

HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA ENTRE HÍBRIDOS COMERCIALES Y GERMOPLASMA EXÓTICO DE MAÍZ EN JALISCO, MÉXICO

HETEROSIS AND COMBINING ABILITY AMONG COMMERCIAL HYBRIDS AND EXOTIC MAIZE GERMPLASM IN JALISCO, MÉXICO

Lino de La Cruz Larios^{1*}, José Ron Parra¹, José Luis Ramírez Díaz², José de Jesús Sánchez González¹, Moisés M. Morales Rivera¹, Margarito Chuela Bonaparte², Salvador Antonio Hurtado de la Peña² y Salvador Mena Munguía¹

¹ Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Nextipac, Mpio. de Zapopan, Jal, México. Km 15.5 Carretera a Nogales. CP 45110. Apartado Postal 129. Tel. y Fax. (3)820213. Correo electrónico: CII34268@maíz.cucba.udg.mx. ² Campo Experimental Centro de Jalisco, Centro de Investigaciones del Pacífico Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Apartado Postal No. 10 CP 45640 Tel. y Fax (377) 2-4051. Tlajomulco, Jal, México. Correo electrónico: cenjal@cirpac.inifap.conacyt.mx.

*Autor responsable

RESUMEN

Se formaron cruza dialélicas de maíz (*Zea mays* L.) a partir de doce progenitores, seis adaptados y seis exóticos. Los adaptados fueron los híbridos comerciales Tornado, C-220, D-880, P-3066, A-7573 y H-357; los exóticos fueron las poblaciones Pob-49 y Pob-32 del CIMMYT, el híbrido comercial templado P-3394, los sintéticos SynB73 y SynMo17 de la Franja Maicera de los Estados Unidos de Norteamérica, y el criollo local Blanco de Ocho. Los cruzamientos se evaluaron en un diseño experimental látice triple 10x10 en tres localidades de Jalisco y una de Nayarit en condiciones de temporal o secano, en el ciclo Primavera-Verano de 1997. La heterosis se calculó con base en el promedio de los progenitores involucrados en cada cruce, obtenidos a través de cuatro ambientes, y los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) se estimaron con el promedio de tres ambientes en forma cruzada (adaptados x exóticos). La mejor cruce para rendimiento de grano fue P-3394 x D-880 (5683 kg ha⁻¹) con heterosis de 183%, que también presentó la ACE más alta y significativa (825 kg ha⁻¹). El patrón heterótico de la región templada representado por la cruce SynB73 x SynMo17 tuvo heterosis más alta (83 %) que la del patrón heterótico tropical y subtropical representado por Pob-49 x Pob-32 (23 %). Los mejores progenitores adaptados cruzados con los exóticos fueron D-880 y H-357 para rendimiento y longitud de mazorca, mientras que P-3394 lo fue en el grupo de exóticos. Los híbridos adaptados que menos combinaron con los exóticos de la Franja Maicera fueron P-3066 y A-7573. La heterosis promedio para rendimiento de adaptados x exóticos fue superior (73 %) a la encontrada en adaptados x adaptados (59 %), y exóticos x exóticos (62 %). Se sugiere establecer un patrón heterótico para áreas tropicales y subtropicales utilizando las mejores combinaciones entre materiales de la Franja Maicera de los E.E.U.U. y materiales locales de regiones tropicales y subtropicales. Sería importante iniciar proyectos de selección para adaptación con materiales templados en áreas tropicales y subtropicales.

Palabras clave: *Zea mays*, mejoramiento poblacional, efectos genéticos.

SUMMARY

Diallel crosses were developed among twelve maize (*Zea mays* L.) progenitors, six adapted and six exotics. The adapted ones were the commercial hybrids Tornado, C220, D-880, P-3066, A-7573, and H-357. The exotic progenitors were populations Pop-49 and Pop-32 from CIMMYT, the commercial temperate hybrid P-3394, the synthetics SynB73 and SynMo17 from the USA Corn Belt and the local landrace Blanco de Ocho. The crosses were done in an Autumn-Winter season in 1996/1997, and evaluated in a lattice experimental design 10 X 10, in four locations (three in Jalisco and one in Nayarit) under rainfed conditions in the 1997 Summer season. Heterosis was calculated on the mid-parent basis using the average of the four locations. The effects of general combining ability (CGA) and specific combining ability (SCA) of progenitors were obtained in a crossed-way (adapted x exotic), with the average of only three locations. The best cross for grain yield was P-3394 x D-880 (5,683 kg ha⁻¹) with an heterosis of 183 %; it had also the highest SCA (825 kg ha⁻¹). The heterosis value for the region represented by the cross SynB73 x SynMo17 was higher (83 %) than that of the tropical-subtropical region represented by Pop-49 x Pop-32 (23 %). The best adapted progenitors crossed by the exotics were D-880 and H-357 for grain yield and ear length; the best exotic progenitor was P-3394. The adapted hybrids P-3066 and A-7573 had the poorest combination with the exotic materials from the Corn Belt. The mean heterosis for grain yield among adapted x exotic (73 %) was superior than adapted x adapted (59 %) and than exotic x exotic (62 %). Based on these results, it is suggested to establish an heterotic pattern for the tropical-subtropical areas using the best combinations between Corn Belt materials and those from local regions. Therefore, it is important to initiate maize breeding projects for adapting temperate germplasm to tropical and subtropical areas.

Index words: *Zea mays*, population improvement, genetic effects.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos de mayor superficie sembrada y producción a nivel mundial con 573.9 millones de toneladas métricas; en México, es el cereal más importante con 17 millones de toneladas métricas de

producción anual y ocupa el quinto lugar en producción a nivel mundial (Miranda y González, 1998). Asimismo se han dedicado muchos años de esfuerzo en su mejoramiento genético, probablemente más que en cualquier otra especie de utilidad agrícola.

Comúnmente los programas de mejoramiento genético para formar nuevas variedades mejoradas de maíz utilizan fuentes de germoplasma adaptadas disponibles dentro de las regiones productoras de maíz reconocidas en el mundo, como son la Templada, la Tropical, la Subtropical, y la de los Valles Altos en los trópicos y subtrópicos.

La preferencia de los fitomejoradores a determinados grupos de germoplasma élite, ha conducido a un estancamiento en los avances y alcances de los programas de mejoramiento genético de maíz, sobre todo en la región templada de los Estados Unidos, donde se han invertido más recursos y tiempo en el mejoramiento genético del maíz. En estas circunstancias, el mejoramiento de materiales inadaptados introducidos de otras regiones y de materiales regionales criollos o nativos, es de vital importancia para garantizar avances genéticos a futuro; lo primero, se ha venido haciendo desde hace algún tiempo en la Franja Maicera de los Estados Unidos de Norteamérica (Goodman, 1992; Hallauer, 1992; Hallauer, 1994; Hallauer y Smith, 1979), y lo segundo, fuera de los tipos raciales predominantes, muy poco se ha hecho en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Horner, 1990).

