



Revista Fitotecnia Mexicana

ISSN: 0187-7380

revfitotecniamex@gmail.com

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

México

Morales Rivera, Moisés Martín; Ron Parra, José; Sánchez González, José de Jesús; Ramírez Díaz, José Luis; de la Cruz Larios, Lino; Mena Munguía, Salvador; Hurtado de la Peña, Salvador; Chuela Bonaparte, Margarito

Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco liberados en la década de 1990

Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 28, núm. 2, abril-junio, 2005, pp. 115-126

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028205>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

DIVERSIDAD GENÉTICA Y HETEROSIS ENTRE HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ DE JALISCO LIBERADOS EN LA DÉCADA DE 1990

GENETIC DIVERSITY AND HETEROSIS AMONG MAIZE COMMERCIAL HYBRIDS OF JALISCO RELEASED IN THE 1990 DECADE

Moisés Martín Morales Rivera¹, José Ron Parra^{1*}, José de Jesús Sánchez González¹, José Luis Ramírez Díaz², Lino de la Cruz Larios¹, Salvador Mena Munguía¹, Salvador Hurtado de la Peña¹ y Margarito Chuela Bonaparte²

¹Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Km 15.5 Carr. Guadalajara-Nogales. Apdo. Postal 129. C.P. 45110. Las Agujas, Nextipac, Mpio de Zapopan, Jalisco, México. Tel y Fax: 01 (33) 3682-0743. Correo electrónico: jron@cucba.udg.mx ²Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 8 Carr. Libre Tepatlán-Lagos de Moreno. Tel y Fax: 01 (378) 782-0355.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Se estudió la diversidad genética y la heterosis específica entre híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) liberados en Jalisco, México en la década de 1990. Los objetivos fueron identificar las mejores combinaciones entre los híbridos comerciales y definir pares heteróticos para la formación, en el corto plazo, de híbridos entre variedades y entre líneas en el mediano y largo plazo; asimismo, confirmar si las cruas entre híbridos comerciales significan una mejor opción de obtención de semilla de autoconsumo, en comparación con el uso de generaciones avanzadas (F₂) de los mismos híbridos. Se utilizaron nueve híbridos comerciales de maíz, divididos en dos grupos de seis con tres híbridos en común. Los cruzamientos entre híbridos así como sus generaciones F₁ y F₂ se evaluaron en cinco ambientes de Jalisco en condiciones de secano. Se calculó la diversidad genética (DG), los porcentajes de heterosis y los efectos genéticos de heterosis. Los promedios de DG entre los híbridos comerciales fueron: 0.76 y 0.97 para los Grupos 1 (A-7520, H-357, P-3296, C-220, Tornado y D-801B) y Grupo 2 (A-7573, H-357, P-3066, C-220, Tornado y D-880), respectivamente; los cuales, se considera que no reflejan riesgos de vulnerabilidad genética en la producción de grano de maíz en Jalisco. La heterosis promedio para rendimiento de grano en el Grupo 1 (-9.8 %) y Grupo 2 (3.1 %) sugiere que existen cruas con rendimientos de grano comparables a los de sus híbridos progenitores F₁. Las combinaciones entre híbridos comerciales, como P-3296 x H-357 y A-7573 x H-357, podrían usarse como pares heteróticos en el desarrollo de nuevos híbridos. Se confirmó la superioridad en rendimiento de las cruas entre híbridos sobre la F₂ de los mismos.

Palabras clave: *Zea mays* L., diversidad genética (DG), heterosis, híbridos comerciales, Jalisco.

SUMMARY

Genetic diversity and specific heterosis, were studied, between maize (*Zea mays* L.) commercial hybrids released in the 1990 in Jalisco, México. The objectives were to identify good combinations be-

