

Mejoramiento del maíz pisingallo (*Zea mays* L.) para el semiárido de Córdoba, Argentina. Análisis dialélico entre poblaciones de pisingallo y colorado duro

Nazar, M.C.; L. Larovere; C.A. Biasutti, y D. Peiretti

RESUMEN

Utilizando el c.v. MPB-FCA 856 (P1), maíz colorado duro, y las poblaciones de maíz pisingallo, Paraná (P2), Anaranjado (P3), Amarillo (P4), y Colorado (P5), se efectuó un análisis dialélico parcial (Griffing, Mét. I-Mod. II). Los caracteres evaluados fueron: Días a Floración femenina (DFF), Longitud de espiga (LONG), Rendimiento (Rto.), y la Expansión (Exp.). Los valores de heterosis de las F1 en relación al padre de mayor expresión, fueron negativos en varios casos. En el carácter DFF, (P1) tendría mayor diversidad genética que algunos de los otros padres, manifestándose en el cruzamiento una interacción epistática causante de la depresión heterótica. El grupo de poblaciones parentales muestran una predominancia de los efectos aditivos sobre los de dominancia lo cual conduciría a la mejora poblacional. (P2), (P3), y (P5) mostraron potencialidad para mejorar poblaciones por Exp., y (P4) se presentó como muy buen progenitor pisingallo, a utilizar para aumentar los rendimientos.

Palabras clave: Maíz pisingallo, análisis dialélico, capacidad de expansión.

Nazar, M.C.; L. Larovere, C.A. Biasutti, and D. Peiretti, 1994. Popcorn (*Zea mays* L.) breeding for semi-arid lands of Córdoba province. Diallel analysis among popcorn and flint populations of corn. Agriscientia XI : 29-33.

SUMMARY

A partial diallel mating design was performed among four popcorns: Paraná (P2), Anaranjado (P3), Amarillo (P4) and Colorado (P5) and one adapted flint population of corn MPB-FCA 856. Data was collected on the following characters: days to female flowering (DDF), ear length (LONG), grain yield (Rto.) and popping expansion (Exp.). Heterotic values were negative for several characters with regard to the best parent. DDF has a greater genetic diversity, with an epistatic effect that causes a heterotic depression. The parental population has shown a predominance of additive over dominance effects allowing schemes of population improvement. P2, P3 and P5 could be used to improve the Exp. P4 is a good popcorn parent, and could be used to increase grain yield.

Keywords: Popcon, diallel analysis, popping.

M.C. Nazar, L. Larovere; C.A. Biasutti, y D. Peiretti. Cátedra de Mejoramiento Genético Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, U.N.C., CC. 509, 5000 Córdoba.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal de mayor importancia económica en la Argentina y se caracteriza por el tipo *colorado duro* (Flint), y otros de menor difusión tales como *dentado*, *perla*, *cuarenteno* y *pisingallo* (Coscia, A., 1977). Según este autor, hay una demanda creciente de maíz pisingallo en el mercado internacional (Brasil, Estados Unidos y México); que está fomentando su cultivo, particularmente en Tucumán, Salta y el Semiárido Cordobés. En los últimos dos años se han introducido cultivares híbridos y existen cultivares de polinización abierta de origen oficial, con aptitud para las condiciones ambientales de La Pampa Húmeda (Eyherabide, G., 1994 - Com. personal).

La calidad del maíz tipo pisingallo está determinada por su **capacidad de expansión (EXP)**, que es la relación entre el volumen de una cantidad de granos expandidos sobre el volumen de los frutos antes de reventar (Zinsly and Machado, 1987).

La eficiencia de cualquier procedimiento de cría de un nuevo cultivar es directamente proporcional a la parte aditiva de la **varianza genética** disponible (Mariotti, J., 1986). Los **análisis dialélicos** tienen el propósito de estimar los componentes de la varianza genética y ambiental de una población de progenitores y provee determinaciones de la **Aptitud Combinatoria General (ACG)** y **Específica (ACE)** y **Heterosis (H)** (Martínez Garza, A., 1989). Según López *et al.* (1993), en cruzamientos entre poblaciones aisladas de maíz, sus diferencias acumulativas pueden causar un desbalance génico con baja heterosis y algunos caracteres pueden manifestar un valor de F_1 menor que el promedio de los padres. El concepto de divergencia genética para la expresión de la heterosis no sería extensible al de cruces distantes (Moll, R., 1965). Sawazaki *et al.* (1986) evaluaron la capacidad de expansión de seis variedades de maíz pisingallo y sus cruces. Brunson, A. (1937) y

Abdon Lira (1986) encontraron asociaciones genéticas y ambientales negativas entre rendimiento y capacidad de expansión en maíz pisingallo.

