

DETERMINACION DE UN PATRON HETEROTICO A PARTIR DE LA EVALUACION DE UN DIALELO DE DIEZ LINEAS DE MAIZ SUBTROPICAL ¹

Santos González ², Hugo Córdova ³, Sergio Rodríguez ⁴, Humberto De León ⁵, Víctor M. Serrato ⁵

RESUMEN

Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de diez líneas de maíz subtropical. Se evaluaron en cinco ambientes 45 cruza simples provenientes de un dialelo de diez líneas subtropicales de maíz de CIMMYT y tres testigos. El diseño experimental utilizado fue un alfa látice, con dos repeticiones por localidad. El análisis combinado a través de localidades se realizó como bloques completos al azar. Para obtener los efectos y la suma de cuadrados de aptitud combinatoria se utilizó el método IV de Griffing (1956). Las mejores cruza con base en rendimiento fueron 5x10, 5x8, 5x6, 4x10 y 5x7 con rendimientos aproximadamente a las 11 t/ha. La cruza 5x10 superó al testigo CML78 x CML97 con 21% de rendimiento y características agronómicas superiores. La línea S89500F2-2-2-2-B-B fue la que presentó la mejor ACG. El patrón heterótico quedó integrado de la siguiente manera: para el grupo heterótico "A" por las líneas uno, cuatro, cinco y seis; para el grupo heterótico "B" por las líneas dos, tres, siete, ocho, nueve y diez. Se sugiere la línea cinco sea utilizada como probador "A" y la línea diez como probador "B". Los híbridos y líneas seleccionadas podrán ser utilizadas en ambientes subtropicales.

ABSTRACT

Determination of heterotic patterns from a diallel of ten subtropical lines of maize. In this research 45 single crosses from a diallel of ten subtropical maize lines from CIMMYT and three checks were evaluated in five sites. The experimental design utilized was an Alfa lattice with two replications per location. Combined analysis across locations were made with a randomized complete block design. Method IV of Griffing's was used to calculate estimates of general (GCA) and specific combining ability (SCA). The best crosses were 5x10, 5x8, 5x6, 4x10 and 5x7 with a yield of 11 t/ha aprox. The best cross was 5 x 10 which was 21% superior in seed yield and with better agronomic characteristics than the check CML78 x CML97. The line S89500F2-2-2-2-B-B showed the highest GCA effect. Two subtropical heterotic groups were formed with the following lines: "A", lines one, four, five, and six; group "B", lines two, three, seven, eight, nine, and ten. Line five can be used as a tester "A" and the line ten can be used as a tester "B". The hybrids and lines selected could be used in subtropical environments.

INTRODUCCION

Los cruzamientos dialélicos son utilizados para estimar los efectos genéticos de las poblaciones en mejoramiento y la información analizada críticamente es valiosa para definir patrones heteróticos, los cuales constituyen una fuente de germoplasma para la generación de líneas élite de gran utilidad en un programa de mejoramiento dinámico. En todo programa de

mejoramiento genético, la elección de germoplasma es una de las decisiones más importantes que el mejorador debe tomar ya que puede ser determinante en el éxito del programa. Hallauer (1993), indica que el mejoramiento del maíz incluye dos componentes de igual importancia, 1) elección de germoplasma, y 2) desarrollo de líneas para su uso en híbridos. Para Córdova y Mickelson (1995), la elección apropiada del germoplasma constituye la mitad del éxito de un programa de hibridación, así como la

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en El Salvador, Centroamérica, 27 al 31 de marzo, 1996.

² Tesista Maestría Fitomejoramiento.

³ Programa de Maíz-CIMMYT.

⁴ Profesor-Investigador, Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN.

⁵ Profesor-Investigador, Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN.

elección de una fuente de germoplasma apropiada implica tener el conocimiento del patrón heterótico a que pertenece. Los requisitos más importantes para una buena población como fuente para extraer líneas son un alto comportamiento promedio y varianza genética adecuada, de tal manera que las líneas que se recobren sean superiores a las poblaciones existentes (Lamkey, Schnicker, Gockent, 1993).

