 3

$1 \times 3 = 8.582$	$\Sigma = 17.795$
$8 \times 3 = 9.213$	$\bar{x} = 8.897$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (1 x 9) x 3

$1 \times 3 = 8.582$	$\Sigma = 15.623$
$9 \times 3 = 7.041$	$\bar{x} = 7.812$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (2 x 12) x 3

$2 \times 3 = 8.423$	$\Sigma = 16.051$
$12 \times 3 = 7.628$	$\bar{x} = 8.025$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (6 x 7) x 3

$6 \times 3 = 7.800$	$\Sigma = 15.87$
$7 \times 3 = 8.070$	$\bar{x} = 7.935$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (7 x 8) x 3

$7 \times 3 = 8.070$	$\Sigma = 17.283$
$8 \times 3 = 9.213$	$\bar{x} = 8.642$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (7 x 10) x 3

$7 \times 3 = 8.070$	$\Sigma = 16.609$
$10 \times 3 = 8.539$	$\bar{x} = 8.304$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (7 x 12) x 3

$7 \times 3 = 8.070$	$\Sigma = 15.698$
$12 \times 3 = 7.628$	$\bar{x} = 7.849$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (8 x 9) x 3

$8 \times 3 = 9.213$	$\Sigma = 16.254$
$9 \times 3 = 7.041$	$\bar{x} = 8.127$ Ton/ha de rendimiento predicho

El mejor rendimiento predicho fue el de la crusa (1 x 8) x 3 con una media de 8.897 Ton/ha.

Localidades con los dos ambientes

Se presentan las diez mejores cruzas triples predichas en base al análisis combinado incluyendo los dos tipos de ambientes.

Cruza: (1 x 5) x 3

1 x 3 = 8.181	$\Sigma = 15.15$
5 x 3 = 6.969	$\bar{x} = 7.575$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (1 x 7) x 3

1 x 3 = 8.181	$\Sigma = 16.202$
7 x 3 = 8.021	$\bar{x} = 8.101$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (1 x 9) x 3

1 x 3 = 8.181	$\Sigma = 15.658$
9 x 3 = 7.477	$\bar{x} = 7.829$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (1 x 12) x 3

1 x 3 = 8.181	$\Sigma = 15.275$
12 x 3 = 7.094	$\bar{x} = 7.637$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (2 x 11) x 3

2 x 3 = 7.924	$\Sigma = 13.924$
11 x 3 = 6.000	$\bar{x} = 6.962$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (2 x 12) x 3

2 x 3 = 7.924	$\Sigma = 15.018$
12 x 3 = 7.094	$\bar{x} = 7.509$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (7 x 8) x 3

7 x 3 = 8.021	$\Sigma = 16.795$
12 x 3 = 8.774	$\bar{x} = 8.397$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (7 x 10) x 3

7 x 3 = 8.021	$\Sigma = 15.599$
10 x 3 = 7.578	$\bar{x} = 7.799$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (7 x 12) x 3

7 x 3 = 8.021	$\Sigma = 15.115$
12 x 3 = 7.094	$\bar{x} = 7.557$ Ton/ha de rendimiento predicho

Cruza: (8 x 9) x 3

8 x 3 = 8.774	$\Sigma = 16.251$
9 x 3 = 7.477	$\bar{x} = 8.125$ Ton/ha de rendimiento predicho

El mejor rendimiento predicho fue el de la crusa (7 x 8) x 3 con una media de 8.397 Ton/ha.

**MEDIAS DE RENDIMIENTO DE GRANO DE LAS CRUZAS UTILIZADAS
PARA LA PREDICCIÓN DE HIBRIDOS SIMPLES, TRIPLES Y DOBLES**

Cuadro 4.1. Concentración de las mejores cruzas simples utilizadas para la predicción de cruzas dobles y triples.

CRUZAS SIMPLES					
TROPICAL		SUBTROPICAL		COMBINADO	
CRUZA	MEDIA	CRUZA	MEDIA	CRUZA	MEDIA
1x3	7.827	1X5	9.032	1X3	8.181
1X7	7.901	1X7	10.089 *	1X5	8.347
1X9	8.234	1X8	8.633	1X7	8.991 **
1X12	7.729	1X8	8.543	1X9	8.390
2X5	8.271	2X12	9.272	1X12	8.363
2X9	7.858	3X8	9.213	2X11	8.043
2X11	7.964	3X10	8.539	2X12	8.121
3X8	8.352	6X7	9.283	3X8	8.774
3X9	7.929	7X8	9.847 *	7X8	8.889 **
4X8	7.843	7X10	9.379	7X10	8.148
5X11	8.024	7X12	9.383	7X12	8.056
9X11	8.071	8X9	8.778	8X9	8.270
		9X12	8.509		
$\bar{x}t = 6.431$		$\bar{x}t = 8.855$		$\bar{x}t = 7.645$	
$\bar{x}g = 7.124$		$\bar{x}g = 8.066$		$\bar{x}g = 7.595$	
DMS .05 = 1.514		DMS .05 = 1.665		DMS (0.05) = 1.233	
DMS .01 = 2.014		DMS .01 = 2.214		DMS (0.01) = 0.927	

* Significativo.