El objetivo del presente trabajo fue comparar el nivel de heterosis, ACG y ACE para características agronómicas y calidad comercial entre maíces pisingallo y colorado duro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente experiencia se dispuso de cinco poblaciones, cuatro de las cuales son maíz pisingallo y la restante es una variedad local (Tabla 1).

En el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (U.N.C.), ubicado a 20 Km de la ciudad de Córdoba (64° long. oeste y 31.5° latitud sur, 425 m.s.m.), en 1991 se sembraron las poblaciones en bloques de cruzamientos correspondientes a un dialélico simple. En 1992 y 1993 se realizaron las evaluaciones de las 10 F_1 y las poblaciones progenitoras, en un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 7 m de longitud, conteniendo 30 plantas.

Se midió: Días desde emergencia a 50% de floración femenina (**DFP**); longitud de espiga, en cm (**LONG**); rendimiento de granos de la parcela, en kg (**RTO**) (IBPGR, 1991) y volumen de expansión (**EXP**) (Zinsly and Machado, 1987).

El carácter EXP fue estimado por el volumen de 50 granos, expandidos luego de someterlos a la acción de aceite a 180° C, en relación a su volumen antes de reventar, a partir de una muestra de cada repetición.

Mediante el Método II (Modelo fijo) propuesto por Griffing (1956), se efectuó análisis dialélico para la estimación de **ACG** y **ACE**.

Tabla 1. Características y procedencias de las poblaciones.

Nº	Genotipo	Ciclo	Color	C.E.	Origen
1	MPB-FCA 856	140	Colorado	1,6	FCA/UNC
2	P. Paraná	150	Amarillo	17,3	INTA Paraná
3	P. Anaranjado	140	Anaranjado	7,5	Villa Dolores
4	P. Amarillo	140	Amarillo	10,0	Río IVº
5	P. Colorado	140	Colorado	10,8	Villa Dolores

C E. = Capacidad de expansión

Se calculó el valor de heterosis para cada uno de los caracteres de cada cruce simple, en relación al padre de mayor expresión (Reyes Castañeda, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caracteres evidenciaron una gran variabilidad (Tablas 2 y 3), aun entre poblaciones pisingallo como se muestra más adelante al analizar los valores de heterosis.

La Tabla 4 muestra que en todas las cruces la heterosis fue negativa para el carácter DFF. Se destaca el P_1 (Colorado Duro), con valores de heterosis altamente significativos ($P < 1\%$), en cruces con P_3 y P_4 y significativos ($P < 5\%$) con P_5 , y no significativas con P_2 . El resto, aunque más precoces que el padre de ciclo más largo, no fueron significativos con la excepción de las cruces $P_2 \times P_5$ ($P < 1\%$) y $P_3 \times P_4$ ($P < 5\%$), respectivamente. Para LONG ninguno de los valores de heterosis fueron significativos, sugiriendo que la herencia para este carácter es principalmente aditiva. Esto también está señalado por el hecho que cerca del 74% de la variabilidad entre genotipos fue explicada por la ACG. En el RTO, la respuesta heterótica de las cruces guarda un patrón similar a DFF, en donde, las F_1 con el P_1 en común mostraron valores negativos (con excepción de la cruce con P_4), no significativos. En este caso, tomando el criterio de López *et al.* (1993), la población colorado duro por ser más distante genéticamente causante de la depresión heterótica. En las demás combinaciones, se distingue con notable significancia ($P < 1\%$) la cruce $P_3 \times P_4$ con un alto valor de heterosis del 273%, lo cual coincide una alta ACE (1389.8). Finalmente, el carácter EXP presentó heterosis negativa en todas las cruces (excep-

Tabla 2. Valores medios de progenitores y cruces para cada una de las variables analizadas.