Vasal *et al.*, (1992a) formaron un patrón heterótico de maíz para ambientes subtropicales; aprovechando la heterosis que existe al cruzar materiales de grano cristalino vs dentado, a partir de 88 líneas derivadas de las poblaciones 32, 34 42 44, 47 y pool 31, Por medio de los efectos de ACE en rendimiento, se formaron dos grupos heteróticos (STHG-A Dentado y STHG-B Cristalino). Asimismo Vasal, Han y González , (1992b) con 92 líneas tropicales derivadas de nueve poblaciones (21, 22, 25, 29, 32, 43, 73 y de los pools 23 y 24) desarrolladas en CIMMYT formaron dos grupos heteróticos THG-A (cristalino) y THG-B (dentado) que actualmente son utilizados en regiones tropicales.

Mickelson *et al.*, (1995) mencionan que los patrones heteróticos utilizados actualmente son: Tuxpeño y ETO en la región subtropical de México y América del Sur; Reid Yellow Dent y Lancaster Sure Crop en el clima templado de los Estados Unidos de Norteamérica, Salisbury White y Southern Cross en el Sur de África, y AED (Dentado Precoz Americano) y TEP-5 (Tepalcingo 5) en Egipto. Vasal *et al.*, (1992c) determinaron la heterosis y aptitud combinatoria entre materiales tropicales y subtropicales de CIMMYT y comprobaron una vez más el alto potencial que existe para incrementar el rendimiento cruzando materiales tropicales vs subtropicales.

A través del tiempo se han identificado y definido claramente patrones heteróticos, entre los que se encuen-

tran aquellos que poseen características contrastantes, siendo los más comunes: maíces de grano dentado vs cristalino, maíces Tropicales vs Subtrópico, maíces del subtropico vs de clima templado, ETO (Estación Tulio Ospina) vs Tuxpeño, Reid Yellow Dent vs Lancaster Sure Crop en EUA, etc.

Sin embargo, además de la utilización de los patrones heteróticos ya existentes, es necesario generar nuevos patrones heteróticos que sean orientados a formar híbridos de maíz más eficientes.

Los objetivos de este trabajo son: estimar la aptitud combinatoria de las líneas y generar información para la formación de un patrón heterótico en germoplasma subtropical y seleccionar las mejores cruza simples con los más bajos porcentajes de pudrición de mazorca.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Diez líneas subtropicales de maíz con un nivel de endogamia que varía desde S2 hasta S6 derivadas de diferentes poblaciones de CIMMYT fueron usadas en esta investigación. La genealogía y población de origen de las líneas usadas en este estudio son presentadas en el Cuadro 1. Las líneas CML 78 y CML97 son líneas liberadas, las restantes son líneas que han mostrado buenas características *per se*.

Metodología

En la localidad de Tlaltizapán, Mor. en el invierno de 1993-1994 se realizaron los cruzamientos dialélicos entre las líneas, dando un total de 45 cruza simples. Las cruza y tres testigos se sembraron bajo el diseño alfa látice 6x8

Cuadro 1. Genealogía de las líneas involucradas en las cruza dialélicas.

Número de línea	Genealogía	Origen
1	CML78	Pool 32
2	CML97	Población 42
3	87[G24S2/B810(3)S2]-B-49-1-1-B-B	Población Rec:(G24*B810)F
4	S89500F2-2-2-2-B-B	Población 500
5	S89500F2-2-2-1-1-B-B	Población 500
6	P501c0F6-3-3-2-1-B	Población 501
7	P500c0F120-1-B	Población 500
8	P500c0F246-4-1-2-B	Población 500
9	P500c0F114-1-1-B	Población 500
10	P600c0F14-3-3-2-B	Población 600

con dos repeticiones por localidad; para el análisis combinado a través de localidades se analizó bajo el diseño de bloques al azar. El tamaño de parcela consistió de dos surcos de 5m de largo, con una distancia de 25cm entre plantas y 75cm entre surcos, para obtener una densidad de 53.000 plantas por hectárea. Las características evaluadas fueron rendimientos de grano (t/ha), pudrición de mazorca (%), mala cobertura (%), altura de mazorca (cm), aspecto de planta y mazorca (uno lo mejor, cinco lo peor), floración femenina (días), acame de tallo (%) y rendimiento limpio, el cual se obtuvo restando el porcentaje de pudrición de mazorca al rendimiento inicialmente mostrado, obteniendo así este nuevo rendimiento al que se le denominó rendimiento limpio, en cinco ambientes, en las localidades de Tlatzapán, Mor. en verano de 1994 y en invierno de 1994-1995, Tlajomulco, Jal., Torreón, Coah. y Zapopan, Jal., en verano de 1995.