Considerando lo anterior, los avances y logros alcanzados en los programas de mejoramiento genético pudieran aprovecharse recíprocamente entre regiones, como fuentes de germoplasma exóticas mejoradas en sus respectivas regiones (Ron-Parra y Hallauer, 1997), las cuales constituyen las mejores bases para el mejoramiento de germoplasma exótico (Goodman, 1985). Sin embargo, en los países donde los logros son limitados, el germoplasma exótico mejorado en su área de origen puede ser muy importante para acelerar el proceso de obtención de variedades mejoradas, sobre todo en la forma de híbridos cuando presentan de manera importante heterosis entre materiales adaptados y exóticos. En cambio, en los países más avanzados en el mejoramiento genético, la introducción de germoplasma exótico se ha dado generalmente en forma paulatina a dosis iguales o inferiores a 50 %, con el fin primordial de acrecentar la variabilidad genética de las bases germoplásmicas adaptadas (Crossa y Gardner 1987).

Evidentemente, el germoplasma mejorado de los países que han invertido mayor tiempo y esfuerzo en el mejoramiento genético tiene más que aportar que el germoplasma mejorado de países que han dedicado menor tiempo y esfuerzo en el mejoramiento genético. Por ejemplo, las

poblaciones mejoradas en la región templada de los E.E.U.U. tienen más atributos que aportar a las regiones tropicales y subtropicales de México, que lo que aportarían las poblaciones mejoradas de éste a las regiones templadas de los E.E.U.U. (Oyervides-García *et al.*, 1985).

En México, los programas de mejoramiento genético de maíz, como el del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) han estado utilizando germoplasma exótico, pero poco o casi nada se conoce de los programas privados, y los programas nacionales no han mostrado interés al uso de germoplasma exótico de otros países. El permiso otorgado por México a las empresas privadas trasnacionales para desarrollar investigación en cultivos y la apertura al mercado internacional libre en granos básicos, como el maíz, dio origen al establecimiento de varios programas de mejoramiento genético de maíz, sin restricciones en cuanto al germoplasma empleado. La mayoría de estos programas tienen su base en el estado de Jalisco, entidad que cuenta con una superficie importante dedicada a la siembra del maíz y de agricultores con vocación y experiencia en su producción comercial. Es de suponer que las variedades actualmente sembradas para la producción de maíz en Jalisco y estados circunvecinos contienen, en mayor o menor grado, germoplasma exótico, ya que la mayoría de ellas son obtenidas y distribuidas por empresas semilleras multinacionales, las cuales manejan germoplasma en el ámbito internacional. Un método para conocer el contenido genético de las poblaciones y establecer relaciones de parentesco, es determinar la heterosis o vigor híbrido de sus cruza, ya que a mayor heterosis se infiere mayor divergencia genética entre poblaciones progenitoras, lo cual se fundamenta en el principio de diferencias en las frecuencias génicas entre las poblaciones cruzadas (Falconer, 1981).

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivos: 1) conocer las interrelaciones entre los grupos de materiales adaptados y exóticos introducidos a Jalisco, 2) evaluar el potencial productivo de sus cruza, 3) medir la capacidad de combinación entre ellas y, 4) definir la forma de aprovechamiento de los materiales exóticos en programas locales de mejoramiento genético de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron seis híbridos comerciales adaptados, cinco de ellos formados en programas de mejoramiento genético privados y un híbrido formado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que son: Tornado, híbrido trilineal de ciclo intermedio; C-220, híbrido trilineal de ciclo intermedio; H-357, híbrido de cruza simple de ciclo intermedio-tardío (Ramírez *et al.*, 1995); D-880, híbrido

de cruza doble de ciclo intermedio; A-7573, híbrido trilineal de ciclo intermedio, y P-3066, híbrido precoz de cruza simple modificada. Los seis materiales exóticos fueron: SynB73, sintético amarillo de la Franja Maicera de los E.E.U.U. formado con líneas derivadas o relacionadas a B-73; SynMo17, sintético amarillo de la Franja Maicera formado con líneas derivadas o relacionadas con Mo17; P-3394, híbrido de cruza simple de grano amarillo comercializado en la Franja Maicera; Pob-49 (Blanco Dentado 2), población desarrollada por CIMMYT de grano blanco dentado de ciclo intermedio, derivada de la raza Tuxpeño y con 17 ciclos de selección para porte bajo de planta (CIMMYT, 1998); Pob-32 (ETO Blanco), población mejorada por el CIMMYT de ciclo intermedio-tardío, de grano cristalino duro, porte bajo de planta, mejorada para resistencia a las pudriciones de mazorca (CIMMYT, 1998), y Blanco de Ocho, criollo regional de grano ancho tipo pozolero colectado en Zacoalco de Torres, Jal.

Los doce materiales se cruzaron en todas sus combinaciones posibles en el ciclo Otoño-Invierno 1996 - 1997 en el Campo Agrícola Experimental Santiago Ixcuintla, Nay., del INIFAP. La siembra se hizo bajo riego en parcelas de 20 surcos de 5 m de largo distanciados a 0.80 m, con 40 plantas aproximadamente. Para lograr la coincidencia entre las floraciones masculina y femenina de los materiales, los tardíos se sembraron en una sola fecha (siembra a tiempo); los intermedios se sembraron en dos fechas (a tiempo y ocho días después), y los precoces en tres fechas (a tiempo, a ocho y quince días después). Se obtuvieron 66 cruzas dialélicas las que se hicieron en forma directa y recíproca planta a planta, cruzando generalmente 30 plantas por caso; a la cosecha, se mezclaron las cruzas directas y recíprocas suponiendo la ausencia de efectos maternos en las variables de estudio; además, en cada una de las parcelas de los híbridos progenitores en F₁ se hicieron cruzas fraternales planta a planta cuya semilla F₂ se utilizó para las evaluaciones. De manera similar se multiplicó la semilla de las poblaciones exóticas.

