

HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA EN GERMOPLASMA TROPICAL DE CIMMYT*

S.K. Vasal**
D. L. Beck***
J. Crossa****
N. Vergara*****

INTRODUCCION

Durante dos décadas CIMMYT ha desarrollado un amplio rango de germoplasma de maíz tropical de endospermo normal y de maíces con alta calidad proteínica (ACP). Los programas nacionales están utilizando este germoplasma en forma directa o indirecta en sus programas de mejoramiento de maíz, desafortunadamente tenemos muy poca información sobre estos materiales con respecto a su aptitud combinatoria y patrones heteróticos de este germoplasma tropical de CIMMYT. Algunos estudios han sido realizados en CIMMYT y en otras instituciones de diferentes países pero desafortunadamente esta información no es muy completa. Sabemos que este tipo de información es muy importante en programas de hibridación para seguir trabajando de una manera más eficiente y efectiva. Con la iniciación de un programa de híbridos en CIMMYT a fines de 1984, es necesario acumular este tipo de información para dar una mejor dirección a programas de mejoramiento en el futuro en varios aspectos relacionados con la formación de híbridos.

-
- * Presentado en la XXXIII Reunión Anual del PCCMCA, Guatemala, Guatemala; del 30 de marzo al 3 de abril de 1987.
- ** Ph.D. Fitomejorador, Programa de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc, 06600 México, D. F.
- *** Postdoctorado, Programa de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc, 06600 México, D. F.
- **** Científico Asociado, Programa de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc, 06600 México, D. F.
- ***** Ingeniero Agrónomo, Programa de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc, 06600 México, D.F.

OBJETIVOS

1. Generar información sobre aptitud combinatoria de germoplasma tropical de maíz de CIMMYT.
2. Agrupación de germoplasma e informaciones de patrones heteróticos.
3. Dar una guía preliminar en formación de híbridos convencionales y no convencionales.
4. Identificar pooles y poblaciones que podamos usar en mejoramiento interpoblacional.
5. Proporcionar información y asistir a programas nacionales en formación de híbridos.

FORMACION DE DIALELOS TROPICALES

Como hemos mencionado, CIMMYT tiene un gran volumen de germoplasma tropical y no es posible hacer cruzamientos entre todos los materiales o cruzar algunos materiales que no puedan utilizarse de una manera más práctica. Por tanto, es necesario agrupar germoplasma tropical para evitar posible duplicación de germoplasma similar genéticamente y producir información que tenga usos prácticos en un programa de formación de híbridos. Se formaron 3 dialelos de germoplasma tropical de maíz con endospermo normal, el germoplasma incluido en cada uno de estos dialelos está indicado en el Cuadro 1, donde se puede ver que el dialelo 4 tiene pooles y poblaciones con germoplasma amarillo tardío; el dialelo 5 tiene materiales tropicales blancos tardíos; el dialelo 6 tiene ambos materiales tropicales, precoces e intermedios con granos blancos y amarillos.

Se formó un dialelo separado con germoplasma de alta calidad proteínica de materiales tropicales tardíos con granos blancos y amarillos. Los números de progenitores, cruza F_1 , número total de entradas en cada ensayo y otros detalles experimentales están indicados en el cuadro 2. Varios dialelos fueron evaluados en muchas localidades dentro y fuera de México. Presentaremos únicamente datos relevantes y conclusiones que fué posible obtener de estos ensayos.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Únicamente resultados relacionados con rendimiento de grano son presentados. En el dialelo 4 los progenitores y cruza fueron altamente significativos (Cuadro 3), la

