

Heterosis en Cruzamientos Varietales de Maíz de Amplia Diversidad Genética y Geográfica

ORLANDO MARTINEZ¹, MANUEL TORREGROZA¹ y EDGARD J. RONCALLO²

Resumen. La heterosis o vigor híbrido es el comportamiento superior de la generación F₁ con respecto a sus progenitores, y como tal es una medida para evaluar un conjunto de híbridos y sus respectivos progenitores. Se espera que cuanto mayor sea la heterosis mayor el rendimiento total. Este trabajo se realizó con el propósito de aportar información básica sobre el comportamiento agrónomo de cinco híbridos varietales de maíz de diferente origen geográfico y de amplia diversidad genética. La siembra del material experimental se realizó en 1981 en el C.N.I. Tibaitatá, ubicado en el municipio de Mosquera (Departamento de Cundinamarca, Colombia) a 2543 msnm. En general, se encontró heterosis en los cruzamientos varietales en estudio y por los altos rendimientos, la mayor cantidad de mazorcas por planta y las buenas características agronómicas alcanzadas, los híbridos varietales MB515 X ICA V 155 y MB515 X ICA V 453 se sugieren como posibles recursos germoplásticos promisorios para futuros programas de mejoramiento.

HETEROSIS IN INTERVARIETAL CROSSES IN MAIZE OF DIFFERENT GENETIC AND GEOGRAPHICAL DIVERSITY

Summary. Heterosis or hybrid vigor is the superior performance of the F₁ population with respect to their parents and hence it is a measure for evaluating a set of hybrids and their parents. It is expected to a higher

heterosis a higher total yield. This study was done with the objective of providing basic information of the agronomic behavior of five maize hybrid varieties of different genetic and geographical diversity. The experimental material was planted at the C.N.I. Tibaitatá, located in Mosquera at 2543 m.a.s.l. In general it was found heterosis in the hybrid varieties studied and because the high yield, prolificacy and the prominent agronomic qualities, the hybrids MB515 X ICA V 155 and MB515 X ICA V 453 were suggested as promisorious genetic resources in future breeding programs.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays L.*) se considera uno de los cultivos de mayor importancia en la economía agrícola, no sólo en Colombia, sino en otros países del mundo, especialmente en América Latina y el Caribe. En nuestro país, la mayor área sembrada con este cereal, se encuentra en la Zona Andina, principalmente en los minifundios, en donde en la mayoría de los casos, se cultivan variedades nativas de bajos rendimientos, desconociéndose las técnicas modernas de producción. Es por esto que lo que se justifica ampliamente la realización de estudios sobre esta gramínea y el desarrollo de programas agrícolas para la obtención de genotipos mejorados, no solamente más rendidores y precoces, sino fisiológicamente más eficientes y adaptados a los diferentes pisos térmicos existentes en el país (Ramírez, 1980).

La hibridación es un método de mejoramiento adecuado para conjugar en un solo genotipo el mayor número de factores deseables de los padres que lo integran. La escogencia de los progenitores y el conocimiento de cómo se transmiten los caracteres

¹ Profesores Asociados, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá.

² Anteriormente estudiante de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

constituyen puntos básicos que garantizan el éxito de este sistema.

El presente trabajo se realizó en el Centro Nacional de Investigación Tibaitatá del ICA, y forma parte de una serie de estudios básicos que tal Instituto viene adelantando en la Sección de Maíz. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

1. Evaluar el comportamiento agrónomo de cinco híbridos varietales de maíz, resultantes de cruzar un compuesto formado de combinar colecciones del Ecuador (MB 515) con recursos de diverso origen genético y geográfico.

2. Establecer los diferentes grados de heterosis provenientes de comparar la generación F₁ de los cruzamientos, con sus correspondientes padres.

3. Definir qué cruzamientos varietales y sus padres deberían escogerse como recursos germoplásmicos promisorios para aplicarles selección recurrente y producir variedades sintéticas o mejoradas.

El término heterosis lo propuso Shull en 1914, citado por Crow (1948), quien sugirió que era la interpretación del incremento en vigor, tamaño, producción, velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades e insectos, manifestado en la generación F₁, al cruzar dos individuos genéticamente diferentes.

Richey (1922) al resumir los datos sobre híbridos varietales de maíz, publicados hasta 1922, encontró que el 84,4% de los cruzamientos resultaron superiores al promedio parental y el 55,7 al padre más rendidor.