Con las 66 cruzas dialélicas, junto con los siete híbridos tanto en F₁ como en F₂, las cinco poblaciones exóticas en equilibrio y 15 testigos, se integró un experimento con diseño látice triple 10x10. El experimento se sembró en cuatro localidades en condiciones de temporal o secano, en parcelas de dos surcos de 5 m de largo espaciados a 0.80 m. Las fechas de siembra fueron: el 19, 20 y 25 de junio de 1997 en las localidades de El Venado, Mpio. de Zapotlanejo, Jal. (1750 msnm), Campo Experimental de Ameca (1250 msnm) y Campo Experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario Núm. 26 de Tlajomulco de Zúñiga, Jal. (1500 msnm), respectivamente, y el 5 de julio en la localidad de Buckingham, Mpio. de Santa María del Oro, Nay. (700 msnm). El manejo agronómico se hizo de

acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para el cultivo del maíz en cada uno de los ambientes de evaluación. La cosecha se realizó manualmente el 19 y 20 de noviembre en Buckingham; el 11 de diciembre en Ameca; el 22 de diciembre en Tlajomulco de Zúñiga, y el 13 de enero de 1998 en Zapotlanejo.

Las variables evaluadas fueron: peso de mazorcas cosechadas con humedad, porcentaje de grano en una muestra de cinco mazorcas y porcentaje de humedad del grano; con esta información se estimó el rendimiento de grano en materia seca (0 % de humedad). Además, en la muestra de las cinco mazorcas se midieron las componentes de rendimiento: longitud y diámetro, número de hileras y número de granos por hilera.

Se hicieron análisis de varianza por ambiente para el rendimiento de grano y sus componentes, y se obtuvieron las medias ajustadas por entrada en cada ambiente y a través de los cuatro ambientes de evaluación. Con las medias ajustadas a través de ambientes de los doce materiales y sus cruzas, se obtuvieron los porcentajes de heterosis con base en el promedio de los progenitores, utilizando la ecuación: $H = [(2C - (P_1 + P_2)) / (P_1 + P_2)] \times 100$, donde: H = heterosis en porcentaje, C = valor de la cruza entre dos materiales o progenitores (P), P₁ = valor del progenitor uno, y P₂ = valor del progenitor dos. En el caso en que los híbridos F₁ participaron como progenitores, la heterosis se estimó utilizando el promedio de F₂ respectiva. Además, con las medias de las cruzas entre los materiales adaptados y exóticos a través de ambientes, se estimaron los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) mediante el diseño genético factorial de Comstock y Robinson, citado por Martínez (1988), con el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 1994); la comparación de medias para rendimiento y sus componentes así como para ACG y ACE, se hizo con la diferencia mínima significativa (DMS, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Heterosis en rendimiento

En el Cuadro 1 se presentan las medias a través de ambientes de evaluación de cada una de las cruzas y la heterosis con base en el promedio de los progenitores para el rendimiento de grano. La heterosis general promedio (PG) fue de 67 %, el promedio de heterosis entre materiales adaptados, exóticos, y exóticos x adaptados fue de 59, 62 y 73 %, respectivamente. Estos valores superan ampliamente a los informados entre poblaciones (Hallauer y Miranda, 1981), y tal vez se deba a que en este estudio la heterosis se estimó con base en el rendimiento de los híbridos en F₂ y que algunos de los materiales exóticos

tuvieron rendimiento bajo. Los materiales exóticos con el promedio general más alto de heterosis fueron P-3394 con 99 %, SynMo17 con 85 % y SynB73 con 79 %, y los adaptados D-880 con 88 % y H-357 con 78 %. El híbrido P-3066 y la Pob-32 fueron los materiales que en promedio tuvieron la menor heterosis general, con 45 y 44 %, respectivamente, y la menor heterosis en las combinaciones de adaptados por exóticos (18 %). La cruce de menor heterosis entre híbridos adaptados fue P-3066 x A-7573 con 28 %, lo cual sugiere cierta relación entre ellos en cuanto a *loci* comunes para rendimiento, dada su similitud en cuanto a tipo de grano y mazorca.

La cruce de mayor rendimiento fue D-880 x P-3394 con 5683 kg ha⁻¹, que también tuvo la mayor heterosis con un valor de 183 % sobre el promedio de los progenitores; la estimación de esta heterosis fue favorecida por los rendimientos bajos de ambos progenitores en sus respectivos grupos (Cuadro 1). Por otra parte, si se considera que el promedio de rendimiento de las cruces de P-3394 con los híbridos adaptados fue el más alto, como resultado de la heterosis general más alta, y su excelente calidad de raíz y tallo, el híbrido P-3394 sería una buena opción para su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético regionales, especialmente para la formación de híbridos. La mejor cruce entre materiales adaptados fue H-357 x A-7573; sin embargo, su heterosis no fue la más alta, aunque el rendimiento *per se* de los progenitores fueron los más elevados. Además, estos dos híbridos, en promedio, fueron los que combinaron mejor tanto con materiales adaptados como con exóticos (Cuadro 1). Entre exóticos, destacó la cruce Pob-49 x P-3394 con rendimiento de 5388 kg ha⁻¹ y con la heterosis más alta en su grupo (109 %); esta combinación podría ser considerada en la formación de híbridos para el trópico. Los materiales P-3066 y SynMo17 tuvieron el promedio de rendimiento más bajo en sus respectivos grupos con 4334 y 3887 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 1).

La heterosis de los patrones heteróticos del trópico, Pob-49 x Pob-32 y de la región templada, SynMo17 x SynB73, fueron superados por la cruce H-357 x D-880, (87 % vs 23 % y 83 %). Además, estos progenitores tuvieron los valores promedio de heterosis más elevados (86 y 104 %) al combinarse con los exóticos. Misevic (1989) también obtuvo heterosis entre poblaciones que superaron al patrón heterótico de la Franja Maicera y sugirió un patrón heterótico local. Los valores máximos de heterosis se encontraron en las cruces de exóticos por adaptados, donde destacaron en forma específica los materiales exóticos P-3394, SynMo17 y SynB73 cruzados por D-880, con 183, 160 y 107 %, y por H-357 con valores de 117, 115, 98 %, respectivamente; así como en las cruces SynMo17 x Tornado con 116 % y P-3394 x C-220 con 117 % (Cuadro 1).

Oyervides-García *et al.* (1985) y Catherin y Pollak (1988) también encontraron heterosis entre poblaciones de maíz de la Franja Maicera de los E.E.U.U. con poblaciones de maíz de México.

Al considerar que los valores de heterosis obtenidos en los materiales de las regiones templadas, superaron ampliamente a los obtenidos con materiales locales criollos (Blanco de Ocho) y mejorados introducidos de programas internacionales (Pob-49 y Pob-32), sería recomendable seleccionar materiales exóticos mejorados de regiones templadas en regiones subtropicales y tropicales para adaptación, resistencia a pudrición de mazorca y a enfermedades foliares, conservando los niveles de heterosis entre ellos.