varianza de aptitud combinatoria general (ACG) fué altamente significativa pero aptitud combinatoria específica (ACE) fué sólo significativa al nivel de .05% de probabilidad. El rendimiento de progenitores y estimación de efectos de ACG están presentados en el cuadro 4, los dos mejores progenitores que tienen buena ACG fueron Población 24 y Suwan-1, ambos tuvieron efectos de ACG positivos y altamente significativos. Las cruzas con alto rendimiento, heterosis en % con respecto al mejor progenitor y efectos de ACE están presentados en el cuadro 5. Las 5 mejores cruzas heteróticas están indicadas en el mismo cuadro, las cruzas son Pob. 27 x Suwan-1, Pob. 36 x Pob. 24, Pool 26 x Suwan-1, Pob. 24 x Suwan-1 y Pob. 27 x Pool 25. La heterosis con respecto al progenitor superior en las 5 mejores cruzas tiene un rango de 110% a 115%. Suwan-1 fué involucrado en no menos de 3 de 5 cruzas, el alto efecto de ACE significativo y positivo fué manifestado en Pob. 36 x Pob. 24, en las otras 4 cruzas fueron positivos o negativos pero no significativos.

En el dialelo 5, los resultados del análisis de varianza están presentados en el cuadro 6, la varianza de entradas, progenitores, cruzas y de ACG y ACE fueron altamente significativos; las poblaciones 21, 22, 32 y 43 manifestaron efectos de ACG positivos pero no significativos (Cuadro 7); las otras 3 poblaciones 25, 29 y Pool 24 tuvieron efectos de ACG negativos, pero fueron altamente significativos en Pob. 25 y Pool 24. Las 5 mejores cruzas fueron Pob. 29 x Pob. 32, Pob. 21 x Pob. 25, Pool 21 x Pob. 32, Pob. 22 x Pob. 32 y Pob. 32 x Pool 24 (Cuadro 8). La heterosis con respecto al progenitor superior en 5 combinaciones heteróticas tuvieron un rango de 107% a 113%; de las 5 cruzas heteróticas 3 cruzas manifestaron efectos de ACE positivos y significativos.

En el dialelo 6, los resultados del análisis de varianza están presentados en el cuadro 9. La varianza de entradas, progenitores, cruzas y ACG fueron altamente significativos, la varianza de ACE fué no significativa. Los progenitores que manifestaron efectos de ACG positivos y significativos fueron las Poblaciones 49, 23, 26, Pooles 20, 21, 22 (Cuadro 10); los otros 4 progenitores manifestaron efectos negativos pero significativos. El rendimiento, heterosis y efectos de ACE de las 5 mejores cruzas están indicadas en el cuadro 11; las 5 mejores cruzas heteróticas son Pob. 49 x Pob. 26, Pob. 26 x Pool 21, Pob. 23 x Pool 20, Pob. 49 x Pool 21 y Pob. 31 x Pob. 49. La heterosis con respecto al progenitor superior en 5 combinaciones heteróticas tiene un rango de 106% a 111%, la craza de Pob. 23 x Pool 20 manifestó efectos de ACE positiva y altamente significativa, en las otras 4 cruzas los efectos de ACE fueron no significativos.

En el dialelo 8, los resultados del análisis de varianza están presentados en el cuadro 12. La varianza de entradas, progenitores, cruzas y ACG fueron altamente significativos, pero en ACE fué no significativo.

Las poblaciones 62, 63 y PR7737 mostraron efectos de ACG altamente significativos y positivos (Cuadro 13). El Pool 26 y Pob. 65 y 66 tuvieron efectos de ACG altamente significativos pero negativos. Las 5 mejores cruzas fueron Pob. 65 x PR7737, Pool 25 x PR7737, Pool 26 x Pob. 63, Pob. 63 x PR7737 y Pool 26 x PR7737 (Cuadro 14). La heterosis con respecto al progenitor superior en las 5 combinaciones heteróticas tuvieron un rango de 107% a 120%. Dos cruzas Pob. 65 x PR7737 y Pob. 63 x PR7737 tuvieron efectos de ACE positivos y significativos; las otras 3 cruzas tuvieron efectos positivos o negativos pero no significativos. Es necesario mencionar que en 4 de 5 mejores cruzas estuvo involucrado PR7737 que tiene endospermo suave.