tween commercial hybrids and to define heterotic pairs to form inter varietal hybrids in the short term, and also to develop inbred line hybrids in the intermediate and long terms; in addition, to confirm whether crosses between commercial hybrids represent better options to for auto-consumption seed in relation to the use of advanced generations (F₂) of the same hybrids. Nine maize hybrids were considered, divided in two groups of six materials each including three hybrids in common. Hybrids, their crosses and their F₂ generations were evaluated at five environments in Jalisco under rainfed conditions. Genetic diversity (DG), heterosis percentages and heterosis effects, were calculated. DG average values among the maize commercial hybrids were: 0.76 and 0.97 for Group 1 (A-7520, H-357, P-3296, C-220, Tornado and D-801B) and Group 2 (A-7573, H-357, P-3066, C-220, Tornado and D-880). We consider that these values, do not represent risks of genetic vulnerability for grain production in Jalisco State. The average heterosis values for grain production for Group 1 (-9.8 %) and Group 2 (3.1 %) indicate that some crosses are similar in grain yield to their F₁ pairs hybrids. Some combinations between commercial hybrids, such as P-3296 x H-357 and A-7573 x H-357, could be used as heterotic patterns to develop new hybrids. The superiority for grain yield of the crosses among commercial hybrids relative to their F₂ generation was confirmed.

Index words: *Zea mays* L., genetic diversity (GD), heterosis, commercial hybrids, Jalisco.

INTRODUCCIÓN

Jalisco es uno de los estados mexicanos más importantes en la producción de maíz (*Zea mays* L.) en México; aquí se encuentra la sede de varios programas públicos y privados de mejoramiento genético de maíz dedicados al desarrollo de variedades mejoradas comerciales, especialmente híbridos para las regiones subtropicales y tropicales del país. En la década de los 1990, las empresas públicas y privadas liberaron varios híbridos comerciales con alto

potencial de rendimiento de grano, y con características fenotípicas variables entre ellos. El conocimiento de la diversidad genética en una región puede ser un indicador de la vulnerabilidad genética del cultivo, así como un auxiliar confiable en la elección de fuentes de germoplasma para el desarrollo de nuevas variedades mejoradas, especialmente híbridos.

Troyer *et al.* (1988) propusieron un método para medir la diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz, que se ha utilizado en varios casos (Smith y Smith 1992; De Souza *et al.*, 2001; Williams y Hallauer 2000). Este método se fundamenta básicamente en la heterosis que resulta de cruzar dos poblaciones y se explica como el diferencial de las frecuencias génicas entre tales progenitores (Falconer y Mackay, 1996). Según Smith y Smith (1992), los valores de la diversidad genética entre híbridos (DG) calculados con la fórmula de Troyer *et al.* (1988) se correlacionan con las distancias genéticas basadas en relaciones de parentesco conocidas ($r = 0.94$), así como con las distancias genéticas derivadas de análisis de RFLP's ($r = 0.91$).

Por otra parte, las condiciones económicas de los productores de maíz en México han sido adversas, debido a que se han incrementado los costos de cultivo mientras que el precio del grano se ha mantenido constante en los últimos tres años, reduciendo con ello la relación beneficio/costo. El costo de la semilla mejorada representa hasta 27 % del costo total de los insumos, lo que ha motivado que los productores, para reducir costos, siembren generaciones avanzadas de híbridos y otras semillas de origen dudoso, que hace que se dejen de producir volúmenes importantes de grano. Está documentado (González *et al.*, 1993; Valdivia y Vidal, 1996) que las generaciones avanzadas de híbridos, en promedio, rinden 15% menos que los híbridos de primera generación (F_1); este porcentaje tiende a incrementarse debido a que hay más siembras comerciales de híbridos de cruza simple y trilineales, los cuales presentan más depresión endogámica en sus generaciones avanzadas (Valdivia y Vidal, 1996).

El uso de semilla de cruza entre híbridos comerciales en F_1 puede representar una mejor opción para obtener semilla mejorada de autoconsumo, en lugar de utilizar las generaciones avanzadas de los híbridos, especialmente para productores de escasos recursos económicos (González *et al.*, 1993). Esta opción podría implementarse de mejor manera si se conoce el grado de diversidad genética entre híbridos progenitores, para maximizar la heterosis en el rendimiento de las cruza.

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) Estimar el grado de diversidad genética y la heterosis específica entre