Genotipo	DFF	LONG	RTO	EXP
P_1	78,75	16.00	2989.00	16
P_2	79.25	14.87	718.50	14.4
P_3	83.50	13.25	762.25	6.2
P_4	82.75	13.87	791.25	16.9
P_5	84.00	13.12	527.50	9.0
$P_1 \times P_2$	76.50	16.37	1829.25	6.6
$P_1 \times P_3$	77.00	15.12	1882.50	3.7
$P_1 \times P_4$	77.25	15.82	3328.50	4.4
$P_1 \times P_5$	79.00	14.37	2509.75	2.7
$P_2 \times P_3$	81.25	14.87	1231.00	5.9
$P_2 \times P_4$	79.25	15.20	1443.25	12.3
$P_2 \times P_5$	75.50	14.62	1235.75	14.0
$P_3 \times P_4$	78.25	15.62	2956.00	4.7
$P_3 \times P_5$	82.75	13.37	628.00	11.9
$P_4 \times P_5$	82.50	13.78	1562.75	4.3
Media de Padres	81.65	14.22	1157.70	9.62
Media de cruces	78.92	14.91	1860.67	7.05
D.M.S. (5%)	2.56	1.74	842.40	4.10

to $P_3 \times P_5$), siendo alguna de ellas estadísticamente significativas o altamente significativas.

El análisis de la varianza de los efectos de ACG y ACE mostró valores significativos ($P < 1\%$) para todos los caracteres medidos, excepto para la ACE de LONG y RTO (Tabla 5). Los cuadrados medios

Tabla 3. Análisis de Varianza de los diferentes caracteres.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados Medios			
		DFF	LONG	RTO	EXP
Réplicas	3	524,91**	2,53	1,11*	2,26
Poblaciones	14	300,45**	4,32**	3,49**	92,98**
Error	42	3,22	1,48	0,35	8,2
C.V. %		2,24	8,29	36,29	36,33

* = Significativo al 5%.

** = Significativo al 1%.

Tabla 4. Heterosis de los diferentes caracteres.

Cruzas	DFF	LONG	RTO	EXP
1 x 2	-3,47	2,34	-38,90	-54,16*
1 x 3	-7,78**	-5,50	-37,02	-40,32
1 x 4	-6,64**	-1,09	11,36	-73,96**
1 x 5	-5,95*	-10,16	-16,03	-70,00
2 x 3	-2,69	0,00	61,49	-59,03*
2 x 4	-4,23	2,18	82,40	-27,22
2 x 5	-10,12**	-1,68	71,99	-02,78
3 x 4	-6,29*	12,61	273,59**	-72,19**
3 x 5	-1,49	0,90	-17,61	32,22
4 x 5	-1,78	-0,90	97,50	-74,55**

* = Significativo al 5%.

** = Significativo al 1%.

de la ACG fueron mayores a los de la ACE. En todos los casos la ACG explica altos porcentajes de la variación entre poblaciones, lo cual orienta los procedimientos de cría hacia el incremento de las frecuencias genéticas poblacionales de estos caracteres.

Considerando las estimaciones de la ACG de cada padre, en la Tabla 6 se observa que P_3 , P_4 y P_5 presentaron valores positivos para DFF. Del total de combinaciones, seis mostraron efectos específicos negativos (ACE). Ninguna de las cruzas en las cuales participó el progenitor no pisingallo (MPB-FCA 856), mostró ACE positiva, coincidiendo con los resultados de heterosis negativa significativa observada en varias de estas cruzas.

Por otra parte las determinaciones sobre combinaciones generales y específicas para el carácter

LONG muestran que, a excepción de P_3 y P_5 , los demás tienen ACG positiva. Es destacable que en este carácter, menos la combinación $P_2 \times P_5$, las demás cruzas que involucran a P_5 , muestran efectos específicos negativos.

Como era de esperar, los rendimientos de granos determinaron una ACG elevada para el progenitor no pisingallo, atribuible a la correlación negativa entre la capacidad de expansión y el rendimiento puntualizada por Brunson (1937) y Zinsly y Machado (1987). Los padres pisingallo tuvieron en general una baja ACG para RTO, diferenciándose el P_4 con elevado valor positivo. En las combinaciones específicas se destacan las cruzas $P_4 \times P_5$ y $P_1 \times P_4$. Esto permite considerar a P_4 un muy buen progenitor pisingallo, a utilizar para aumentar la productividad en futuros trabajos de mejora.

La capacidad de expansión, carácter propio de los padres pisingallos, muestran una alta ACG en todos ellos, excepto P_3 que mostró sorprendentemente una ACG aún más negativa (-126) que el padre no pisingallo (-0.83). La ACE refleja un muy buen comportamiento en las combinaciones $P_2 \times P_5$ y $P_3 \times P_5$.