RECOMENDACIONES Y FORMACION DE PATRONES HETEROTICOS

En base a los resultados de los análisis de varianza obtenidos y discutidos en secciones anteriores, podemos hacer algunas recomendaciones en la utilización de germoplasma tropical en varios patrones heteróticos de diferentes materiales de pooles y poblaciones de maíz de CIMMYT (Cuadro 15).

Las combinaciones más interesantes que podemos usar en la formación de híbridos son:

1. En materiales blancos intermedios la combinación más importante es Pob. 23 con pool 20.
2. En materiales amarillos intermedios la combinación más importante es Pob. 26 con Pool 21.
3. En materiales blancos tardíos hay varias opciones que podemos explotar en formación de híbridos en combinaciones como Pob. 21 con Pob. 32 o Pob. 25 o Pool 23; también podemos usar otras combinaciones Pob. 22 con Pob. 32 y Pob. 32 con Pob. 22 o Pob. 29.
4. En materiales amarillos tardíos, Suwan-1 combina bien con Pob. 24 y Pob. 27; otra combinación específica que se puede usar es Pob. 24 con pob. 36 en formación de híbridos.

Cuadro 1

Tipo de Germoplasma Incluido en los Diferentes Dialelos

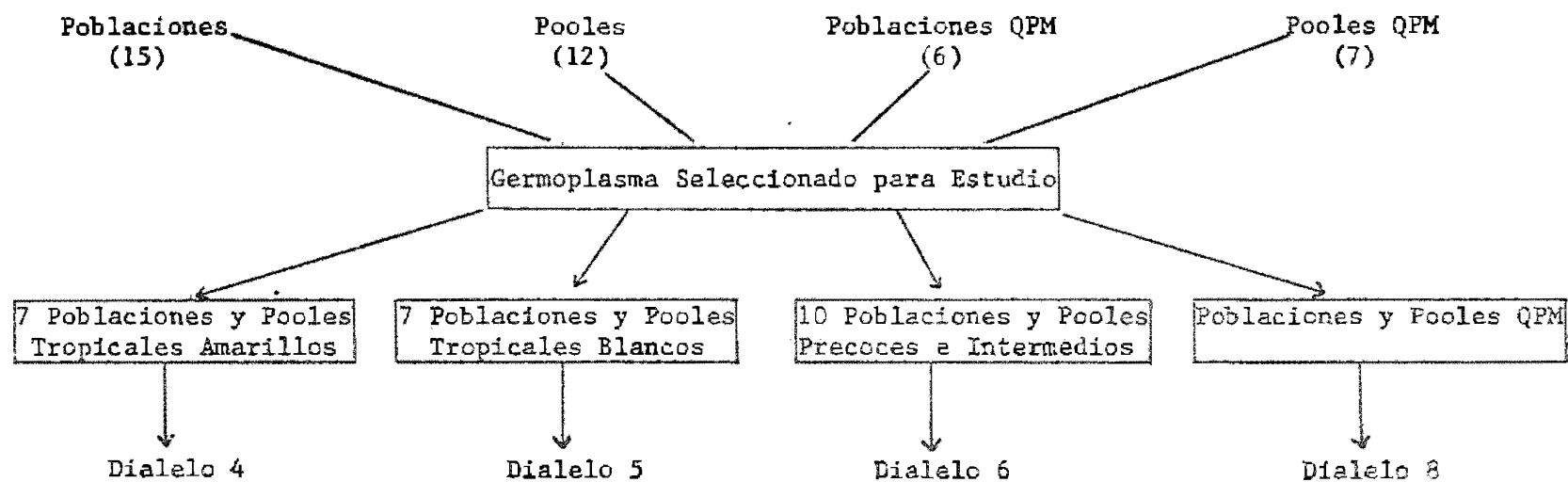
Dialelo número	No. de pro- genitores	Nombre de los progenitores
4	7	Poblaciones 27, 28, 36, 24. Pooles 25, 26 y Suwan-1.
5	7	Poblaciones 21, 22, 25, 29, 32 y 43. Pool 24.
6	10	Poblaciones 30, 31, 49, 23, 26. Pooles 16, 18, 20, 21, 22.
8	10	Pooles QPM 23, 24, 25, 26. Poblaciones QPM 62, 63, 64, 65, 66 y Poza Rica 7737.