los híbridos comerciales sembrados en Jalisco y liberados en la década de 1990; b) Identificar posibles pares heteróticos que en el corto plazo puedan usarse para la formación de híbridos intervarietales y en el mediano y largo plazo para desarrollar líneas que den origen a nuevos híbridos; y c) Demostrar que las cruza entre híbridos comerciales representan la mejor opción de obtención de semilla mejorada barata para los productores, en comparación con el uso de las generaciones avanzadas (F_2) derivadas de los mismos híbridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron nueve híbridos comerciales adaptados a Jalisco y liberados durante la década de 1990 por diferentes programas de mejoramiento genético de maíz, públicos y privados. Se formaron dos grupos con seis híbridos cada uno: el primero se constituyó por: A-7520, híbrido trilineal de ciclo intermedio; P-3296, híbrido de cruza simple modificado; D-801B, híbrido cruza doble de ciclo intermedio-tardío; H-357, híbrido de cruza simple de ciclo intermedio-tardío (Ramírez *et al.*, 1995); C-220, híbrido trilineal de ciclo intermedio; y Tornado, híbrido trilineal de ciclo intermedio. El segundo grupo se formó con: A-7573, híbrido trilineal de ciclo intermedio; D-880, híbrido de cruza doble de ciclo intermedio; P-3066, híbrido precoz de cruza simple modificada, así como H-357, C-220 y Tornado que también estuvieron en el primer grupo. Los materiales fueron elegidos de cada una de las empresas establecidas en Jalisco y de acuerdo con su superficie de siembra. El primer grupo fue constituido por materiales destacados durante 1990-95 y el segundo grupo de 1996-99. Los híbridos que difirieron de un grupo a otro se relacionan con la mayor dinámica de liberación de materiales de algunas empresas en relación con otras.

La formación y evaluación del material experimental se hizo en dos etapas; para el primer grupo, en el ciclo Otoño-Invierno (OI) 94-95 se obtuvieron las generaciones F_2 de cada uno de los híbridos, así como sus cruza posibles; el avance generacional se hizo mediante cruzamientos fraternales entre plantas dentro de cada híbrido, y en la formación de cruza entre los híbridos se hicieron cruzamientos entre plantas pertenecientes a diferentes híbridos. A la cosecha, se mezcló la semilla de las cruza directas y recíprocas entre híbridos, y en el caso de las cruza fraternales dentro de cada híbrido también se hicieron mezclas de semilla; en ambos casos las mezclas fueron balanceadas por planta. La obtención del material experimental del segundo grupo de híbridos se realizó durante el OI 96-97.

Los híbridos comerciales, sus F_2 y sus cruza dialélicas se evaluaron mediante el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro y tres repeticiones en el

primer y segundo grupo, respectivamente. La evaluación del primer grupo se hizo en el ciclo Primavera-Verano (PV) 95 en cinco localidades del estado de Jalisco bajo condiciones de secano: Ameca (1250 msnm), Tlajomulco de Zúñiga (1500 msnm), Atotonilco (1575 msnm), La Huerta (450 msnm) y Etzatlán (1400 msnm). La evaluación del segundo grupo se hizo en tres ambientes bajo condiciones de secano y durante dos años; en el ciclo PV 97, en las localidades de Ameca, Tlajomulco de Zúñiga y Zapotlanejo, y durante el ciclo PV 98, en Ameca y Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. La unidad experimental en todos los ambientes de evaluación fue de dos surcos de 5.0 m de largo separados a 0.80 m.

El manejo agronómico de los experimentos se hizo según las recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para el cultivo del maíz para cada uno de los ambientes de evaluación. Los datos se tomaron por parcela, de acuerdo con el instructivo de Ron y Ramírez (1991). Las variables estudiadas fueron: rendimiento de grano, número de días a floración masculina y a floración femenina, altura de planta, y mazorca y acame de raíz y de tallo, sin hacer transformación de los datos.

Se hicieron análisis de varianza subdividiendo las sumas de cuadrados de las cruza e híbridos de acuerdo con el modelo de Análisis II propuesto por Gardner y Eberhart (1966), en forma combinada para cada uno de los grupos, y se estimaron los efectos varietales, heterosis varietal y heterosis específica con el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 1994), y se consideró como factor de efectos fijos a los materiales genéticos.

Los porcentajes de heterosis con base en el promedio de los híbridos progenitores en F_1 se calcularon con 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 los dos híbridos progenitores (P); P_1 = valor del progenitor uno; y P_2 = valor del progenitor dos. El porcentaje de heterosis con base en el mejor progenitor, se estimó con la ecuación $HMP = [(C-MP)/MP] \times 100$, donde HMP = heterosis en porcentaje en relación al mejor progenitor; MP = mejor progenitor; y C = valor de la cruza entre los dos híbridos progenitores. Para las variables número de días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, y acame de raíz y tallo se tomaron en cuenta los valores del progenitor más tardío, el de mayor altura de planta y mazorca, y el de menor porcentaje de acame tanto de raíz como de tallo, como el “mejor progenitor”, respectivamente.