** Altamente significativo.

$\bar{x}t$ = Media de tratamientos.

$\bar{x}g$ = Media General.

Cuadro 4.2. Concentración de las mejores cruzas dobles predichas

CRUZAS DOBLES					
TROPICAL		SUBTROPICAL		COMBINADO	
CRUZA	MEDIA	CRUZA	MEDIA	CRUZA	MEDIA
(1X7)(2X5)	7.204	(1X5)(2X12)	8.257	(1X3)(7X10)	8.141
(1X9)(2X11)	7.326	(1X7)(3X10)	8.755	(1X5)(7X12)	8.162
(1X12)(3X7)	7.257	(6X7)(1X9)	8.226	(1X7)(8X9)	8.238
(3X8)(5X11)	6.661	(7X8)(2X12)	8.658	(3X8)(1X12)	7.794
(1X3)(2X9)	7.478	(1X5)(7X10)	8.781	(7X8)(2X11)	7.911
(4X8)(3X9)	7.677	(3X8)(7X12)	8.259	(1X3)(7X12)	8.117
(1X3)(5X11)	6.843	(1X7)(8X9)	8.768	(1X3)(7X10)	8.141
(1X7)(9X11)	7.435	(1X8)(9X12)	8.592	(1X7)(2X12)	7.893
(3X8)(5X11)	6.661	(6X7)(9X12)	8.397	(1X5)(2X12)	7.702
(3X8)(9X11)	7.144	(1X5)(2X12)	8.486	(1X3)(2X12)	7.596
$\bar{x}_t = 6.431$ $\bar{x}_g = 7.124$ DMS .05 = 1.514 DMS .01 = 2.014		$\bar{x}_t = 8.855$ $\bar{x}_g = 8.066$ DMS .05 = 1.665 DMS .01 = 2.214		$\bar{x}_t = 7.645$ $\bar{x}_g = 7.595$ DMS (0.05) = 1.233 DMS (0.01) = 0.927	

\bar{x}_t = Media de tratamientos.

\bar{x}_g = Media general.

Cuadro 4.3. Concentración de las mejores cruzas triples predichas.

CRUZAS TRIPLES					
TROPICAL		SUBTROPICAL		COMBINADO	
CRUZA	MEDIA	CRUZA	MEDIA	CRUZA	MEDIA
(1X7)X3	7.869	(1X5)X3	7.924	(1X5)X3	7.577
(1X9)X3	7.878	(1X7)X3	8.326	(1X7)X3	8.101
(1X12)X3	7.212	(1X8)X3	8.897	(1X9)X3	7.829
(2X5)X3	7.043	(1X9)X3	7.812	(1X12)X3	7.637
(2X11)X3	6.686	(2X12)X3	8.025	(2X11)X3	6.962
(8X9)X3	8.140	(6X7)X3	7.935	(2X12)X3	7.509
(4X8)X3	7.967	(7X8)X3	8.642	(7X8)X3	8.397
(5X11)X3	6.267	(7X10)X3	8.304	(7X10)X3	7.799
(9X11)X3	6.919	(7X12)X3	7.849	(7X12)X3	7.557
(2X9)X3	7.696	(8X9)X3	8.127	(8X9)X3	8.125
$\bar{x}_t = 6.431$		$\bar{x}_t = 8.855$		$\bar{x}_t = 7.645$	
$\bar{x}_g = 7.124$		$\bar{x}_g = 8.066$		$\bar{x}_g = 7.595$	
DMS .05 = 1.514		DMS .05 = 1.665		DMS (0.05) = 1.233	
DMS .01 = 2.014		DMS .01 = 2.214		DMS (0.01) = 0.927	

\bar{x}_t = Media de tratamientos.

\bar{x}_g = Media general.