Cuadro 2

Detalles Generales Experimentales de Diferentes Dialelos

Ensayo número	No. de pro- genitores	No. de F1's	No. total entradas	Diseño	No. repe- ticiones	Tamaño parcela	Tipo de germoplasma incluido
Dialelo-4	7	21	28	RCBD	3	2 surcos x 5 m. largo	Tropical Amarillo Tardío.
Dialelo-5	7	21	28	RCBD	3	"	Tropical Blanco Tardío.
Dialelo-6	10	45	55	RCBD	3	"	Tropical Intermedio y Precoz.
Dialelo-8	10	45	55	RCBD	3	"	Tropical QPM Pooles y Poblaciones.

Selección de Germoplasma Tropical para Uso en Cruzas Dialélicas



Evaluación de Dialelos en Diferentes Localidades

Ensayo	No. de localidades	Localidades
Dialelo 4	6	México (4), Colombia, El Salvador
Dialelo 5	7	México (5), Colombia, U.S.A.
Dialelo 6	6	México (5), Colombia
Dialelo 8	5	México (4), Colombia

Evaluación de Dialelos en Diferentes Localidades

Ensayo	País	Localidades
Dialelo 4	México	Poza Rica, Tlaltizapán, Cortazar, Obregón
	El Salvador	Santa Cruz
	Colombia	Palmira
Dialelo 5	México	Poza Rica, Tlaltizapán, Obregón, Tlacomulco, Silao
	Colombia	Palmira
	U.S.A.	Missouri
Dialelo 6	México	Poza Rica, Tlaltizapán, Cortazar, Tlacomulco, Obregón
	Colombia	Palmira
Dialelo 8	México	Poza Rica (Ciclos A, B), Tlaltizapán (Ciclos A, B)
	Colombia	Palmira

Progenitores Incluidos en Dialelo 4

Progenitor	Color de grano	Textura
Población 27	Amarillo	Cristalino
Población 28	"	Dentado
Población 36	"	Dentado
Población 24	"	Dentado
Pool 25	"	Cristalino
Pool 26	"	Dentado
Suwan-1	"	Cristalino

Cuadro 3 Análisis de Varianza - Dialelo 4

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios
Localidades	5	98.44**
Rep/Loc.	12	1.27
Entradas	27	3.13**
Progenitores	6	2.18*
Progenitores VS Cruzas	1	16.63**
Cruzas	20	2.74**
ACG	6	7.39**
ACE	14	0.74*
Entradas x Localidades	135	0.53*
Error	324	0.39
C.V. (%)		9.96
$\bar{X}$		6.26 (t/ha)

Cuadro 4

Aptitud Combinatoria General (ACG) de 7 Progenitores
Evaluados en el Dialelo 4

(A través de Localidades)

Progenitor	Rendimiento (t/ha)	ACG
Población 27	5.59	-0.08
28	6.32	-0.05
36	6.15	-0.16
24	6.33	0.40**
Pool 25	5.43	-0.33**
26	5.88	-0.18*
Suwan-1	5.88	0.40**

Cuadro 5

Rendimiento, Heterosis y Aptitud Combinatoria Específica de las Cruzas Superiores en Dialelo 4

Cruza	Rendimiento (t/ha)	Heterosis* (%)	Textura de grano	ACE** (t/ha)
Pop. 27 x Suwan-1	6.8	115	C x C	0.09
Pool 26 x Suwan-1	6.6	112	D x C	0.02
Pop. 36 x Pop. 24	7.0	110	D x D	0.37**
Pop. 24 x Suwan-1	7.0	110	D x C	-0.19
Pob. 27 x Pool 25	6.2	110	C x C	0.22

* Heterosis con respecto al progenitor superior.