Análisis Dialélico

El comportamiento de los híbridos y progenitores fue analizado para aptitud combinatoria basándose en el análisis dialélico propuesto por Griffing (1956), utilizando el método IV (el cual incluye sólo las cruzas F1).

Determinación del Patrón Heterótico

Mediante los efectos de ACE se conforman los dos grupos heteróticos de líneas "A" y "B" que forman el patrón heterótico. Cruzas con efectos de ACE negativos significó que las líneas pertenecen a un mismo grupo heterótico y cruzas con efectos de ACE positivos significa que pertenecen a grupos heteróticos opuestos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 45 cruzas simples, evaluados a través de cinco ambientes y su significancia. La fuente de variación localidades muestra alta significancia para todos los caracteres, lo que indica la diferencia entre ambientes, dado por la precipitación, humedad, altitud, etc. y demuestra lo importante que es evaluar en el mayor número de ambientes, ya que de esta forma se tiene una mejor estimación de la varianza genética (Dudley y Moll, 1969). La fuente de variación cruza muestra significancia estadística al nivel de 0,01 de probabilidad para todos los caracteres, lo que significa lo diferente que son las cruzas en su constitución genética. Al desglosar la fuente de variación cruza en ACG y ACE éstas mostraron diferencias altamente significativas para todos los caracteres medidos. La contribución de la variabilidad (S.C) para el rendimiento atribuible a las cruza F1 está constituida en un 4,93% para los efectos de ACG y 95,07% para ACE. Por otra parte la suma de cuadrados para cruza F1 (629) es tres veces la suma de cuadrados para el error, lo cual indica que la varianza entre genotipos es superior a la varianza ambiental. La amplia significancia de efectos de ACE indica el énfasis en capitalización de los efectos genéticos no aditivos en el proceso de selección genealógicos y el beneficio en la heterosis de las combinaciones híbridas resultantes. Existe una contribución mayor de efectos no aditivos para rendimiento de grano, porcentaje de mazorcas podridas y aspecto de mazorca; el resto de los caracteres están principalmente controlados por efectos del tipo aditivo como se observa en los cuadrados medios reportados. La interacción cruza por ambiente fue

Cuadro 2. Análisis de varianza combinado a través de cinco ambientes.

F.V	G.L	Rend t/ha	% Mz. Pod.	Días a Flor	Asp. de Mz.	Altura de Mz.	Asp. de Pta	% Mala Cob.	% Acame Tallo
Amb.	4	164,16**	0,274	7262,1**	0,994**	1574,2**	0,308**	0,428*	0,705**
Rep/IAmb.	5	1,71	0,199	8,4	0,065	761,7	0,016	0,053	0,008
Cruzas	44	14,31**	0,063**	67,1**	0,147**	1334,7**	0,128**	0,206**	0,026**
ACG	9	3,42**	0,056**	206,4**	0,056**	4004,16**	0,151**	0,542**	0,081**
ACE	35	17,1**	0,064**	31,2**	0,172**	648,28**	0,123**	0,12**	0,012*
Cruzas*Amb.	176	14,31**	0,023**	3,8**	0,032**	172,13**	0,022**	0,031**	0,014**
ACG*Amb.	36	2,48**	0,053**	9,5**	0,071**	298,5**	0,037**	0,06**	0,027**
ACE*Amb.	140	2,46**	0,015**	2,4**	0,022**	139,61**	0,018**	0,023**	0,01**
Error	220	1,01	0,010	2,3	0,011	126,716	0,013	0,014	0,008
C.V (%)		10,68	54,21	2,2	5,64	8,76	6,04	46,18	81,25

*,**, Significativo al 0,05 y 0,01 de probabilidad, respectivamente

altamente significativa para todos los caracteres lo que nos indica que las cruzas que se comportaron mejor para alguna de las localidades de evaluación, no necesariamente lo hicieron en las demás localidades. Con base en esto es posible identificar cruzas superiores específicas para cada localidad y cruzas que pueden utilizarse en un rango de adaptación más amplio. La alta interacción genotipo ambiente contribuyó posiblemente a que la estimación de los efectos de ACE fueran mayores que ACG. Cruzas por ambiente se particionó en ACG y ACE por ambiente mostrando significancia estadística al 0,01 de probabilidad para todos los caracteres agronómicos, tanto para ACG como para ACE; existió una mayor contribución a la suma de cuadrados total de ACG.