Las mejores cruzas predichas fueron:

Cruza doble tropical.- (4x8) (3X9) con 7.677 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza doble subtropical.- (1x5) (7x10) con 8.781 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza doble combinado.- (1x7) (8x9) con 8.238 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza triple tropical.- (8 x 9) x 3 con 8.140 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza triple subtropical.- (1 x 8) x 3 con 8.897 ton/ha de rendimiento predicho.

Cruza triple combinado.- (7 x 8) x 3 con 8.397 ton/ha de rendimiento predicho.

Todas las cruzas predichas superan a la media de testigos utilizados por lo que es necesario formar y evaluar dichas cruzas en comparación con los testigos para constatar su potencial.

Cabe señalar que las cruzas predichas se construyeron respetando el patrón heterótico existente entre líneas de los grupos A y B.

De acuerdo a la diferencia mínima significativa no se encontró ningún cruzamiento predicho diferente a la media general ya que se tomaron las mejores cruzas simples con las mejores características agronómicas. Se espera que al evaluar las cruzas se tenga un repunte en el rendimiento ya que se respeto el patrón heterótico.

CONCLUSIONES

Se llevo a cabo el calculo para predecir las diferentes cruzas en base a la selección de las mejores cruzas simples.

Utilizando el método B de Jenkins (1934) se procedió al calculo de las predicciones para las cruzas triples y dobles.

Las mejores cruzas predichas fueron:

- ⇒ Cruza doble tropical.- (4x8) (3X9) con 7.677 ton/ha de rendimiento predicho.
- ⇒ Cruza doble subtropical.- (1x5) (7x10) con 8.781 ton/ha de rendimiento predicho.
- ⇒ Cruza doble combinado.- (1x7) (8x9) con 8.238 ton/ha de rendimiento predicho.
- ⇒ Cruza triple tropical.- (8 x 9) x 3 con 8.140 ton/ha de rendimiento predicho.
- ⇒ Cruza triple subtropical.- (1 x 8) x 3 con 8.897 ton/ha de rendimiento predicho.
- ⇒ Cruza triple combinado.- (7 x 8) x 3 con 8.397 ton/ha de rendimiento predicho.

Consideramos que el método B de Jenkins fue efectivo para el calculo de predicción de los dos tipos de cruzas y respetando el patrón heterótico existente entre los grupos A y B, cabe señalar que con la diferencia mínima significativa no se encontró ningún cruzamiento predicho diferente al de la media general de las cruzas simples.

BIBLIOGRAFIA

Allard R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ed. Omega. Barcelona, España.

Baker J. R. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18: 533-536.USA.

Cross H. L. and J. J. Hammond. 1982. Plant density effects on combining abilities of early maize synthetics. *Crop Sci.* 22: 814-817.

Crossa J., C. O. Gardner and R. F. Mumm. 1987. Heterosis among population of maiza (*Zea mays* L.) with different levels of exotic germplasm. *Appl. Genet.* 73: 445-450. USA.

Eberhart S.A. and A. R. Hallauer. 1968. Genetic effects for yield in single, Three way double crosses maize hibrid. *Crop Science.* pp. 373-379.

Espinoza P. N. And A. Ramirez F. 1997. General and specific combining ability of tropical maize lines. In: *The genetics and exploitation of heterosis in Crops. Simposium Internacional.* México, D.F. Agosto 17-22 de 1997. 298-299 p.

González S., H. Córdova, S. Rodríguez, H. De León y V. M. Serrato. 1997. Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialélo de diez líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamericana.* 8: 07-10.Costa Rica.

Griffing B.1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:346-493. Australia.

Halleuer A.R. and J.B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2da. De Iowa State University Press, Ames, Iowa. USA. P.45-61.

- Hayes H. K., F. R. Immer and D. C. Smith. 1954. Methods of plants breeding. Second edition. Mac-Graw Hill Book Company Inc. 551 p.
- Jenkins M. T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses In corn. Agron. Jour., 26: 199-204.
- Jugenheimer R. W, 1990. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de maíz. Folleto de divulgación. Vol. I. Num. 7. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Latournerie M. L. 1998. Aptitud combinatoria entre líneas elite de maíz tropical y subtropical. Tesis de doctor en ciencias en Fitomejoramiento. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- López P. E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Vol. 1. Num. 7. U .A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, México.
- Maya L. J. B. 1996. selección recurrente entre poblaciones de maíz para el subtrópico de México. XVI Congreso de Citogenética. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. p 303.
- Ortiz J., f. Navarro y P. Comalat. 1997. dialélo de variedades dominicanas de maíz (*Zea mays* L.) In : Síntesis de resultados Experimentales 1993 1995 del PRM. J. bolaños (Editor). Guatemala. 5: 68-70.
- Pandey S. and C. O. Gardner. 1992. Improvement of tropical maize. Adv. In Agromy. 48: 2-81. USA.
- Salmeron E. J. 1984. Rendimiento predicho y observado de las mejores cruza triples y dobles de maíz en el trópico húmedo. Tesis de Maestría. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Sugroue J. R. And A.R. Hallauer. 1997. Analysis of the diallel mating design for Maize inbred lines. Crop Sci. 37:400-405. USA.
- Terrón L., A. D. 1981. Análisis e Interpretación de cruza dialélicas en variedades Tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara, Jal. México. 52 p.