Heterosis en componentes de rendimiento

Las medias de las cruces y sus valores de heterosis para longitud de mazorca, se presentan en el Cuadro 2. El híbrido exótico P-3394 tuvo los valores más altos de heterosis (diagonal superior del Cuadro 2) en el promedio general (13.2 %), y cuando se cruzó con los exóticos (13.4 %) y los adaptados (13.5 %). Entre los materiales adaptados, H-357 fue el más sobresaliente en heterosis en el promedio general (11.9 %), y en cruce con los exóticos (13.1 %) y los adaptados (10.6 %); además, la cruce H-357 x P-3394 tuvo el valor de heterosis más alto de todas las cruces (20.3 %). Los valores promedio más altos de longitud de mazorca (abajo de la diagonal del Cuadro 2) se obtuvieron en Blanco de Ocho (17.0 cm) en los exóticos, y Tornado (15.8 cm) en los adaptados; estos dos materiales también tuvieron los valores más altos *per se* (16.8 cm y 15.7 cm, respectivamente). En el total de cruces, la longitud de mazorca mayor fue en la cruce Blanco de Ocho x A-7573 (18.0 cm), pero la heterosis entre ellos sólo fue de 13.5 % en comparación con el 20.3 % registrado en la cruce H-357x P-3394. El valor más bajo de heterosis (0.3 %) se obtuvo en la cruce Blanco de Ocho x SynMo17, a pesar de que tuvieron valores *per se* altos de longitud de mazorca; una de las posibles explicaciones es que en el cálculo de la heterosis se toma en cuenta la diferencia entre el promedio de los progenitores y la cruce. Otras cruces con valores bajos de heterosis fueron: Pob-32 x A-7573 (1.7 %), P-3066 x A-7573 (1.9 %), Pob-49 x A-7573 (2.1 %), y Tornado x C-220 (2.2 %).

En el Cuadro 3 se analiza el componente diámetro de mazorca. El mayor diámetro en las cruces, así como la heterosis correspondió a la cruce de P-3394 x D-880, con 4.5 cm y 13.7 %, respectivamente; también ambos progenitores tuvieron los valores *per se* más altos de diámetro dentro de su grupo respectivo. Entre los progenitores adaptados, en promedio, A-7573 fue el más sobresaliente tanto en heterosis (8.3 %) como en diámetro (4.4 cm);

además, al ser cruzado con H-357 expresó el valor más alto de heterosis (12.2 %), y fue la cruce de mayor rendimiento en este grupo (Cuadro 1). En las cruces de adaptados por exóticos, Pob-32 fue el progenitor que produjo las mazorcas con mayor diámetro (4.3 cm), y en los adaptados fue D-880 con 4.3 cm. En exóticos por exóticos repitió como sobresaliente la Pob-32 con un diámetro de 4.1 cm y en cruce con su contraparte heterótica Pob-49, con 4.2 cm. En este grupo sobresalió también la cruce de Pob-49 x P-3394 con un diámetro de 4.4 cm, que también fue sobresaliente en rendimiento (Cuadro 1). Los valores más bajos de heterosis se obtuvieron en las cruces Blanco de Ocho x Pob-49 (-0.5 %), Blanco de Ocho x SynMo17 (0.8 %), Pob-32 x C-220 (1.9 %), Blanco de Ocho x C-220 (2.3 %) y A-7573 x P-3066 (3.1 %).

En cuanto al número de hileras por mazorca (Cuadro 4), D-880 en el grupo de adaptados y P-3394 en exóticos tuvieron los promedios generales más altos de heterosis con 5.2 % y 4.2 %, respectivamente. Entre las cruces de materiales adaptados, H-357 x C-220 tuvo el mayor número de hileras (15.6) y la máxima heterosis (8.7 %); asimismo en este grupo, los progenitores H-357 y P-3066 tuvieron el mayor número de hileras promedio (15.3 y 15.1, respectivamente); sin embargo, la mayor heterosis promedio la tuvo D-880 con 5.5 %. En las cruces entre adaptados x exóticos el mayor número de hileras se obtuvo en P-3394 x D-880 (16.3), que también correspondió con la heterosis más alta de 13.8 %. Los progenitores con mayor número de hileras promedio nuevamente fueron H-357 con 14.7 y P-3066 con 14.7, por parte de los adaptados, y en los exóticos destacaron P-3394 con 15.6 y SynB73 con 15.3. En las cruces entre exóticos, sobresalieron P-3394 x SynB73 con 16.5 hileras y 3.9 % de heterosis, y P-3394 x Pob-49 con 15.7 hileras y con la máxima heterosis en este grupo de 8.5 %. Las combinaciones de Blanco de Ocho con SynB73 y P-3066 produjeron heterosis negativa con valores de -6.1 % y -4.8 %, respectivamente; el mismo fenómeno ocurrió en la cruce Tornado x C-220, cuya heterosis fue de -2.2 %.

El Cuadro 5 muestra los resultados para número de granos por hilera. Los progenitores P-3394, H-357 y D-880 expresaron los valores de heterosis más altos en el promedio general, con 18, 15 y 15 %, respectivamente. Entre las cruces de adaptados, el mayor número de granos por hilera se obtuvo en las cruces de Tornado x H-357 y con P-3066, ambas con 33 granos. El progenitor con mayor promedio de heterosis entre híbridos fue D-880 con 13 %; además, al combinarse con P-3066 y H-357 presentó heterosis de 15 y 17 % respectivamente. En los progenitores adaptados, H-357 tuvo los valores promedio máximos de número de granos por hilera (33) y de heterosis (17 %). Dentro de este mismo grupo, en forma específica so-

bresalen las cruces Blanco de Ocho x H-357 y Blanco de Ocho x D-880 con 36 y 34 granos por hilera y 21 y 16 % de heterosis, respectivamente. En las cruces entre progenitores exóticos el número promedio de granos por hilera fue superior en Blanco de Ocho (32) y en SynMo17 (32), mientras que la heterosis más alta fue para P-3394 con 18 %. Al considerar en cruces más específicas el número de granos por hilera y su heterosis, sobresalen Pob-32 x SynMo17 con 36 y 20 % y Pob-49 x SynB73 con valores de 34 y 22 %, respectivamente.