CONCLUSIONES

En relación a los resultados experimentales obtenidos, se infiere las siguientes conclusiones:

- La participación de padres de distinto tipo varietal, pisingallo y colorado duro, manifestaron elevados niveles de variación. Las diferencias se mantienen entre poblaciones pisingallo.
- Los valores de heterosis en el carácter DFF fueron negativos, indicando la posibilidad de lograr una modificación del ciclo de cultivo. El carácter LONG tendría una herencia principalmente

Tabla 5. Análisis de la Varianza de los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) de los caracteres estudiados.

Caracteres	Cuadrados Medios			Variabilidad debida a ACG (%)
	ACG	ACE	Error	
DFF	49,32**	22,90**	3,22	46.3
LNG	11,19**	1,58	1,48	73.9
RTO	7,32**	1,97	0,34	59.8
EXP	194,62**	52,32**	8,25	59.8
G.L.	4	10	42	

* = Significativo al 5%.

** = Significativo al 1%.

Tabla 6. Valores de Aptitud Combinatoria General (ACG) para Padres y Específica (ACE) para cruzas.

Genotipo	DF	LONG	RTO	EXP
P ₁	-1.68	0.80	824.3	-0.83
P ₂	-1.14	0.39	-368.8	2.88
P ₃	1.04	-0.37	-219.4	-1.26
P ₄	0.54	0.01	159.3	1.72
P ₅	1.25	-0.82	-395.3	0.49
P ₁ x P ₂	-0.51	0.50	-252.5	0.35
P ₁ x P ₃	-2.19	0.01	-348.7	0.89
P ₁ x P ₄	-1.44	0.33	718.6	-1.39
P ₁ x P ₅	0.40	-0.29	454.4	-1.87
P ₂ x P ₃	1.52	0.17	192.9	-3.62
P ₂ x P ₄	0.02	0.12	26.3	-0.21
P ₂ x P ₅	-4.44	0.37	373.5	2.72
P ₃ x P ₄	-3.15	1.31	1389.8	-3.67
P ₃ x P ₅	0.63	-0.12	-383.6	4.76
P ₄ x P ₅	0.88	-0.12	172.4	-5.82

aditiva. Los cruzamientos por la población colorado duro manifestaron una interacción epistática, causante de depresión heterótica.

- La A.C.G. explicó en altos porcentajes la variación entre poblaciones, sugiriendo la formación de una población base a partir de los progenitores analizados.
- La cruce del P₂ x P₅, resulta la mejor combinación por su valores de heterosis, A.C.G. y A.C.E.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdon Lira, M., 1986. Correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre caracteres em Milho Pipoca (*Zea mays* L.). Ciencia e Prática, Vol. 10, Nº 1:11-18
- Brunson, A.M., 1937. Popcorn Breeding. Yearbook of Agriculture : 395-404.
- Coscia, A., 1977. Maíces de poca difusión en Argentina en su aspecto económico. Divulgación Técnica Nº 29. E E-RA. Pergamino.
- Griffing, B., 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems Australian Journal Biological Science, 9:463-493.
- IBPGR, 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, México City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome
- López, C., J. Safont, M. Ferrer, G. Eyherabide y L. Solari, 1993. Heterosis entre poblaciones élite de maíz colorado cristalino y su incidencia en los procedimientos de mejora. Jornadas sobre avances e investigaciones en maíz, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias (Lomas de Zamora). pp. 21-25.
- Mariotti, J., 1986. Fundamentos de la genética biométrica, aplicados al mejoramiento genético vegetal. OEA. Serie Biología, monografía Nº 32. 152 pp.
- Martínez Garza, A., 1989. Diseños y análisis de experimentos de cruza dialélicos. Chapingo. México. Colegio de Post-graduados centro de Estadística y cálculos. 252 pp
- Moll, R.H., J.H. Lonquist, J.V. Fortuna, and E.C. Johnson, 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics 52:139-144.
- Reyes Castañeda, P., 1985. Métodos de Mejoramiento pp. 202-215. In AGT editor S.A. Fitotecnia Básica y Aplicada.
- Sawazaky, E., P. Gallo, G. de Sordi, L. Longo, 1986. Estudo da capacidade de expansao em cruzamentos dialélicos entre variedades de milho pipoca. EMBRAPA/CNP - Milho e Sorgo, Area de Informacao, pp 157-160.
- Zinsly J.R., and J. Machado, 1987. Milho pipoca. In Pateriani Ernesto y Viegas Glanco Pinto. (ed) Melhoramento e producao de milho. Vol. 2. pp. 413-421.