La divergencia genética (DG) entre los híbridos progenitores, se calculó según la ecuación propuesta por Troyer

et al. (1988): $DG = 1 - [(PH-C)/(PH-S)]$, donde PH = valor promedio de los dos híbridos progenitores en F_1 ; C = valor de la cruza entre los dos híbridos progenitores; y S = valor promedio de los híbridos autofecundados (en este estudio se obtuvieron mediante cruza fraternales). Con base en esta ecuación, dos híbridos son idénticos si la diversidad genética es igual a cero, y se presenta cuando $PH-C = PH-S$; es decir, cuando un híbrido de cruza simple se autopoliniza o se cruza por sí mismo. La mayor divergencia genética entre dos híbridos se daría cuando los valores de DG son iguales o mayores que uno. Lo último se presenta cuando la diferencia $PH - C$ es negativa, que se da cuando la cruza entre los híbridos supera al promedio de los dos híbridos progenitores, que equivale a decir que existe heterosis. Con esta fórmula, la divergencia genética se subestima cuando se involucran híbridos de tres y cuatro líneas, porque los efectos de depresión endogámica son menores en estos tipos de híbridos que en los de cruza simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad genética

Para rendimiento de grano del Grupo 1 (Cuadro 1), los cruzamientos en los que intervino el híbrido P-3296 presentaron los valores de diversidad genética (DG) promedio más altos, lo que sugiere que este híbrido tiene una constitución genética diferente a la de los demás; en cambio, el híbrido A-7520 presentó los valores de DG más bajos, lo que hace suponer una mayor relación genética con el resto de los híbridos del grupo. El valor de DG entre P-3296 y A-7520 fue intermedio (0.66). Los valores de DG superiores a la unidad se obtuvieron en las combinaciones de P-3296 con H-357, Tornado y D-801B, lo cual sugiere que muchos de los alelos que participan en el rendimiento de grano en cada una de estas combinaciones son diferentes. Los valores de DG inferiores a 0.50, se obtuvieron en las combinaciones de A-7520 con Tornado, C-220, H-357 y D-801B; esto podría suponer que las relaciones genéticas entre los híbridos que participan en cada una de estas combinaciones son muy cercanas, especialmente entre A-7520 y Tornado.

En el Grupo 2, los valores más altos de DG para rendimiento de grano se obtuvieron donde participó el híbrido A-7573, cuyos valores fueron muy cercanos o superiores a la unidad en todas sus combinaciones (Cuadro 1), lo que lo hace más diferente genéticamente al resto de los híbridos; en cambio, P-3066 mostró valores de DG bajos lo que pudiera indicar una mayor similitud de alelos de este híbrido con los del resto de los híbridos, excepto con A-7573, con el que presentó el valor más alto de DG. En este grupo, el

Cuadro 1. Diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados y liberados en Jalisco en la década de 1990 calculada de acuerdo con Troyer *et al.* (1988).