Aptitud combinatoria

Las estimaciones de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), para el rendimiento y sus componentes se presentan en el Cuadro 6. La cruce P-3394 x D-880 tuvo el valor más alto, positivo y significativo de ACE para rendimiento (824.83 kg ha⁻¹), lo cual confirma la superioridad manifiesta en la heterosis presentada en los Cuadros 1,3,4 y 5. En este resultado influyó de manera importante el incremento significativo en el número de hileras por mazorca, ya que el efecto de ACE de este carácter fue también positivo y significativo para esta cruce. Por otra parte, existen cruces que manifestaron efectos negativos y significativos como: Pob-49 x D-880 (-505.52 kg ha⁻¹), que presentó valores positivos bajos para longitud de mazorca y número de hileras por mazorca, y negativos para diámetro de mazorca y número de granos por hilera. El valor negativo de ACE de P-3394 x Tornado (-561.02 kg ha⁻¹) puede ser explicado, en parte, por su efecto negativo y significativo del número de hileras de la mazorca (-0.56 hileras). La cruce entre Pob-32 x C-220 manifestó resultados contrastantes, ya que en número de granos tuvo un valor positivo y significativo de 1.86; en cambio, en hileras por mazorca su valor fue negativo y significativo (-0.50). La cruce P-3394 x A-7573 presentó valores negativos de ACE para rendimiento y sus componentes, y en el caso de hileras por mazorca fue significativo (-0.50). Blanco de Ocho x A-7573 sobresalió en longitud de mazorca de efecto significativo; además, los efectos fueron positivos para rendimiento y número de granos, negativos para hileras por mazorca y sin cambios para diámetro de mazorca. SynB73 x Tornado sobresalió en hileras por mazorca al presentar el valor significativo más alto (0.57). En cambio, SynMo17 x C-220 redujo el número de granos por hilera, su efecto fue negativo y significativo y el mayor en todas las cruces (-2.11 granos).

En cuanto a la ACG (Cuadro 6). El progenitor adaptado H-357 tuvo el valor más alto, positivo y significativo para rendimiento de grano (382 kg ha⁻¹), que podría explicarse, principalmente, por la componente número de hileras cuyo efecto fue también positivo y significativo (0.42); en los exóticos, P-3394 tuvo la ACG más alta para

rendimiento (306.7 kg ha⁻¹), debido probablemente a los efectos positivos y significativos en diámetro de mazorca (0.16 cm) y número de hileras por mazorca (1.34), ya que los efectos para longitud de mazorca (-0.53 cm) y granos por hilera (-1.57) fueron negativos y significativos (Cuadro 6).

El resultado más desalentador para rendimiento de grano se obtuvo en P-3066 ya que su ACG fue de -655.62 kg ha⁻¹, a pesar de haber tenido un efecto positivo y significativo para hileras por mazorca (0.57). En el caso de C-220 tuvo efectos negativos en diámetro de mazorca (-0.07 cm) e hileras por mazorca (-0.70), pero tuvo efectos positivos y significativos para rendimiento (213.39 kg.ha⁻¹). Blanco de Ocho presentó efectos positivos y significativos para longitud de mazorca (1.76 cm) y número de granos por hilera (2.65), pero también contribuyó con efectos negativos y significativos para diámetro de mazorca (-0.21 cm) e hileras por mazorca (-3.30). Lo contrario sucedió con la Pob-32 que resultó con efectos negativos y significativos para longitud de mazorca (-0.46 cm) y granos por hilera (-1.98), pero con efectos positivos y significativos para diámetro de mazorca (0.09 cm) e hileras por mazorca (0.64). Tal parece que estos dos materiales se complementarían en sus componentes del rendimiento; sin embargo, la cruz tuvo rendimiento bajo (3788 kg ha⁻¹) y la heterosis más baja del grupo (16 %, Cuadro 1).

SynMo17, al igual que Blanco de Ocho sobresalió en longitud de mazorca (0.48 cm) y en granos por hilera (2.15), pero sus efectos en rendimiento (-159.56 kg ha⁻¹) y diámetro de mazorca (-0.15 cm) fueron negativos. Una tendencia opuesta sucedió con su contraparte heterótica SynB73, que tuvo efectos positivos para diámetro (0.02 cm) e hileras por mazorca (1.10), pero negativos y significativos para longitud de mazorca (-0.65 cm) y granos por hilera (-0.59). Éste sería un caso típico de complementación entre estos dos materiales que mostraron una buena heterosis en este estudio (Cuadro 1) y representan al patrón heterótico más importante en la región templada. Pob-49 mostró tendencias similares a su contraparte heterótica Pob-32, en el sentido de que presentó efectos positivos para diámetro de mazorca (0.09 cm) e hileras por mazorca (0.16), pero sus efectos fueron negativos para longitud de mazorca (-0.60 cm) y granos por hilera (-0.65). En este estudio la heterosis encontrada entre estos materiales fue baja (23 %), a pesar de que representan al patrón heterótico de regiones tropicales y subtropicales, que se ha justificado más bien por su complementariedad por los tipos de endospermo que predominan en cada una de estas dos poblaciones.

Cuadro 1. Medias de rendimiento de grano (kg ha⁻¹) a través de cuatro ambientes de evaluación de los materiales adaptados y exóticos per se (en la diagonal) y de sus cruzas dialélicas (abajo de la diagonal), y porcentaje de heterosis de las cruzas (arriba de la diagonal).

Progenitores	Adaptados						Exóticos						Prom.	P G	
	Torn.	C-220	H-357	D-880	A-7573	P-3066	Prom.	POB-32	POB-49	B.de O.	P-3394	SynMo17			SynB73
Adaptados															
Torn.	2931	53	65	65	67	54	61	43	50	49	98	116	90	74	68
C-220	4693	3171	61	44	52	44	51	34	47	50	117	85	89	70	61
H-357	4846	4931	2954	87	73	57	69	58	59	69	117	115	98	86	78
D-880	4339	3952	4954	2334	73	75	69	45	58	71	183	160	107	104	88
A-7573	5165	4905	5371	4844	3273	28	59	48	31	58	91	85	73	64	62
P-3066	4852	4718	4930	4971	4244	3362	44	18	27	22	57	58	57	40	45
Promedio	4779	4640	5006	4612	4906	4743	4781/59	41	45	53	111	103	86	73	
Exóticos															
POB-32	4671	4538	5183	4322	5098	4116	4655	3622	23	16	81	62	53	47	44
POB-49	4805	4884	5113	4591	4408	4325	4688	4369	3470	35	109	46	78	58	51
Bco. de Ocho	4353	4547	4960	4489	4885	3826	4510	3788	4291	2901	78	54	57	48	51
P-3394	4561	5256	5036	5683	4730	3961	4871	4796	5388	4068	1678	70	86	85	99
SynMo17	4665	4207	4662	4831	4301	3743	4401	4061	3536	3292	2609	1388	83	63	85
SynB73	4435	4632	4647	4202	4334	3986	4373	4098	4633	3641	3117	2847	1730	71	79
Promedio	4582	4677	4934	4686	4626	3993	4583	4222	4443	3816	3996	3269	3667	3902/62	
P G	4671	4660	4967	4652	4753	4334	4458	4576	4195	4473	3887	4052	4473/67		

P G = promedio general; DMS_{0.05} = 798 kg ha⁻¹.