Tragesser S. L. 1991. Generation means estimation of unbiased genetic effects From five cycles of replicated S1 and reciprocal full-sib recurrent selection. Tesis de Doctorado. Universidad de Nebraska. 108 p.

Vasal S. K. 1986. CIMMYT hybrid maize program. Reunion anual de maíz. 17 p. México.

_____ *et al.* 1987. Heterosis y aptitud combinatoria en germoplasma tropical de CIMMYT. Boletín. El Batán, Texcoco, Edo. De México.

_____ G. Srinivasan, F. González C., G. C. Han, S. Pandey, D. L. Beck and J. Crossa. 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical x Subtropical maize germplasm. *Crop. Sci.* 32(6): 1483-1489. USA.

_____ And Srinivasa, J. Crossa and D. L. Beck. 1992b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 32(4): 884-890. USA.

_____ G. Srinivasan, N. Vergara y F. González C. 1995). Heterosis y aptitud combinatoria en germoplasma de maíz en valles altos. *Rev. Fitotec. Mex. México.* 18: 123-139.

A P E N D I C E

Cuadro A. 1. Medias ajustadas para rendimiento y diferentes características agronómicas a través de los tres ambientes tropicales evaluados en 1995.

Cruza	Flor		Altura		Acame ^s		Mazorca ^t	Mala ^t	Rendimiento Ton/ha
	♂	♀	Planta cm.	Mazorca cm.	Raíz %	Tallo %	Podrida %	Cobertura %	
1x2	61.9	62.8	228.5	106.7	0	0	13.5	5.2	6.303
1x3	61.7	62.8	248.3	117.4	0	0.6	2.8	1.3	7.827
1x4	61.5	61.4	219.9	105.7	0.6	1.3	7.9	4.5	6.849
1x5	61.0	62.7	237.8	108.9	1.8	3.7	4.2	4.6	7.765
1x6	58.4	57.5	226.3	93.0	0	1.3	9.3	9.4	6.895
1x7	60.4	60.9	229.1	100.5	0	0	5.4	2.4	7.901
1x8	60.3	61.7	241.5	102.2	0	0.6	3.3	6.4	7.318
1x9	59.5	59.8	250.4	111.5	0	1.2	5.1	5.6	8.234
1x10	60.0	60.6	238.1	101.9	0	0	8.5	6.5	6.994
1x11	61.1	63.1	224.9	94.4	0.6	0	12.6	5.9	7.072
1x12	61.2	61.8	226.1	99.5	0	0.6	0.8	4.9	7.729
2x3	62.0	63.1	263.0	136.3	1.3	0.6	12.7	7.7	7.463
2x4	61.3	62.3	228.1	119.7	0	1.8	3.5	5.6	6.598
2x5	60.9	63.1	246.4	117.8	0	3.7	4.7	9.3	8.271
2x6	57.4	58.3	221.3	101.3	0	1.3	8.7	7.1	7.278
2x7	59.8	60.5	241.3	109.8	1.2	2.5	14.2	12.4	7.379
2x8	60.9	62.3	241.0	122.2	0	4.3	5.4	13.1	7.103
2x9	59.2	59.0	254.3	123.1	0	0.6	6.6	8.1	7.858
2x10	57.2	57.5	237.0	108.8	0.6	0	12.7	14.4	6.669
2x11	61.8	62.9	241.2	127.8	0	1.2	9.0	15.2	7.964
2x12	58.9	59.5	216.9	107.5	0	1.9	7.7	2.0	6.951
3x4	60.1	62.3	240.6	119.4	0.6	0	6.9	13.2	7.582
3x5	61.4	62.9	237.0	112.7	3.2	0.6	8.7	9.2	6.624
3x6	58.4	58.5	240.6	111.0	3.8	2.5	6.6	15.8	7.818