** Aptitud Combinatoria Específica.

Progenitores Incluidos en Dialelo 5

Progenitor	Color de grano	Textura
Población 21	Blanco	Dentado
Población 22	"	Dentado
Población 25	"	Cristalino
Población 29	"	Dentado
Población 32	"	Cristalino
Población 43	"	Dentado
Pool 24	"	Dentado

Cuadro 6 Análisis de Varianza - Dialelo 5

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios
Localidades	6	520.49**
Rep/Loc.	14	3.65
Entradas	27	3.06**
Progenitores	6	3.20**
Progenitores vs Cruzas	1	24.62
Cruzas	20	1.94**
ACG	6	3.22**
ACE	14	1.40**
Entradas x Loc.	162	0.68 ^{ns}
Error	378	0.62
C.V (%)		11.69
$\bar{X}$		6.74 (t/ha)

Cuadro 7

Aptitud Combinatoria General de 7 Progenitores
 Evaluados en Dialelo 5
 (A través de Localidades)

Progenitor		Rendimiento (t/ha)	ACG
Población	21	6.34	0.15
	22	6.83	0.09
	25	6.17	-0.22**
	29	6.37	-0.04
	32	6.01	0.06
	43	6.97	0.20
Pool	24	5.95	-0.24**

Cuadro 8

Rendimiento, Heterosis y Aptitud Combinatoria Específica de las Cruzas Superiores en Dialelo 5

Cruza	Rendimiento (t/ha)	Heterosis (%)*	Textura de grano	ACE** (t/ha)
Pob. 29 x Pob. 32	7.2	113	D x C	0.32*
Pob. 21 x Pob. 25	7.2	112	D x C	0.38**
Pob. 21 x Pob. 32	6.9	108	D x C	-0.13
Pob. 22 x Pob. 32	7.3	107	D x C	0.32*
Pob. 32 x Pool 24	6.4	107	C x D	-0.26*

* Heterosis con respecto al progenitor superior.

** Aptitud Combinatoria Específica.

Progenitores Incluidos en Dialelo 6

Progenitor	Color de grano	Textura
Población 30	Blanco	C
Población 31	Amarillo	C
Población 49	Blanco	D
Población 23	Blanco	C
Población 26	Amarillo	C
Pool 16	Blanco	D
Pool 18	Amarillo	D
Pool 20	Blanco	D
Pool 21	Amarillo	C
Pool 22	Amarillo	D

Cuadro 9 Análisis de Varianza Dialelo 6

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios
Localidades	5	221.52**
Rep/Loc.	12	2.14
Entradas	54	5.03**
Progenitores	9	7.67**
Progenitores vs Cruzas	1	23.95**
Cruzas	44	4.06**
ACG	9	18.32**
ACE	35	0.39 ^{ns}
Entradas x Loc.	270	0.44**
Error	648	0.32
C.V. (%)		8.80
$\bar{X}$		6.44 (t/ha)

Cuadro 10

Aptitud Combinatoria General de 10 Progenitores
Evaluados en Dialelo 6

(A Través de Localidades)

Progenitor	Rendimiento	ACG
Población 30	5.89	-0.31**
31	5.50	-0.32**
49	5.97	0.17*
23	6.77	0.31**
26	6.39	0.25**
Pool 16	5.30	-0.43**
18	5.17	-0.53**
20	6.73	0.21**
21	6.34	0.20**
22	7.05	0.46**

Cuadro 11

Rendimiento, Heterosis y Aptitud Combinatoria Específica
de las Cruzas Superiores en Dialelo 6

Cruza	Rendimiento (t/ha)	Heterosis* (%)	Textura de grano	ACE** (t/ha)
Pob. 49 x Pob. 26	7.1	111	D x C	0.14
Pob. 26 x Pool 21	7.0	110	C x C	0.05
Pob. 23 x Pool 20	7.4	109	C x D	0.34**
Pob. 49 x Pool 21	7.0	109	D x C	0.08
Pob. 31 x Pob. 49	6.4	106	C x D	-0.01

* Heterosis con respecto al progenitor superior.