Beal, citado por Torregroza y Varela (1968) fue el primero en publicar datos sobre la hibridación entre dos variedades de maíz. Al cruzar una variedad blanca dentada con una amarilla de la misma textura, la generación F₁ rindió 53% más que sus progenitores.

Robinson *et al.* (1956) observaron que cruzamientos varietales de maíz superaron en un 19,9 por ciento al promedio de los padres y en un 11,5 al padre más rendidor, señalando que la heterosis era mayor cuando los genotipo parentales eran genéticamente diferentes.

East y Hayes (1936) observaron que, al combinar variedades provenientes de lugares

geográficos diversos, se presentaba mayor heterosis que cuando se hacían cruzamientos intervarietales con progenitores estrechamente relacionados. Moll *et al.* (1962) indicaron que la heterosis, expresada con base en el promedio parental, aumentaba a medida que se incrementaba la diversidad genética entre los padres. La heterosis más baja la encontraron en cruzamientos entre variedades de una misma región. Sin embargo, Moll *et al.* (1965) notaron que la heterosis aumentaba con el incremento en la diversidad genética hasta un cierto nivel de divergencia, ya que cuando se tenían cruzamientos extremadamente divergentes, la heterosis disminuía.

La hibridación varietal en Colombia, es uno de los métodos de fitomejoramiento que mejores resultados ha dado para producir híbridos de mejor porte agrónomo, adaptabilidad fenotípica, prolificidad y en general mayor rendimiento. Es así como la Sección de Maíz del ICA en sus 25 años de investigación ha entregado a los productores, para diversos climas y modalidades del cultivo, los siguientes híbridos varietales de maíz: DIACOL H 501, ICA H 556, ICA H 403, ICA H 353 e ICA H 107³.

MATERIALES Y METODOS

El material utilizado en esta evaluación, estuvo conformado por el padre común (BM515), cruzado con materiales de diverso origen genético y geográfico de Colombia, Ecuador, Perú, Africa y México; MB58, Gran Compuesto ABC, ICA V 453, INIAP 151 e ICA V 155. Como testigos se usaron las variedades comerciales, ICA V 506 e ICA V 507. Todas las generaciones F₁ de los cruzamientos, los padres y los testigos se observan en el Cuadro 1. Las características agronómicas, adaptación, genealogía y origen geográfico de cada uno de estos materiales las menciona Roncallo (1987).

En el Cuadro 1 se observa que ciertos tratamientos se repitieron dos y tres veces; ésto con el propósito de hacer estudios sobre muestreo y que no se consignan en esta in-

³ Torregroza, 1987. Notas sobre Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá, 196 p. (mimeografiado).

vestigación. Los genotipos investigados (Cuadro 1) se sembraron en el C.N.I. Tibaitatá en 1981, en un diseño de bloques completos al azar de 20 tratamientos y 4 repeticiones. El material experimental se sembró a chorrillo en parcelas de 2 x 10, separadas entre sí 92 cms; en el borde de los bloques se sembró una variedad comercial y así eliminar el efecto de bordes.

Datos de rendimiento, el número de mazorcas por planta, altura de planta, altura de la mazorca superior y número de hojas totales, se tomaron en las respectivas unidades experimentales y se sometieron a un análisis de varianza según el diseño experimental y al igual que se hicieron los contrastes o comparaciones de interés con el propósito de estimar los cambios heteróticos en cada uno de los cruzamientos varietales en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los caracteres agronómicos empleados, solo se presentarán los de rendimiento. Sin embargo, los restantes fueron fundamentales para la discusión de los resultados, como se señalará posteriormente. El análisis de varianza (Cuadro 2), indicó que los cuadrados medios de las repeticiones y tratamientos resultaron estadísticamente significativos con ($P < 0,01$) y ($P < 0,05$) en su orden. Al subdividir en forma ortogonal los grados libres, provenientes de los tratamientos, se encontró que la variabilidad debida a híbridos parentales fue la única que apareció estadísticamente no significativa, señalando además este análisis el grado de heterosis originado de contrastar el promedio de los padres con el de sus respectivos cruzamientos. El coeficiente de variación fue de 14,26 por ciento, el cual es el adecuado para este tipo de investigaciones de la buena precisión para la detección de la heterosis varietal del material en estudio.