3x7	59.9	60.3	242.4	117.5	5.6	1.2	10.2	3.2	7.911
3x8	59.8	60.1	248.8	121.0	1.3	0.6	4.8	5.7	8.352
3x9	61.4	61.6	243.1	117.0	0.6	0	4.8	3.7	7.929
3x10	59.9	60.5	252.8	119.4	1.2	0	7.8	6.3	6.653
3x11	60.8	61.3	226.1	104.8	3.1	0	14.1	8.4	5.910
3x12	59.9	61.0	227.4	103.0	1.9	0.6	5.7	1.7	6.597
4x5	59.8	60.9	240.1	111.1	1.3	0	8.2	10.9	7.401
4x6	57.8	57.6	220.4	101.7	0.6	0	10.6	12.6	7.344
4x7	58.0	58.7	228.0	111.9	2.5	0	4.9	1.2	6.979
4x8	59.0	59.6	239.8	116.1	0.6	5	5.0	6.1	7.843
4x9	59.5	60.3	227.3	104.0	0.6	0.6	5.2	3.4	6.998
4x10	59.0	60.2	226.5	106.2	0	0	8.1	1.3	2.281
4x11	60.6	61.7	216.3	106.0	1.2	2.5	17.3	32.5	5.357
4x12	59.2	60.5	200.5	96.2	0	0	11.2	6.2	6.525
5x6	57.3	58.0	228.9	102.5	2.0	9.9	6.1	8.7	7.112
5x7	59.8	61.5	249.0	119.0	2.5	17.3	7.5	8.1	7.371
5x8	59.4	61.4	249.5	120.4	0	14.9	5.0	12.9	7.154
5x9	59.4	59.4	250.0	114.1	0	18.9	5.4	5.9	7.871
5x10	58.3	58.9	239.4	110.8	0	19.0	6.2	7.8	6.298
5x11	59.8	61.1	234.5	113.3	0	1.9	7.3	6.4	8.024
5x12	58.9	59.8	220.1	100.6	2.0	14.5	9.4	5.4	6.125
6x7	58.2	57.4	237.0	105.1	3.1	18.1	11.3	6.9	8.031
6x8	58.0	58.1	248.9	112.3	0	40.6	15.6	10.4	7.101
6x9	57.2	56.4	249.3	115.4	3.8	22.6	11.5	10.7	7.621
6x10	56.4	58.1	242.7	111.5	3.7	11.1	15.1	12.9	6.420
6x11	58.2	58.0	226.0	106.9	0.6	2.5	10.7	12.4	7.252
6x12	57.3	56.9	217.8	97.0	1.3	13.7	7.4	8.2	6.623
7x8	58.5	58.0	247.0	122.1	3.7	25.1	4.7	9.8	7.882
7x9	59.1	58.5	243.7	103.1	6.9	1.9	7.0	9.6	7.345
7x10	57.3	56.3	240.5	107.8	6.9	6.2	10.6	13.1	6.900
7x11	58.5	58.5	238.3	113.0	2.0	10.9	16.8	9.9	7.088
7x12	60.2	60.4	212.2	102.2	3.8	5.8	8.3	1.7	6.704
8x9	58.8	58.1	254.6	115.3	0.6	6.2	6.3	20.5	7.778
8x10	57.6	57.5	245.1	116.4	3.2	16.4	4.1	20.7	6.172
8x11	59.6	59.5	243.0	115.7	1.9	11.9	10.2	9.2	6.957
8x12	58.6	58.9	233.8	128.1	0	13.4	4.2	8.0	7.766
9x10	57.4	57.1	244.9	109.9	0.6	11.2	5.3	6.5	7.015
9x11	59.9	59.9	257.2	115.1	0	0.6	5.6	11.7	8.071
9x12	59.6	59.9	232.5	107.8	1.2	16.2	1.3	1.7	7.180
10x11	57.2	57.3	246.2	115.6	1.3	8.3	13.4	7.5	5.751
10x12	57.9	58.2	209.8	93.2	2.5	8.1	4.2	3.8	5.073
11x12	59.4	59.8	185.6	81.5	0	3.1	15.5	2.3	4.942
Media	59.4	59.9	235.6	110.1	1.3	5.9	8.1	8.3	7.124

^s Promedio de dos localidades solamente.

^t Valores reales en porcentaje de las variables sin transformar.

■ Cruzas sobresalientes

Cuadro A. 2. Medias ajustadas para rendimiento y características agronómicas a través de los tres ambientes subtropicales evaluados en 1995.