Los coeficientes de variación estimados para los caracteres en estudio muestran valores bastante aceptables, excepto las variables en porcentajes, que presentaron coeficientes de variación altos, a pesar de que se analizaron utilizando la transformación

Rendimiento y Características Agronómicas a Través de Localidades

En el Cuadro 3 se presenta las medias de rendimiento del primer grupo de cruzas estadísticamente similares (con base en la DMS) y algunas características agronómicas a través de localidades. Con base en esta prueba el mejor grupo constó de cinco cruzas. La cruz que numéricamente ocupó el primer lugar fue la 5x10 con 11,10 t/ha de rendimiento limpio, 21 por ciento (1,92 t/ha) más que el mejor testigo que fue de 9,18, además presentó sólo 3,5 por ciento de mazorcas podridas, mostrando medias por debajo de las medias generales

para el resto de las características, con excepción de porcentajes de mala cobertura con 30,6. Las cuatro cruzas restantes son la 5x8, 5x6, 4x10, y 5x7 con rendimientos limpios de 10,72, 10,63, 10,41 y 10,24 t/ha respectivamente. La cruz 5x6 a pesar de ocupar la cuarta posición, pasó a ocupar la tercera en rendimiento limpio, debido al bajo porcentaje de pudrición de mazorca (1,9); la cruz 5x7 fue la que mostró menos días a floración con 66,7, tres días más precoz que la media general, además presentó el mejor aspecto de mazorca. La cruz 4x10 presentó menor altura de mazorca con 115,1 cm muy por debajo de la media general, pero presentó el mayor porcentaje de pudrición de mazorca con 4,8 dentro de este grupo, lo que ocasionó que pasara a ocupar la cuarta posición en rendimiento limpio, esto posiblemente se debió a que obtuvo el mayor porcentaje de mala cobertura. En función de las cruzas en que participa, la línea S89500F2-2-2-1-1-BB explotó grandemente los efectos del tipo no aditivo, participa en cuatro cruzas de las cinco superiores. Tomando en consideración el alto potencial de rendimiento y las buenas características agronómicas mostrada por estos híbridos simples, se puede decir que estos materiales utilizados representan una fuente de germoplasma importante que puede ser utilizados a nivel comercial, y así poder contribuir en incrementar los rendimientos.

Por medio de la ACE de las cruzas se logró conformar dos grupos heteróticos, las cruzas que presentaron efectos de ACE positivos, significa que las cruzas pertenecen a grupos heteróticos opuestos, y cruzas con efectos negativos significa que pertenecen a un mismo grupo heterótico. Este mismo procedimiento lo realizaron Vasal *et al* (1992a) para la formación de un patrón heterótico para el

Cuadro 3. Medias de rendimiento y algunas características agronómicas de las mejores cruzas a través de localidades.

Cruza N°	Genealogía	Rend. t/ha	Pud. mz %	rend. limpio t/ha	posición	Flof días	Altura mz cm	Aspecto mz (1-5)
35	S89500F2-2-2-1-1-B-B x P600c0F14-3-3-2-B	11,50	3,5	11,09	1	68,2	126,4	2,2
33	S89500F2-2-2-1-1-B-BxP500c0F246-4-1-2B	11,17	4,0	10,72	2	67,1	126,7	1,9
30	S89500F2-2-2-2-B-B x P600c0F14-3-3-2-B	10,93	4,8	10,41	4	68,1	115,1	2,2
31	S89500F2-2-2-1-1-B-B xP501c0F6-3-3-2-1-B	10,84	1,9	10,63	3	71,6	138,1	2,0
32	S89500F2-2-2-1-1-B-B x P500c0F120-1-B	10,69	4,2	10,24	5	66,7	131,3	1,8
1	CML78 x CML97	9,67	5,1	9,18	24	67	129,6	2,6
	Media	9,43	5,53	69,40			128,5	2,5
	DMS	0,89	4,5	1,34			9,92	0,35
	CV (%)	10,68	54,2	2,20			8,8	5,6

trópico y Vasal, Han y González (1992b), en la formación de un patrón heterótico para ambientes subtropicales.

Las líneas CML78 y CML97 se incluyeron por ser las mejores del Programa Subtropical de CIMMYT y pertenecen a grupos heteróticos opuestos (Córdova, 1995). La crucea 5x10 (S89500F2-2-2-1-1-b-b x P600c0F14-3-3-2-B) presentó los mejores efectos de ACE (1,95) a través de localidades y con alta significancia (Cuadro 5), lo que presenta el mejor indicador a utilizar para la agrupación en cada uno de los grupos heteróticos (“A” y “B”), para la formación del patrón heterótico, considerando la línea cinco para “A” y diez para “B”.