Cuadro 2. Medias de longitud de mazorca (cm) a través de cuatro ambientes de evaluación de los materiales adaptados y exóticos per se (en la diagonal) y de sus cruzas dialélicas (abajo de diagonal), y porcentajes de heterosis de las cruzas (arriba de la diagonal).

Progenitores	Adaptados						Exóticos						Prom.	P G	
	Torn.	C-220	H-357	D-880	A-7573	P-3066	Prom.	POB-32	POB-49	B.de O.	P-3394	SynMo17			SynB73
Adaptados															
Torn.	15.7	2.2	8.0	6.0	5.6	5.7	5.5	4.9	4.4	7.6	9.1	9.2	4.0	6.6	6.1
C-220	15.6	14.9	12.1	9.4	7.0	9.0	8.0	3.2	3.5	11.3	14.0	5.6	12.3	8.3	8.2
H-357	15.4	15.6	12.9	12.0	11.2	9.5	10.6	8.2	8.2	15.5	20.3	13.0	13.5	13.1	11.9
D-880	15.6	15.7	15.0	13.8	9.0	9.5	9.2	6.0	8.3	11.6	13.8	13.4	10.8	10.6	10.0
A-7573	16.2	16.0	15.5	15.7	15.0	1.9	7.0	1.7	2.1	13.5	9.2	7.0	9.7	7.2	7.1
P-3066	16.0	16.1	15.1	15.5	15.1	14.6	7.1	2.2	6.3	6.5	14.9	10.2	11.3	8.6	7.9
Promedio	15.8	15.8	15.3	15.5	15.7	15.4	15.6/7.9	4.4	5.5	11.0	13.5	9.8	10.2	9.1	
Exóticos															
POB-32	16.3	15.7	15.4	15.5	15.5	15.4	15.6	15.5	5.3	4.3	14.0	11.5	6.6	8.3	6.2
POB-49	15.9	15.4	15.0	15.5	15.2	15.6	15.4	16.0	14.8	7.3	13.8	5.1	13.1	8.9	7.2
Bco. de Ocho	17.5	17.6	17.2	17.1	18.0	16.7	17.4	16.9	17.0	16.8	14.8	0.3	8.2	7.0	9.9
P-3394	15.4	15.7	15.4	15.0	15.1	15.6	15.4	16.0	15.6	16.9	12.6	11.2	13.3	13.4	13.2
SynMo17	16.9	16.0	16.0	16.5	16.2	16.5	16.4	17.2	15.9	16.2	15.6	15.4	11.5	7.9	10.0
SynB73	15.1	15.8	14.9	15.0	15.5	15.5	15.3	15.4	15.9	16.3	14.7	16.0	13.3	10.5	10.6
Promedio	16.2	16.0	15.7	15.8	15.9	15.9	15.9	16.2	16.1	16.3	15.7	15.9	15.3	5.9/9.3	
P G	16.0	15.7	15.1	15.4	15.7	15.6		15.9	15.6	17.0	15.0	16.2	15.3	15.7	15.7/9.0

P G= promedio general; DMS_{0.05} = 0.96 (cm).

Cuadro 3. Medias de diámetro de mazorca (cm) a través de cuatro ambientes de evaluación de los materiales adaptados y exóticos per se (en la diagonal) y de sus cruzas dialélicas (abajo de la diagonal), y porcentajes de heterosis de las cruzas (arriba de la diagonal).

Progenitores	Adaptados						Exóticos						Prom.	P G	
	Torn.	C-220	H-357	D-880	A-7573	P-3066	Prom.	POB-32	POB-49	B.de O.	P-3394	SynMo17			SynB73
Adaptados															
Torn.	4.0	5.7	3.9	6.5	10.4	4.3	6.2	3.2	3.4	3.6	10.2	6.9	5.2	5.4	5.8
C-220	4.2	4.0	8.5	6.8	8.2	6.3	7.1	1.9	5.4	2.3	10.1	6.7	7.2	5.6	6.3
H-357	4.2	4.4	4.1	9.1	12.2	5.6	7.8	5.0	6.8	5.0	9.3	7.8	7.0	6.8	7.3
D-880	4.3	4.4	4.5	4.2	7.5	7.3	7.4	6.9	5.1	4.9	13.7	8.7	7.1	7.7	7.6
A-7573	4.4	4.4	4.5	4.4	4.1	3.1	8.3	5.4	8.6	5.1	9.9	10.3	7.8	7.9	8.0
P-3066	4.2	4.4	4.4	4.5	4.3	4.2	5.3	5.5	4.4	2.3	8.8	5.1	8.0	5.7	5.5
Promedio	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.3	4.4/7.0	4.6	5.6	3.9	10.3	7.6	7.0	6.5	
Exóticos															
POB-32	4.2	4.2	4.3	4.4	4.3	4.4	4.3	4.2	3.1	2.1	8.5	4.1	4.4	4.5	4.6
POB-49	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4	4.3	4.3	4.2	4.0	-0.5	12.2	4.9	4.4	4.8	5.5
Bco. de Ocho	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	3.8	3.6	4.7	0.8	5.9	2.6	3.8
P-3394	4.3	4.3	4.3	4.5	4.4	4.4	4.4	4.3	4.4	3.9	3.8	4.5	7.4	7.5	9.2
SynMo17	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.0	4.1	4.0	3.9	3.6	3.8	3.5	7.6	4.4	7.6
SynB73	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	3.9	4.1	3.9	3.8	6.0	6.3
Promedio	4.1	4.1	4.2	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	3.9	4.0	4.0/4.9	
P G	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3		4.2	4.2	3.9	4.2	3.9	4.1	4.1	4.2/6.5

P G= promedio general; DMS_{0.05} = 0.16 (cm).

Cuadro 4. Medias de número de hileras en la mazorca a través de cuatro ambientes de evaluación de los materiales adaptados y exóticos per se (en la diagonal) y de sus cruzas dialélicas (abajo de la diagonal), y porcentajes de heterosis de las cruzas (arriba de la diagonal).