Cruza	Flor		Altura		Acame Tallo %	Mazorca Podrida ^s %	Mala Cobertura %	Rendimiento ^s Ton/ha
	♂	♀	Planta cm.	Mazorca ^s cm.				
1x2	85.5	86.3	223.6	119.6	7.2	5.6	4.7	7.666
1x3	84.8	85.5	228.4	117.6	1.4	3.4	0	8.582
1x4	82.5	82.0	206.7	107.8	16.8	2.7	4.7	7.152
1x5	84.0	84.7	223.7	114.0	3.4	2.7	5.8	9.032
1x6	77.0	78.0	209.6	95.2	6.4	5.5	11.2	7.801
1x7	82.3	83.0	218.1	114.8	3.2	5.4	1.6	10.089
1x8	81.5	81.3	229.4	111.4	6.4	3.2	0.9	8.633
1x9	82.8	83.0	238.0	120.8	1.3	3.6	3.3	8.543
1x10	79.8	80.0	222.6	105.2	5.5	3.3	17.7	8.989
1x11	82.5	82.5	206.8	100.0	2.7	8.7	37.6	8.472
1x12	83.0	84.0	205.1	105.3	2.4	4.3	4.1	8.948
2x3	83.7	84.3	254.5	144.0	0.9	7.8	16.8	8.423
2x4	84.2	85.5	212.5	119.4	11.5	3.0	12.7	6.809
2x5	85.7	87.0	218.2	118.9	4.8	9.3	21.2	7.675
2x6	77.5	78.8	212.3	102.7	11.7	6.7	10.5	7.724
2x7	80.5	81.3	233.7	127.5	16.4	14.1	9.9	8.933
2x8	82.5	83.2	228.7	124.1	7.5	11.0	23.9	8.217
2x9	83.8	84.0	226.6	124.9	9.6	9.3	21.0	7.531
2x10	78.0	78.5	236.1	118.3	15.0	6.0	16.5	9.142
2x11	83.3	84.0	214.9	129.9	12.0	8.7	24.8	8.197
2x12	82.7	83.5	199.7	112.6	1.9	2.1	5.6	9.272
3x4	82.8	84.8	219.2	119.2	6.8	10.4	2.9	6.772
3x5	82.7	84.0	231.7	120.6	3.5	13.3	17.9	7.267
3x6	78.5	79.0	213.4	114.7	9.2	16.3	12.2	7.800
3x7	81.7	82.0	222.4	118.1	11.8	10.9	1.5	8.070
3x8	80.0	79.8	237.2	124.2	1.3	4.5	00	9.213
3x9	85.5	85.0	218.7	122.0	14.7	6.4	6.7	7.041
3x10	78.3	78.3	227.2	124.2	2.5	4.3	3.5	8.539
3x11	84.0	85.0	199.5	105.6	9.6	11.7	21.2	6.136
3x12	83.2	83.7	197.1	109.1	0	3.7	0.4	7.628
4x5	83.5	85.8	220.0	108.3	8.4	7.4	31.4	7.019
4x6	76.0	77.2	203.9	97.6	20.1	17.5	10.0	6.132
4x7	80.2	80.2	209.0	116.6	19.6	6.4	8.3	7.391
4x8	78.5	80.2	217.2	116.7	14.9	5.1	3.1	7.904
4x9	80.8	81.8	229.8	114.6	30.8	6.2	11.0	6.913
4x10	77.3	78.0	223.5	112.8	7.9	3.1	1.2	8.272
4x11	81.3	82.0	198.5	108.1	22.0	13.0	29.5	5.462
4x12	82.0	82.7	191.4	98.5	13.0	5.5	10.4	7.504
5x6	77.5	78.0	222.1	110.6	13.9	8.9	4.7	7.168
5x7	82.5	83.7	222.4	119.9	9.1	12.7	4.9	8.298
5x8	80.2	81.0	222.7	117.0	17.1	9.1	14.7	7.874
5x9	82.8	83.5	239.3	127.0	21.3	8.1	11.6	8.162
5x10	78.7	79.5	214.2	107.7	0.5	5.9	22.4	7.748
5x11	81.7	82.5	208.8	112.8	6.2	10.1	20.6	7.691
5x12	81.0	81.5	227.3	117.8	4.3	3.2	7.6	8.741
6x7	78.3	78.5	228.2	118.5	7.3	9.6	7.0	9.283
6x8	76.3	77.5	235.4	118.0	3.4	5.3	7.3	9.164
6x9	78.0	78.5	230.9	117.8	38.4	14.0	4.3	6.963
6x10	73.8	73.7	222.3	108.3	7.7	5.6	16.7	8.785
6x11	78.5	79.0	198.2	105.0	14.6	13.1	15.6	7.590
6x12	78.2	78.7	202.4	104.6	11.7	13.3	37.2	9.190
7x8	77.7	78.3	223.5	121.3	2.4	5.4	0.7	9.847
7x9	82.5	83.0	228.6	120.8	11.6	15.0	15.5	8.051
7x10	76.7	77.2	219.8	107.6	2.5	5.6	13.5	9.379
7x11	78.5	78.7	216.9	110.4	6.5	11.0	27.5	8.999
7x12	80.3	80.0	204.2	113.6	0.5	5.4	3.3	9.383
8x9	78.5	79.0	237.0	124.4	2.5	4.6	10.5	8.778
8x10	75.5	76.0	230.6	110.4	1.2	2.9	4.1	7.705
8x11	79.0	79.8	231.6	122.6	9.1	7.3	33.3	8.617
8x12	78.7	79.2	214.1	113.7	3.7	2.3	0.9	8.100
9x10	78.0	78.0	228.1	108.9	6.4	4.7	25.0	8.643
9x11	83.5	83.5	227.5	119.2	27.5	15.6	37.9	6.124
9x12	82.5	82.5	214.5	113.7	1.0	2.9	7.6	8.809
10x11	76.5	76.8	223.5	114.3	17.8	4.4	38.5	8.326
10x12	76.7	77.0	222.7	101.0	4.9	2.5	1.6	8.099
11x12	81.3	82.5	174.1	91.7	17.5	9.7	12.1	6.217
Media	80.6	81.2	219.4	114.3	9.3	7.4	12.6	8.066