Al cruzar la línea cinco con el resto, las líneas que mostraron efectos positivos fueron la dos, tres, seis, siete, ocho, nueve, y diez lo que significa que pertenecen al grupo “B”, las líneas seis, y siete presentaron significancia; y las líneas ocho, y diez alta significancia; las líneas que resultaron con efectos negativos fue la uno (Sij= -3,42) y cuatro (Sij -4,47) ambas con alta significancia, lo que significa pertenecer al grupo “A”. Al cruzar la línea diez con el resto de las cruces, las que mostraron efectos positivos fueron la uno, cuatro y siete, mostrando la línea cuatro significancia, las cruces restantes mostraron efectos negativos, destacando la línea tres que obtuvo alta significancia. La línea siete que tanto con la línea diez como con la cinco presentó efectos positivos en especial con la línea cinco que mostró significancia, con base en esto se puede agruparse en cualquiera de los dos grupos. Sin embargo, considerando la significancia mostrada al cruzarse con la línea cinco se decidió agruparse en “B”. La línea seis que parecía estar agrupada en el grupo heterótico “B” al ser cruzada con el resto de las líneas de cada uno de los grupos, ésta se comportó como del grupo “A”, por tal razón se decidió agruparla en éste.

El grupo Heterótico “A” quedó conformado por cuatro líneas (uno, cuatro, cinco y seis); el grupo heterótico “B” se conformó por seis líneas (dos, tres, siete, ocho, nueve, y diez). La genealogía de dichas cruces se presenta en el Cuadro 4.

En el Cuadro 5 se presentan los efectos y la significancia de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) para rendimiento y porcentajes de pudrición de mazorca. Para rendimiento el progenitor con los mejores efectos de ACG y significativos es P4 (gi=0,22), seguido por P6 (gi=0,21). El progenitor con los peores efectos y significativos es P3 (gi =-0,44).

Para pudrición de mazorca los mejores progenitores fueron aquellos que mostraron los menores efectos de ACG y ACE; el progenitor que heredó los más bajos porcentajes de pudrición de mazorca fue P2, mientras que los más altos fue P1 coincidiendo este en tener la más baja ACG para rendimiento; aunque no mostraron significancia.

Los mejores efectos altamente significativos de ACE para rendimiento se encuentran en las cruces 5x10 (sij=1,95) y 5x8 (sij=1,68); efectos significativos positivos fueron mostrados por las cruces 10x4 (sij=1,22), 7x5 (sij=1,30), y 5x6 (sij=1,15). Las cruces que presentaron los peores efectos fueron 5x1 (sij=-3,42), 5x4 (sij=-4,47), y 10x3 (sij=-1,94) que tuvieron rendimientos de 5,86; 7,11, y 5,23 t/ha respectivamente.

Para pudrición de mazorca la mejor crucea fue 5x6 (sij=-0,12), con un promedio de 1,9 por ciento, esta crucea también fue una de las mejores para rendimiento. La crucea con mayor grado de pudrición de mazorca fue 4x5 (sij= 0,33), con un promedio a través de localidades de 30,7 por ciento, la cual se vio gravemente afectada por esta característica por lo que en rendimiento ocupó el último lugar.

CONCLUSIONES

Con base en los objetivos y resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones:

1. Dado el gran potencial de rendimiento de las mejores cruces, mejores cinco cruces a través de localidades

Cuadro 4. Clasificación de las líneas que conforman cada grupo heterótico.

Grupo Heterótico “A”	Grupo Heterótico “B”
1 CML 78	2 CML 97
4 S89500F2-2-2-2-B-B	3 87[G24S2/B810(3)S2]-B-49-1-1-B-B
5 S89500F2-2-2-1-1-B-B	7 P500c0F120-1-B
6 P501c0F2-3-3-2-1-B	8 P500c0F246-4-1-2-B
	9 P500c0F114-1-1-B
	10 P600c0F14-3-3-2-B

Cuadro 5. Efectos de ACG y ACE a través de localidades para rendimiento de grano en t/ha y porcentaje de pudrición de mazorca.