Progenitores	Adaptados						Exóticos						Prom.	P G	
	Torn.	C-220	H-357	D-880	A-7573	P-3066	POB-32	POB-49	B.de O.	P-3394	SynMo17	SynB73			
Adaptados															
Torn.	14.1	-2.2	0.2	6.7	4.4	0.1	1.8	2.6	0.0	-2.5	2.2	7.2	0.9	1.7	1.8
C-220	13.6	13.7	8.7	3.9	5.5	1.8	3.5	-2.2	1.4	-1.5	4.6	0.8	-2.7	0.1	1.6
H-357	14.6	15.6	15.0	7.8	5.9	1.6	4.9	1.4	5.2	2.3	5.3	5.4	0.1	3.3	4.0
D-880	14.7	14.1	15.4	13.4	3.4	5.7	5.5	5.0	7.0	-1.7	13.8	6.6	-1.3	4.9	5.2
A-7573	14.8	14.7	15.5	14.3	14.2	0.1	3.9	8.9	4.9	-2.7	4.4	9.6	0.9	4.3	4.1
P-3066	14.8	14.9	15.5	15.3	14.8	15.5	1.9	5.0	0.6	-4.8	3.6	3.6	-0.9	1.2	1.5
Promedio	14.5	14.6	15.3	14.7	14.8	15.1	14.8/3.6	3.4	3.2	-1.8	5.6	5.5	-0.5	2.6	
Exóticos															
POB-32	14.7	13.8	15.0	14.7	15.6	15.7	14.9	14.5	3.1	-5.4	2.0	0.6	-5.4	-1.0	1.4
POB-49	13.8	13.9	15.1	14.5	14.6	14.6	14.4	14.5	13.6	-2.8	8.5	3.2	-0.2	2.3	2.8
Bco. de Ocho	10.9	10.8	11.9	10.6	10.9	11.3	11.0	10.7	10.6	8.2	-1.6	-0.2	-6.1	-3.2	-2.1
P-3394	15.0	15.2	16.0	16.3	15.4	15.9	15.6	15.2	15.7	11.6	15.3	0.2	3.9	2.6	4.2
SynMo17	14.4	13.3	14.6	13.9	14.7	14.6	14.3	13.7	13.6	10.4	14.0	12.7	1.0	1.0	3.4
SynB73	15.4	14.7	15.8	14.8	15.5	15.9	15.3	14.7	15.0	11.6	16.5	14.7	16.5	-1.4	0.6
Promedio	14.0	13.6	14.7	14.1	14.4	14.7	14.3	13.9	13.7	12.6	13.9	13.7	14.8	13.8/0.1	
P G	14.2	14.0	15.0	14.3	14.5	14.9		14.4	14.1	10.8	15.5	14.1	15.1	14.2	14.2/2.5

P G = promedio general; DMS_{0.05} = 0.75.

Cuadro 5. Medias de número de grano por hilera a través de cuatro ambientes de evaluación de los materiales adaptados y exóticos per se (en la diagonal) y de sus cruzas dialélicas (abajo de la diagonal), y porcentajes de heterosis de las cruzas (arriba de la diagonal).

Progenitores	Adaptados						Exóticos						Prom.	P G	
	Torn.	C-220	H-357	D-880	A-7573	P-3066	POB-32	POB-49	B.de O.	P-3394	SynMo17	SynB73			
Adaptados															
Torn.	33	0	8	8	5	7	5	1	6	6	13	12	6	7	7
C-220	31	29	11	12	7	9	8	9	3	9	19	8	16	11	9
H-357	33	31	28	17	12	13	12	5	13	21	23	21	21	17	15
D-880	32	31	32	27	13	15	13	5	10	16	24	23	18	16	15
A-7573	32	31	32	31	29	5	9	4	4	17	15	17	13	12	10
P-3066	33	32	32	32	31	30	10	4	9	8	12	13	12	10	10
Promedio	32	31	32	32	31	32	32/9	5	8	13	18	16	14	12	
Exóticos															
POB-32	31	32	30	30	30	31	31	30	4	2	18	20	13	11	8
POB-49	34	31	33	32	31	33	32	31	30	9	20	9	22	13	11
Bco. de Ocho	34	33	36	34	35	33	34	31	34	32	17	0	10	8	12
P-3394	32	31	31	31	30	29	31	31	32	32	23	20	17	18	18
SynMo17	35	32	35	35	34	34	34	36	33	31	32	30	17	13	16
SynB73	31	32	32	31	31	31	32	31	34	32	29	33	26	16	16
Promedio	33	32	33	32	32	32	32	32	32	32	31	32	31	32/13	
P G	33	31	32	31	31	32	31	31	32	33	30	33	31	32	32/12

P G = promedio general; DMS_{0.05} = 0.22 .

Cuadro 6. Aptitud combinatoria general y específica de híbridos adaptados y materiales exóticos, promedio de tres ambientes de evaluación en temporal, Ameca, Zapotlanejo y Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