^s Promedio de las tres localidades, las demás variables solamente es el promedio de dos localidades.

■ Cruzas más sobresalientes.

Cuadro A. 3. Medias ajustadas para rendimiento y características agronómicas evaluadas de las seis localidades de prueba en 1995.

Cruza	Flor ^s		Altura		Acame ^t		Mazorca	Mala	Rendimiento Ton/ha
	♂	♀	Planta ^s	Mazorca	Tallo	Raíz	Podrida	Cobertura ^s	
1x2	71.3	72.0	226.0	112.9	3.6	6.2	9.6	5.0	7.002
1x3	70.9	71.9	239.2	116.9	1.0	22.8	3.1	0.6	8.181
1x4	69.9	69.7	217.6	107.0	9.0	6.1	5.3	4.6	7.026
1x5	70.1	71.4	230.7	111.1	3.6	25.3	3.4	5.3	8.347
1x6	65.9	65.9	219.0	94.4	3.8	30.9	7.4	10.3	7.364
1x7	69.1	69.7	224.7	107.8	1.6	29.6	5.4	2.0	8.991
1x8	68.7	69.4	235.7	106.7	3.5	28.1	3.2	3.7	7.987
1x9	68.8	69.1	244.1	115.5	1.3	5.2	4.4	4.5	8.390
1x10	67.9	68.3	231.7	103.3	2.7	6.5	5.9	12.1	7.976
1x11	69.6	70.8	219.8	97.5	1.4	10.5	10.6	21.7	7.775
1x12	70.0	70.8	219.8	102.7	1.5	9.6	2.6	4.5	8.363
2x3	70.7	71.6	258.6	139.9	0.7	7.6	10.2	12.3	7.924
2x4	70.5	71.5	221.8	119.9	6.7	4.4	3.2	9.2	6.708
2x5	70.9	72.7	237.8	118.7	4.3	5.9	7.0	15.3	7.977
2x6	65.4	66.4	217.5	102.2	6.5	9.4	7.7	8.8	7.542
2x7	68.1	68.8	239.0	119.0	9.4	11.7	14.2	11.2	8.150
2x8	69.5	70.6	235.5	122.9	5.9	8.0	8.2	18.5	7.661
2x9	69.0	69.1	241.4	123.6	5.1	5.5	8.0	14.6	7.691
2x10	65.5	65.8	236.3	113.2	7.5	3.7	9.4	15.5	7.915
2x11	70.3	71.2	229.7	128.6	6.6	1.4	8.9	20.0	8.043
2x12	68.5	69.1	208.8	109.7	1.9	17.0	4.9	3.8	8.121
3x4	69.2	71.3	231.5	119.1	3.4	14.3	8.6	8.1	7.171
3x5	70.0	71.4	236.8	116.6	2.1	45.5	11.1	13.6	6.969
3x6	66.4	66.7	229.5	113.0	5.8	35.0	11.4	14.0	7.796
3x7	68.6	68.9	234.4	118.9	6.5	46.9	10.5	2.3	8.021
3x8	67.9	68.0	246.9	122.9	1.0	49.7	4.6	2.8	8.774
3x9	70.8	70.8	234.0	119.4	7.3	28.2	5.6	5.2	7.477
3x10	67.3	67.8	242.0	121.4	1.2	41.7	6.1	4.9	7.578
3x11	70.1	70.8	214.5	105.0	4.8	47.3	12.9	14.8	6.000
3x12	69.2	70.0	213.6	105.9	0.3	38.0	4.7	1.1	7.094
4x5	69.4	71.0	231.6	109.5	4.2	9.0	7.8	21.2	7.199