Grupos y cruzas	REN	FM	FF	PL	MZ	AR	AT
Grupo 1							
P-3296 x H-357	1.52	0.6	0.5	2.3	2.3	4.3	-0.7
P-3296 x Tornado	1.32	1.2	0.8	1.6	1.7	0.3	-3.0
P-3296 x D-801B	1.10	0.3	0.0	1.9	1.7	-0.9	0.8
P-3296 x C-220	0.99	1.5	0.8	1.6	1.6	-2.7	-6.5
H-357 x D-801B	0.88	0.9	1.0	1.0	1.5	4.7	-0.2
H-357 x Tornado	0.81	1.1	1.0	1.5	1.6	-0.5	0.4
C-220 x Tornado	0.70	1.9	0.8	1.2	0.9	-0.6	-1.8
D-801B x Tornado	0.67	1.9	1.7	1.2	1.1	0.1	3.3
A-7520 x P-3296	0.66	0.5	0.5	1.8	1.9	-0.2	-6.0
H-357 x C-220	0.64	1.4	0.6	1.1	1.1	-0.2	0.2
D-801B x C-220	0.53	1.1	0.8	1.1	1.5	3.7	1.0
A-7520 x D-801B	0.47	0.8	0.5	0.8	1.0	0.5	-4.0
A-7520 x H357	0.45	0.7	0.5	1.0	1.6	-1.0	0.7
A-7520 x C-220	0.40	1.5	0.8	0.5	0.5	0.9	-2.0
A-7520 x Tornado	0.25	1.2	1.1	0.4	0.5	0.0	-0.5
Promedio	0.76	1.10	0.76	1.26	1.36	0.56	-1.22
Grupo 2							
A-7573 x P-3066	1.38	0.6	0.9	1.4	0.9	0.7	2.5
D-880 x A-7573	1.08	0.7	1.1	0.7	0.7	0.8	1.7
C-220 x A-7573	1.03	2.1	1.2	0.8	0.9	2.5	1.4
H-357 x A-7573	1.00	0.8	1.6	0.8	0.7	0.3	-16.7
Tornado x D-880	0.95	0.4	0.6	1.2	1.5	0.4	-6.1
Tornado x C-220	0.94	0.2	0.4	0.9	1.2	7.0	3.2
Tornado x A-7573	0.94	0.1	0.4	1.2	1.2	0.5	0.6
C-220 x H-357	0.91	0.9	1.4	0.8	0.7	0.7	0.7
C-220 x D-880	0.88	1.5	0.8	0.7	0.5	1.1	-0.5
H-357 x P-3066	0.86	0.9	1.5	1.0	1.1	5.3	0.2
C-220 x P-3066	0.84	1.0	0.7	0.7	0.6	-0.2	-1.2
Tornado x P-3066	0.81	0.4	0.6	0.8	1.1	2.8	0.2
Tornado x H-357	0.80	0.3	0.5	0.8	1.0	0.9	0.1
H-357 x D-880	0.77	1.0	1.8	0.9	0.7	4.6	-11.6
D-880 x P-3066	0.75	0.4	0.4	0.6	0.6	0.0	2.5
Promedio	0.93	0.75	0.92	0.89	0.89	1.82	-1.53

REN= rendimiento; FM= días a floración masculina; FF= días a floración femenina; PL= altura de planta; MZ= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo.

valor de DG más bajo (0.75) se obtuvo en la combinación de P-3066 con D-880B.

Con base en los promedios de DG para rendimiento de grano en el Grupo 1 (0.76) y Grupo 2 (0.93), y en sus respectivos intervalos de 0.25 a 1.52 (Grupo 1) y de 0.75 a 1.38 (Grupo 2), ambos parámetros podrían interpretarse como indicadores de bajo riesgo de vulnerabilidad genética para la producción de maíz en Jalisco; ya que los valores de DG estimados son similares a los obtenidos en estudios realizados en otras regiones productoras de maíz. En híbridos de la Faja Maicera de los Estados Unidos, Troyer *et al.* (1988) obtuvieron un valor promedio de diversidad genética (DG) de 0.74; dentro de dos empresas los intervalos observados fueron de 0.17 a 1.37 y 0.28 a 1.12, y el valor promedio entre los dos híbridos más populares de Estados Unidos durante 1985, fue de 0.94. En otro estudio en la Faja Maicera con híbridos de cruce simple cuyos progenitores eran genéticamente diferentes, se encontró

que el valor promedio DG fue 0.68, con intervalo de -0.05 a 1.12. Asimismo, se consideró que un híbrido tenía baja diversidad o poca distancia genética, cuando su valor estaba en el intervalo de 0.00 a 0.43, valores que se encontraron en combinaciones donde se incluían uno o ambos padres en común (Williams y Hallauer, 2000). También De Sousa *et al.* (2001) respecto a los híbridos comerciales de maíz de Brasil, informaron que el valor promedio de diversidad genética fue de 0.65 que lo consideraron como aceptable con poco riesgo de vulnerabilidad genética.

Para el resto de las variables los valores de DG en ambos grupos fueron inconsistentes (altos y bajos), especialmente en acame de raíz (AR) y de tallo (AT). Se considera entonces que la metodología propuesta por Troyer *et al.* (1988) es eficaz para evaluar la divergencia genética para rendimiento de grano; sin embargo, para otras variables es necesario aplicarla con reserva sobre todo en variables categóricas, que no siguen una distribución normal y que son

influenciadas fuertemente por factores ambientales, como sería el caso de acame de raíz (AR) y de tallo (AT).