Aptitud combinatoria	REND	LM	DM	HM	NG
Específica					
Pob-32 x Tornado	-53.43	0.42	-0.06	-0.12	-0.19
Pob-32 x C-220	36.92	0.01	-0.09	-0.50*	1.86*
Pob-32 x H-357	-42.78	0.01	-0.01	-0.25	-1.44
Pob-32 x D-880	-281.72	0.01	0.11	0.10	-0.65
Pob-32 x A-7573	324.46	-0.28	-0.03	0.47	-0.06
Pob-32 x P-3066	16.55	-0.35	0.09	0.31	0.48
Pob-49 x Tornado	-184.53	-0.02	-0.07	-0.44	0.29
Pob-49 x C-220	405.58	0.05	0.07	0.29	-0.57
Pob-49 x H-357	247.00	-0.24	0.03	0.23	-0.10
Pob-49 x D-880	-505.52*	0.17	-0.10	0.09	-0.04
Pob-49 x A-7573	-325.56	-0.13	0.09	0.02	-0.68
Pob-49 x P-3066	363.03	0.18	-0.01	-0.19	1.11
Blanco de Ocho x Tornado	-310.44	-0.44	0.04	0.26	-1.03
Blanco de Ocho x C-220	-19.91	0.32	-0.04	0.32	0.13
Blanco de Ocho x H-357	-29.74	-0.02	0.01	0.21	0.28
Blanco de Ocho x D-880	129.66	-0.30	0.00	-0.42	-0.43
Blanco de Ocho x A-7573	86.85	0.77*	0.00	-0.39	1.57
Blanco de Ocho x P-3066	143.59	-0.33	0.00	0.02	-0.53
P-3394 x Tornado	-561.03*	-0.19	0.04	-0.56*	0.42
P-3394 x C-220	344.52	0.08	-0.01	0.08	0.84
P-3394 x H-357	67.59	0.33	-0.03	0.07	0.16
P-3394 x D-880	824.83*	-0.20	0.09	0.86*	0.18
P-3394 x A-7573	-298.87	-0.31	-0.08	-0.50*	-0.87
P-3394 x P-3066	-377.04	0.29	-0.01	0.05	-0.74
SynB73 x Tornado	311.49	-0.27	0.02	0.57*	-0.44
SynB73 x C-220	-301.47	0.14	0.04	0.01	-0.16
SynB73 x H-357	-84.29	0.04	0.01	-0.19	0.78
SynB73 x D-880	-201.11	-0.14	-0.05	-0.33	-0.06
SynB73 x A-7573	349.92	0.13	-0.02	0.01	-0.12
SynB73 x P-3066	-74.52	0.10	0.00	-0.07	0.01
SynMo17 x Tornado	797.95*	0.51	0.04	0.29	0.95
SynMo17 x C-220	-465.63	-0.59	0.03	-0.19	-2.11*
SynMo17 x H-357	-157.77	-0.11	-0.01	-0.07	0.30
SynMo17 x D-880	33.86	0.27	-0.05	-0.30	1.01
SynMo17 x A-7573	-136.80	-0.19	-0.05	0.39	0.17
SynMo17 x P-3066	-71.60	0.10	-0.06	-0.13	-0.33
Error estándar	254.37	0.359	0.051	0.254	0.953
DMS 0.05	498.57	0.703	0.099	0.498	1.868
General					
Exóticos					
Pob-32	16.21	-0.46*	0.09*	0.64*	-1.98*
Pob-49	72.26	-0.60*	0.09*	0.16	-0.65
Blanco de Ocho	15.68	1.76*	-0.21*	-3.30*	2.65*
P-3394	306.70*	-0.53*	0.16*	1.34*	-1.57*
SynB73	-251.30*	-0.65*	0.02	1.10	-0.59
SynMo17	-159.56*	0.48*	-0.15*	0.05	2.15*
Adaptados					
Tornado	-75.41	0.36*	-0.09*	-0.20	0.82
C-220	213.39*	0.17	-0.07*	-0.70*	-0.44
H-357	382.00*	-0.30	0.00	0.42*	0.38
D-880	66.15	-0.19	0.06*	-0.24*	0.03
A-7573	69.47	-0.01	0.07*	0.14	-0.34
P-3066	-655.62*	-0.02	0.03	0.57*	-0.45
Error estándar	113.76	0.161	0.023	0.114	0.426
DMS (0.05)	222.96	0.316	0.045	0.223	0.835

REND = rendimiento; LM = longitud de mazorca; DM = diámetro de mazorca; HM = número de hileras por mazorca; NG = número de granos por hilera; * Efectos significativos diferentes de cero.

CONCLUSIONES

La heterosis y el potencial de rendimiento de las cruzas adaptados x exóticos fue superior al de cruzas dentro de adaptados o dentro de exóticos, por lo que se justifica establecer un nuevo patrón heterótico con las cruzas sobresalientes entre materiales adaptados y exóticos.

Las cruzas D-880 x P-3394, H-357 x A-7573 y Pob-49 x P-3394 fueron las mejores para rendimiento en los grupos de adaptados x exóticos, adaptados x adaptados y exóticos x exóticos, respectivamente.

El patrón heterótico del trópico y subtropico, representado por la cruz Pob-49 x Pob-32, fue superado por cruzas dentro y entre materiales adaptados y exóticos.

Con base en los efectos de la aptitud combinatoria específica, el híbrido adaptado P-3066 estuvo más relacionado con los materiales representativos de la región templada, específicamente con SynMo17 y SynB73, mientras que el híbrido A-7573 se asoció más con SynMo17.

P-3394 (exótico) y H-357 (adaptado) fueron los mejores híbridos en cuanto a efectos de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento, diámetro y número de hileras por mazorca. Los progenitores adaptados y exóticos menos relacionados con los materiales templados fueron D-880, H-357 y Pob-49.

BIBLIOGRAFÍA

- Catherin M, L M Pollak (1988) Heterotic patterns among ten Corn Belt and exotic maize populations. *Crop Sci.* 28:500-504.
- CIMMYT (1998) A Complete Listing of Improved Maize Germplasm from CIMMYT. Maize Program Special Report. Mexico, D.F. 94 p.
- Crossa J, C O Gardner (1987) Introgression of an exotic germplasm for improving an adapted maize population. *Crop Sci.* 27:187-190.
- Falconer D S (1981) Introducción a la Genética Cuantitativa. F. Márquez S. (trad). Nueva edición. CECOSA. México. 383 p.
- Goodman M M (1985) Exotic maize germplasm: status, prospects and remedies. *Iowa State Journal of Research.* 59 (4) 497-527.
- Goodman M M (1992) Choosing and using tropical corn germplasm. Am. Seed Trade Assoc., Washington, DC. *Ann. Corn and Sorghum Res. Conf. Proc.* 47:47-64.
- Hallauer A R (1992) Registration of BS27 maize germplasm. *Crop Sci.* 32:1512-1513.
- Hallauer A R (1994) Registration of BS28 and BS29 maize germplasm. *Crop Sci.* 34:544-545.
- Hallauer A R, O S Smith (1979) Registration of BS13(S2)C1 and BS16 maize germplasm. *Crop Sci.* 19:755.
- Hallauer A R, J B Miranda F (1981) Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp:337-402.
- Horner E S (1990) Registration of maize germplasm FS8A(S), FS8A(T), FS8B(S) and FS8B(T). *Crop Sci.* 30:964.
- Martínez G A (1988) Diseños Experimentales, Métodos y Elementos de Teoría. Trillas, México. pp: 185 -186.

- Misevic D (1989)** Heterotic patterns U.S. Corn Belt, Yugoslavian, and exotic maize populations. *Maydica* 34:353-363.
- Miranda S, G González (1998)**
<http://www.excelsior.com.mx/paginamais.html>
- Oyervides-García M, A R Hallauer, H Cortez-Mendoza (1985)**
Evaluation of improved maize populations of Mexico and the U.S. Corn Belt. *Crop Sci.* 25:115 -120.
- Ramírez D J L, J Ron P, J B Maya L, O Cota A (1995)** H-357 y H-358 híbridos de maíz de cruza simple para la zona subtropical y tropical de México. Folleto Técnico Núm. 4. CAECEJAL. CI-PAC. INIFAP. Tlajomulco de Zuñiga, Jal., México. 20 p.
- Ron-Parra J, A R Hallauer (1997)** Utilization of exotic maize germplasm. *Plant Breeding Rev.* 14:165-187.
- SAS (1994)** The SAS System for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.