4x6	65.1	65.5	213.0	99.5	10.1	19.6	14.1	11.3	6.740
4x7	66.9	67.3	218.5	113.8	9.8	46.0	5.7	4.7	7.188
4x8	66.8	67.8	230.7	116.6	9.9	38.5	5.1	4.6	7.899
4x9	68.0	68.8	227.1	109.4	15.7	8.2	5.7	7.2	6.966
4x10	66.3	67.3	228.7	110.3	3.9	8.8	5.6	1.3	7.305
4x11	68.8	69.7	208.3	106.7	12.3	4.4	15.1	31.0	5.365
4x12	68.3	69.4	196.9	97.8	6.5	4.3	8.4	8.3	7.011
5x6	65.4	66.1	228.6	106.3	11.9	24.0	7.5	6.7	7.128
5x7	68.8	70.3	238.4	119.3	13.1	49.0	10.1	6.5	7.827
5x8	67.8	69.3	238.7	118.5	16.0	39.0	7.0	13.8	7.528
5x9	68.8	69.2	245.7	120.5	20.2	11.8	6.8	8.8	8.016
5x10	66.5	67.2	227.3	108.8	9.8	43.2	6.1	15.1	6.999
5x11	68.6	69.7	223.7	112.4	4.0	48.0	8.7	13.5	7.877
5x12	67.7	68.4	221.6	109.2	9.4	29.4	6.3	6.6	7.468
6x7	66.2	65.7	233.7	112.0	12.7	33.8	10.5	7.0	8.645
6x8	65.3	65.8	246.3	115.5	22.0	33.3	10.5	8.8	8.192
6x9	65.5	65.3	240.4	115.9	30.5	7.7	12.8	7.5	7.255
6x10	63.3	64.3	235.5	110.6	9.4	31.0	10.4	14.8	7.608
6x11	66.3	66.4	216.4	105.7	8.6	33.9	11.9	14.0	7.387
6x12	65.8	65.7	213.1	100.5	12.7	18.4	10.3	22.7	7.894
7x8	66.2	66.1	238.0	121.6	13.8	45.3	5.1	5.3	8.889
7x9	68.5	68.4	237.0	111.5	6.7	35.1	11.0	13.6	7.687
7x10	65.1	64.7	232.1	107.9	4.4	31.6	8.1	13.3	8.148
7x11	66.3	66.6	227.9	111.9	8.7	49.0	13.9	18.7	8.073
7x12	68.2	68.1	209.0	108.0	3.2	41.0	6.9	2.5	8.056
8x9	66.6	66.3	247.2	119.6	4.4	29.0	5.4	15.6	8.270
8x10	64.8	65.0	241.3	113.4	8.8	46.4	3.5	12.4	6.955
8x11	67.3	67.6	237.8	118.7	10.5	32.5	8.7	21.3	7.759
8x12	66.6	66.9	226.0	121.6	8.5	27.3	3.3	4.5	7.916
9x10	65.7	65.5	238.3	110.0	8.8	3.0	5.0	15.7	7.834
9x11	69.4	69.4	247.3	117.1	14.1	8.0	10.6	24.8	7.095
9x12	68.8	68.9	225.1	110.3	8.6	14.3	2.1	4.6	7.858
10x11	65.0	65.2	237.8	115.3	13.0	10.1	8.9	23.0	7.044
10x12	65.4	65.7	213.5	97.2	6.5	36.3	3.4	2.7	6.604
11x12	68.1	68.8	180.6	86.9	10.3	6.1	12.6	7.2	5.587
Media	67.8	68.4	229.1	112.2	7.6	23.6	7.8	10.5	7.595

^s Promedio de cinco localidades.

^t Promedio de cuatro localidades.

■ Cruzas más sobresalientes.