Heterosis

La heterosis promedio para rendimiento de grano en base al promedio de progenitores fue significativa en el Grupo 1 (Cuadro 2), no así para el Grupo 2 (Cuadro 3). Los progenitores del Grupo 1 superaron a sus cruzas (Cuadro 4), mientras que los del Grupo 2 tuvieron rendimientos similares (Cuadro 5). No obstante, la interacción heterosis por ambiente fue significativa en ambos grupos, lo cual indica que no en todos los ambientes los híbridos diferirían en la misma magnitud de las cruzas, en el Grupo 1, y que tampoco los híbridos y las cruzas serían iguales en el Grupo 2. La heterosis promedio también fue significativa para floración femenina y altura de mazorca en el Grupo 1 (Cuadro 2), y sólo en floración masculina en el Grupo 2 (Cuadro 3). Las interacciones de la heterosis promedio con el ambiente fueron significativas para floración masculina y acame de raíz en el Grupo 1, y no se detectaron en el Grupo 2.

En ambos grupos hubo diferencias significativas entre los tratamientos (híbridos progenitores y cruzas) en todas las características evaluadas, excepto para acame de raíz en el Grupo 1; no se detectaron diferencias entre híbridos progenitores, pero sí entre cruzas para rendimiento de grano en el Grupo 1 (Cuadro 2). En cambio, en el Grupo 2 hubo diferencias significativas para híbridos progenitores pero no para cruzas (Cuadro 3). En el Grupo 1 (Cuadro 4), el rendimiento de grano promedio entre las cruzas (4676 kg ha⁻¹) fue 10.5 % menor que el de los híbridos progenitores en F₁ (5225 kg ha⁻¹); en cambio, en el Grupo 2 (Cuadro 5) las cruzas (6555 kg ha⁻¹) rindieron 3 % más que los híbridos en F₁ (6369 kg ha⁻¹), diferencias que podrían ser atribuidas a la mayor diversidad genética (DG) promedio encontrada en los híbridos del Grupo 2. El número de días a la floración masculina y femenina de los híbridos en F₁ y de las cruzas se comportaron en forma semejante; pero, para los híbridos en F₂ el número de días a floración masculina y femenina se incrementó en 1 y 2 d, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 2. Cuadros medios del rendimiento de grano y algunas características agronómicas del Grupo 1 de híbridos comerciales de maíz de Jalisco, obtenidos mediante el Análisis II de Gardner y Eberhart (1966).

FV	GL	REN (kg ha ⁻¹)	FM (días)	FF (días)	PL (cm)	MZ (cm)	AR (%)	AT (%)
Ambientes (Amb)	4	496624320**	3140**	3334**	105429**	40695**	15449**	734**
Repeticiones/Amb	15	5674211 *	10**	7*	566**	177*	612**	73**
Tratamientos (Trt)	20	6511406 *	21**	22**	886**	828**	197	32*
Híbridos (F ₁)	5	4225337	75**	78**	2250**	2408**	327	78*
Heterosis (Het)	15	7273429 *	4	3	432*	301**	154	17
Het Promedio (P)	1	17095176 *	0	16*	663	847*	244	3
Het Varietal (V)	5	15580046**	8*	5	831*	539**	225	33
Het Específica (E)	9	1567336	2	1	185	109	104	10
Trt x Amb	80	3069749	5**	6**	187	122*	244*	28*
F ₁ x Amb	20	3743971	11**	14**	375*	253*	361*	46*
Het x Amb	60	2845008	3*	3	124	79	204*	22
Het P x Amb	4	9218024 *	9*	4	268	149	427*	32
Het V x Amb	20	3503894	3	3	104	75	217	24
Het E x Amb	36	1770848	2	2	119	73	173	20
Error Conjunto	300	2431691	2	3	176	86	136	19
Promedio		4497	65	67	217	111	10	4
CV (%)		35	2	2	6	8	117	110
DMS 0.05		2161	2.1	2.2	18.4	12.9	16.1	6.0
0.01		2840	2.7	3.0	24.1	16.9	21.2	7.9

*, ** valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

REN = Rendimiento; FM = Días A floración masculina; FF = Días a floración femenina; PL = Altura de planta; MZ = altura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; Híbridos = Híbridos progenitores comerciales.

Cuadro 3. Cuadrados medios del rendimiento de grano y algunas características agronómicas del Grupo 2 de híbridos comerciales de maíz de Jalisco, obtenidos mediante el Análisis II de Gardner y Eberhart (1966).