Progenitores	ACG Rend.	ACE para										Rend. Pud. Mz	ACG Pud. Mz		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 CML 78	-0,20	0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,02	-0,01	-0,01	0,01	0,02	-0,01	-0,02	-0,09	0,04
2 CML 97	-0,02	0,46	0,01	-0,07	0,03	-0,01	-0,02	0,03	0,03	-0,01	-0,02	0,03	-0,01	0,04	0,03
3 87 G244S!/B810 (3) S2J-B-49-1-1-BB)	-0,04*	-0,03	0,51	-0,02	-0,05	0,05	0,01	-0,06	-0,06	0,06	0,01	-0,06	0,06	0,09	-0,01
4 S89500F2-2-2-2-B-B	0,22*	1,05	0,03	1,08	0,33**	-0,03	-0,11**	-0,04	-0,04	-0,04	-0,11**	-0,04	-0,04	-0,01	0,02
5 S89500F2-2-2-1-1-B-B	0,05	-3,42**	0,11	1,20	-4,47**	-0,12**	-0,06	-0,06	-0,06	-0,08	-0,06	-0,06	-0,08	-0,08	0,04
6P500c0F6- 3-3-2-1-B	0,21	0,24	0,54	-0,27	1,15*	0,10	0,10	0,04	0,04	0,02	0,10	0,04	0,02	0,05	-0,01
7 P500c0F120-1-B	-0,10	1,04	-0,20	0,65	1,30*	-1,10	0,04	0,04	0,04	0,03	-1,10	0,04	0,03	0,01	-0,01
8 P500c0F246-4-1-2-B	0,01	-0,02	-0,79	0,43	1,68**	0,04	-0,56	0,04	0,04	0,06	0,04	-0,56	0,06	0,01	-0,01
9 P500c0F114-1-1-B	0,21	0,38	-0,58	0,28	0,49	0,05	0,09	-0,36	-0,36	0,09	0,05	0,09	-0,36	-0,02	-0,02
10 P600c0F14-3-3-2-B	0,06	0,59	-0,09	-1,94**	1,22*	-0,67	0,17	-0,42	-0,42	-0,78	-0,67	0,17	-0,78	-0,42	-0,02

*, **, Significativo al 0,05 y 0,01 de probabilidad, respectivamente.

- (5x10, 5x8, 5x6, 4x10, y 5x7) se recomienda sean empleadas a nivel comercial, o incluir las mejores líneas en híbridos comerciales. La cruza 5x10 superó al testigo CML78 x CML97 con veintiuno por ciento de rendimiento y características agronómicas superiores.
2. En función de las cruzas en que participa, la línea S89500F2-2-2-1-1-B-B explotó grandemente los efectos del tipo no aditivo, mientras que la línea S89500F2-2-2-2-B-B presentó mejor Aptitud Combinatoria General.
 3. El patrón heterótico se conformó como sigue: para el grupo heterótico "A" por las líneas uno, cuatro, cinco y seis, y para el grupo heterótico "B" por las líneas dos, tres, siete, ocho, nueve y diez.
 4. Se sugiere que la línea cinco sea utilizada como probador "A" y la línea diez como probador "B".
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:436-493.
- HALLAUER, A.R. 1993. Maize Breeding Proceedings of the Fifth ASIAN Regional Maize workshop 5: 160:178.
- MICKELSON, H.R.; BJARNASON, M.; CORDOVA, H.S.; PIXLEY, K. 1995. Combining exotic per se performance. Reporte de Programa de Maíz de CIMMYT, El Batán, México.
- LAMKEY, R.L.; SCHNICKER, B.; GOCKEN, T. 1993. Choice of source population for inbred corn development. *Proc. Annu. Corn and Sorghum. Ind. Res. Conf.* 48: 91-103.
- VASAL, S.K.; SRINIVASAN, G. G.; GONZÁLEZ, F.; HAN, G.; PANDEY, S.; BECK, D.; CROSSA, J. 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT Tropical X Subtropical maize germplasm. *Crop Sci.* 32:1483-1489.
- VASAL, SK; HAN, G.; GONZÁLEZ, F. 1992b. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT Maize Lines. *Maydica* 37:259-270.
- VASAL, SK; PANDEY, S.; CORDOVA, H.; HAN, G.; GONZÁLEZ, F. 1992c. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines *Maydica*. 37:259-270.

LITERATURA CITADA

- CÓRDOVA, H.S.; MICKELSON, H. R. 1995. CIMMYT Maize Program Internally Managed External Review of Breeding Strategies and Methodologies.
- DUDLEY, J. W.; MOLL, R. 1969. Integration and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 9(3):257-262.