En el Cuadro 3, se resumen los promedios de los progenitores y sus cruzamientos varietales, como también los porcentajes sobre los testigos. La prueba de Duncan (no se presenta) no señaló diferencias ($P < 0,05$) entre el progenitor constante MB515 y sus cinco cruzamientos varietales. Sin embargo, tres híbridos presentaron diferencias significa-

Cuadro 1. Lista de genotipos utilizados en el estudio, discriminados por progenitores, cruzamientos varietales y testigos. C.N.I. Tibaitatá, 1981.

PROGENITORES	
No.	
1.	MB58
2.	MB58
3.	Gran Compuesto ABC
4.	Gran Compuesto ABC
5.	ICA V 453
6.	ICA V 453
7.	INIAP 151
8.	INIAP 151
9.	ICA V 155
10.	ICA V 155
11.	MB 515
12.	MB 515
13.	MB 515
CRUZAMIENTOS VARIETALES	
14.	MB 515 X MB58
15.	MB 515 X Gran Compuesto ABC
16.	MB 515 X ICA V 453
17.	MB 515 X INIAP 151
18.	MB 515 X ICA V 155
TESTIGOS	
19.	ICA V 506
20.	ICA V 507

Cuadro 2. Análisis de varianza para el rendimiento de los genotipos estudiados. C.N.I. Tibaitatá, 1981.

Fuentes de variación	G.L.	Cuadrados medios de rendimiento
Repeticiones	3	3355672,09 *
Tratamientos	19	14676302,96 **
Híbridos varietales	4	616778,09 NS
Padres	5	20511141,84 **
Híbridos vs.	1	40267693,12 **
Restantes	9	14839915,74 **
Error	57	928454,79
C.V.		14,26%

* Significancia con $P = 0,05$

** Significancia con $P = 0,01$

NS No significativo.

tivas con respecto a sus otros padres: MB 515 X ICA V 452, MB 515 X Gran Com-

Cuadro 3. Promedios en kilogramos por hectárea de los genotipos estudiados y comportamiento de éstos en relación a los testigos ICA V 506 e ICA V 507. C.N.I. Tibaitatá, 1981.

GENOTIPOS	Kilos/Ha	TESTIGOS	
		ICA V 506	ICA V 507
VARIETADES PARENTALES:			
MB 515	7840	96	94
MB 58	7033	86	84
INIAP 151	6930	85	83
ICA V 453	6107	75	73
Gran Compuesto ABC	5670	70	68
ICA V 155	1826	22	22
Promedio	4240		
HIBRIDOS VARIETALES:			
MB 515 X ICA V 453	8564	105	102
MB 515 X ICA V 155	8157	100	97
MB 515 X MB 58	7829	96	93
MB 515 X INIAP 151	7818	96	93
MB 515 X Gran Compuesto ABC	7538	92	90
Promedio	7981		
TESTIGOS:			
ICA V 507	8374	103	100
ICA V 506	8157	100	97
Promedio	8265		

Cuadro 4. Kilogramos por hectárea de los seis genotipos progenitores y sus correspondientes F₁, heterosis de esta F₁ en base al promedio parental y del progenitor superior. C.N.I. Tibaitatá, 1981.

CRUZAMIENTOS		F ₁ en % de:				
		P ₁	P ₂	F ₁	Promedio Padres	Padre Superior
MB 515 X MB 58		7840	7033	7829	105	100
MB 515 X Gran Compuesto ABC		7840	5670	7538	112	96
MB 515 X ICA V 453		7840	6107	8564	123**	109
MB 515 X INIAP 151		7840	6963	7818	106	100
MB 515 X ICA V 155		7840	1826	8157	169**	104
Promedio		7840	5520	7981	123	102

** Significativo con P = 0,01

puesto ABC y MB515 X ICA V 155. Además ninguna de las generaciones F₁ fueron estadísticamente superiores a los testigos.

La heterosis, con relación al promedio parental (Cuadro 4), varió de 105 a 169, para un promedio general de 123 por ciento.