FV	GL	REN (kg ha ⁻¹)	FM (días)	FF (días)	PL (cm)	MZ (cm)	AR (%)	AT (%)
Ambientes (Amb)	4	270987610**	3524**	3420**	46757**	24010**	2945**	165**
Repeticiones/Amb	10	15545945**	34**	50**	1153**	1008**	1122**	11
Tratamientos (Trt)	20	2356399*	85**	97**	1103**	960**	194*	31*
Híbridos (F _i)	5	6084893**	297**	356**	3813**	3356**	369*	93**
Heterosis (Het)	15	1113567	14**	11**	199	161	135	10
Het Promedio (P)	1	445190	35*	5	110	117	8	10
Het Varietal (V)	5	1489655	12*	11*	61	232	55	6
Het Específica (E)	9	978893	13**	11*	286	126	194	12
Trt x Amb	80	1187351	5*	4*	219	135	113	15
F1 x Amb	20	1693537*	7*	6*	227	146	202*	19
Het X Amb	60	1018622	4*	4	216	131	83	14
Het P x Amb	4	2953237*	4	3	417	185	40	7
Het V X Amb	20	725977	3	2	310*	200	79	18
Het E x Amb	36	966246	4*	4*	141	87	90	12
Error Conjunto	200	911031	2.7	2.8	182.9	126.0	104.4	15.0
CV (%)		14.7	2.3	2.3	5.9	9.3	121.0	122.3
Media		6487.0	71.4	72.2	230.9	120.8	8.4	3.2
DMS 0.05		1527	2.6	2.7	21.6	18.0	16.3	6.2
0.01		2007	3.4	3.5	28.4	23.6	21.5	8.1

*, ** valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

La depresión endogámica para rendimiento de grano promedio de los híbridos, al pasar de la generación F₁ a F₂, fue de 38 y 32 % para los Grupos 1 y 2, respectivamente (Cuadros 4 y 5); estos porcentajes son superiores a los obtenidos por González *et al.* (1993) y similares a los consignados por Valdivia y Vidal (1996), lo cual es un reflejo de la tendencia creciente de liberar híbridos comerciales de cruza simple, simples modificados y trilineales formados con líneas de alto grado de homocigosis, en la región Occidente de México. En los dos grupos, las cruas entre híbridos presentaron un ligero incremento (de 2 a 3 cm) de altura de planta y de mazorca respecto a los híbridos en F₁; en contraste, en los híbridos en F₂ la altura de planta y de la mazorca disminuyó en 12.5 y 6.5 cm, respectivamente, con respecto a las cruas e híbridos en F₁, como resultado de la reducción de la heterocigosis. En los dos grupos, en forma general, los híbridos en F₁ tuvieron valores más bajos de acame de raíz y tallo respecto a las cruas e híbridos en F₂ (Cuadros 4 y 5).

En el Grupo 1 la heterosis específica para rendimiento de grano no fue significativa, sin embargo A-7520 x D-801B presentó el valor más alto. En el resto de las variables, los efectos de heterosis específica sólo fueron estadísticamente significativos en altura de mazorca en la combinación D-801B x C220 (Cuadro 6).

Para efectos varietales en rendimiento solamente A-7520 (768 kg ha⁻¹) presentó un valor positivo y significativo mientras que P-3296 mostró el mayor valor negativo y significativo del grupo (-859 kg ha⁻¹). Nótese que el híbri-

do P-3296 presentó los valores positivos mayores de rendimiento de grano para heterosis varietal y más alto pero negativo para efecto varietal.

En el Grupo 2, para rendimiento de grano, la cruza Tornado x A-7573 tuvo el valor más alto de heterosis específica, valor que fue significativo (Cuadro 7). A-7573 mostró efecto varietal significativo en todas las variables excepto en acame de raíz, pero tuvo un efecto negativo y significativo para rendimiento en la heterosis varietal (Cuadro 7). El híbrido H-357 presentó valores positivos en ambos grupos, para rendimiento en heterosis varietal y en efecto varietal (Cuadros 6 y 7).

La heterosis varietal para rendimiento de grano fue positiva y significativa sólo para P-3296, y los híbridos que tuvieron efectos significativos para altura de planta y mazorca, fueron: P-3296 (positivos) y A-7520 (negativos) (Cuadro 6).