** Aptitud Combinatoria Específica.

Progenitores Incluidos en Dialelo 8

Progenitor	Color de grano	Textura
Pool 23 QPM	Blanco	C
24 QPM	Blanco	D
25 QPM	Amarillo	C
26 QPM	Amarillo	D
Población 62	Blanco	C
63	Blanco	D
64	Blanco	D
65	Amarillo	C
66	Amarillo	D
Poza Rica 7737	Blanco	C suave

Cuadro 12 Análisis de Varianza Dialelo 8

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios
Localidades	4	331.59**
Rep/Loc.	10	1.71
Entradas	54	1.44**
Progenitores	9	1.84**
Progenitores vs Cruzas	1	11.48**
Cruzas	44	1.13**
ACG	9	3.85**
ACE	35	0.42 ^{ns}
Entradas x Localidades	216	0.41**
Error	540	0.25
C.V. (%)		8.16
$\bar{X}$		6.17 (t/ha)

Cuadro 13

Aptitud Combinatoria General de 10 Progenitores
Evaluados en Dialelo 8

(A Través de Localidades)

Progenitor	Rendimiento	ACG
Pool 23 QPM	6.04	0.00
24 QPM	6.36	0.00
25 QPM	5.32	-0.27
26 QPM	5.67	-0.15**
Población 62	6.26	0.14**
63	6.19	0.31**
64	6.17	0.07
65	5.65	-0.12*
66	6.02	-0.16**
PR7737	5.54	0.18**

Cuadro 14

Rendimiento, Heterosis y Aptitud Combinatoria Específica de las Cruzas Superiores en Dialelo 8

Cruza	Rendimiento (t/ha)	Heterosis (%)*	Textura de grano	ACE** (t/ha)
Pob. 65 x PR7737	6.8	120	C x D	0.48*
Pool 25 x PR7737	6.2	111	C x D	0.02
Pool 26 x Pob. 63	6.6	107	D x D	-0.18
Pob. 63 x PR7737	6.6	107	D x D	0.48**
Pool 26 x PR7737	6.0	107	D x D	-0.05

* Heterosis con respecto al progenitor superior.

** Aptitud Combinatoria Específica.

Cuadro 15

Posibles Patrones Heteróticos para Germoplasma Tropical de CIMMYT

Población	Posibles Patrones Heróticos
Población 21	Pob. 32, Pop. 25, Pool 23
Población 22	Pob. 32
Población 23	Pool 20
Población 24	Población 36, Suwan-1
Población 25	Población 21
Población 26	Pool 21
Población 27	Pool 25, Suwan-1
Población 29	Población 32
Población 31	<u>Población 49*</u>
Población 32	Población 21, 22, 29
Población 36	Población 24
Población 43	Población 42
Población 49	<u>Población 26*</u> , <u>31*</u> , <u>Pool 21*</u>

* Pooles y poblaciones subrayadas e indicadas con asterisco son de diferente color.

Análisis de Varianza - Rendimiento

Fuente de variación	Cuadrados Medios			
	Dialelo 4	Dialelo 5	Dialelo 6	Dialelo 8
Localidades	**	**	**	**
Rep./Loc.	ns	ns	ns	ns
Entradas	**	**	**	**
Progenitores	*	**	**	**
Prog. vs Cruzas	**	ns	**	**
Cruzas	**	**	**	**
ACG	**	**	**	**
ACE	*	**	ns	ns
Entradas x Loc.	*	ns	**	**
Error				
C.V. (%)	9.96	11.69	8.80	8.16
$\bar{X}$ (t/ha)	6.26	6.74	6.44	6.17