Con el padre superior, el valor heterótico promedio fue de 102, con una fluctuación de 109 a 96 por ciento. Estos datos promedios de heterosis son comparables a los obtenidos por Torregroza y Varela (1968), Torregroza (1959 y 1975) y superiores a los

registrados por Lonnquist y Gardner (1961). Al compararlos con los obtenidos por Paterniani y Lonnquist (1963) y Díaz (1973) se encontró que fueron inferiores con relación al promedio parental y al padre más rendidor, pero semejantes a los presentados por Rubio y Torregroza (1971) y Robinson *et al.* (1956) en relación al promedio de los padres, pero inferiores con relación al padre superior. Se produjo una mayor heterosis y altamente significativa en aquellas variedades de diverso origen geográfico y amplia variación genética como MB515 X ICA V 453 y MB515 X ICA V 155, lo cual confirma las sugerencias que en este sentido indicaran Brauer (1967), East y Hayes (1936) y Moll *et al.* (1962) entre otros.

Por su porte bajo, tanto en la altura de las plantas como de la mazorca superior, su menor contenido de humedad en el momento de la cosecha, el buen rendimiento alcanzado y la mayor cantidad de mazorcas por planta, los híbridos varietales MB515 X ICA V 155 y MB515 X ICA V 453 se recomiendan como posibles recursos germoplásmicos promisorios para seguir estudiándolos en climas fríos y frío moderado.

Es importante destacar el hecho de que estos dos cruzamientos varietales son el producto de combinar un padre adaptado (MB 515) al C N.I. Tibaitatá con dos desadaptados (ICA V 155 e ICA V 453). De estos dos cruzamientos, el segundo se debe seguir evaluando, puesto que el ICA V 453 es una sintética recomendada para el clima frío moderado. Por tal motivo, se espera que la semilla híbrida F₁ del cruzamiento de estos recursos germoplásmicos, tenga una mayor adaptación que cualquiera de sus variedades parentales. Igualmente se sugiere utilizar las generaciones avanzadas de estos dos cruzamientos varietales en proyectos de selección recurrente intrapoblacional para formar germoplasma de amplia adaptación y del cual se originarían variedades mejoradas o sintéticas, cuya adaptabilidad probablemente cubra la zona andina maicera ubicada más allá de los 1800 metros de altitud.

LITERATURA CITADA

1. Brauer, O. 1967. Fitogenética aplicada, México, Limusa Wiley, p. 267-281.
2. Crow, J.F. 1948. Alternative hypothesis of hybrid-vigor. *Genetics* 33: 477-487.
3. Díaz, C.A. 1973. Estudios fisiológicos y heteróticos en poblaciones heterogéneas de maíz. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia. ICA-PEG (mimeografiado) p.135.
4. East, E.M. y H.K. Hayes. 1936. Heterosis. *Genetics* 21: 375-397.
5. Lonnquist, J.H. y C.O. Gardner. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implications in breeding procedures. *Crop Science* (Estados Unidos) 1:179-183.
6. Moll, R.H., W.S. Salhuana y H.F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety of maize. *Crop Science* (Estados Unidos) 2(3):197-198.
7. Moll, R.H., H.H. Lonnquist, J.V. Fortuno y E.C. Johnson. 1965. The relation of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52:139-144.
8. Paterniani, E. y J.H. Lonnquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn. (*Zea mays* L.). *Crop Science* 3:504-507.
9. Ramírez, C. 1980. Efectos de la densidad de siembra sobre la madurez fisiológica y período de llenado del grano de poblaciones precoces de maíz. Tesis M. Sc. UN, INCA-PEG en Ciencias Agrarias, Bogota, Colombia, p. 114.
10. Richey, F.D. 1922. The experimental basis for the present status corn breeding *Jour. Amer. Soc. Agron.* 14:1-17.
11. Robinson, H.F., A. Khalil y P.H. Harvey. 1956. Dominance versus overdominance in heterosis. Evidence for crosses between open pollinated varieties of maize. *Amer. Nat* 90: 127-131.
12. Roncallo, E.J. 1987. Evaluación de híbridos varietales de maíz, resultantes de combinar poblaciones de variada diversidad genética y geográfica con un compuesto como padre común. Tesis I.A. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá, 84 p.
13. Torregroza, C.M. 1959. Heterosis in populations derived from latinoamerican open pollinated varieties of maize. M. S. Thesis. Univ. of Nebraska Lincoln, Nebr. 49 p. (mecanografiada).
14. Torregroza, C.M. 1959. Heterosis en poblaciones de maíces harinosos de clima frío de la zona andina. *Informativo del maíz, Perú, Vol.* 1: 31-37.
15. Torregroza, C.M. y D. Varela. 1968. Cruzamientos varietales entre maíces de clima frío de Suramérica. *Agricultura Tropical, Colombia*, 24: 849-871.