En el Grupo 1 (Cuadro 8) para rendimiento de grano, el promedio de la heterosis entre los híbridos fue negativo (-9.8 %), pero destaca la cruza P-3296 x H-357 con 17.6 % que también produjo el rendimiento más alto (Cuadro 4) y el mas elevado efecto de heterosis específica (Cuadro 6). En este grupo, las cruas de P-3296 con H-357, Tornado y D-801B superaron en rendimiento al mejor de sus progenitores con 8.4, 3.7 y 0.6 %, respectivamente (Cuadro 9). En promedio, días a floración masculina (FM), días a floración femenina (FF), altura de planta (PL), altura de mazorca (MZ), acame de raíz (AR) y acame de tallo (AT)

Cuadro 4. Promedio de rendimiento y otras características agronómicas de híbridos comerciales y sus cruzas del Grupo 1 en Jalisco.

Cruza	REN (kg ha ⁻¹)	FM (días)	FF (días)	PL (cm)	MZ (cm)	AR (%)	AT (%)
P-3296 x H-357	5779	65	66	225	120	10.8	7.0
P-3296 x Tornado	5264	65	67	224	113	10.2	5.2
P-3296 x C-220	4910	64	66	225	114	7.2	2.2
H-357 x Tornado	4865	66	68	220	121	13.8	5.2
H-357 x D-801B	4818	65	66	205	111	4.4	5.6
P-3296 x D-801B	4801	65	67	219	105	10.6	3.6
A-7520 x P-3296	4719	64	66	227	110	9.6	5.2
C-220 x Tornado	4679	66	69	223	116	15.4	2.6
H-357 x C-220	4597	66	67	213	117	10.0	4.4
A-7520 x H-357	4539	65	67	215	116	12.8	4.8
A-7520 x C-220	4383	65	67	213	108	10.0	2.0
D-801B x Tornado	4317	65	68	216	110	12.4	2.6
A-7520 x D-801B	4313	64	67	212	104	8.2	4.6
A-7520 x Tornado	4078	65	67	218	109	14.2	4.2
D-801B x C-220	4072	66	67	214	112	6.8	2.4
Promedio	4676	65	68	218	112	10.4	4.1
Híbridos F₁							
A-7520	6319	64	65	223	108	6.4	4.6
C-220	5349	67	67	219	116	14.0	3.0
H-357	5332	65	66	205	116	11.4	4.4
Tornado	5078	67	69	224	118	9.2	4.4
D-801B	4771	65	67	206	101	6.0	2.6
P-3296	4500	63	64	214	96	5.6	4.4
Promedio	5225	65	66	215	109	8.8	3.9
Híbridos F₂							
A-7520	3651	65	68	211	103	12.0	4.2
Tornado	3438	68	70	218	111	16.2	4.4
H-357	3352	67	68	191	110	9.2	7.0
C-220	3172	68	69	198	105	11.8	2.2
P-3296	3142	65	66	205	85	6.4	4.8
D-801B	2771	65	68	194	97	10.0	3.4
Promedio	3254	66	68	203	102	10.9	4.3
Promedio general							
	4482	65	67	214	110	10.2	4.1
DMS 0.05	1689	2	2	18	13	16.0	6.1
0.01	2220	3	3	24	17	21.0	8.0

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

tuvieron un porcentaje de heterosis positivo (excepto FM y FF, en el Grupo 2), con base en el promedio de los progenitores (Cuadro 8). Sin embargo, para heterosis con respecto al mejor progenitor presentaron valores negativos en su mayoría (Cuadro 9), lo que indica, en general, que las cruzas entre los híbridos tienen menor calidad agronómica que sus progenitores.

En el Grupo 2, el promedio de heterosis con respecto al promedio de los progenitores fue de 3.1 % para rendimiento, y 12 de las 15 cruzas posibles presentaron porcentajes de heterosis positivos (Cuadro 8). Las cruzas H-357

x D-880 y D-880 x P-3066 destacan con 10.5 % de heterosis, y Tornado x H-357 y Tornado x P-3066 con 7.8 y 6.8 %, respectivamente; además, estas dos últimas cruzas exhibieron el valor más alto de heterosis respecto al mejor progenitor, 5.2 y 5.1 % (Cuadro 9). En este grupo las cruzas con la heterosis más alta (H-357 x D-880 y P-3066 x D-880) no sobresalieron por su rendimiento de grano (Cuadro 5) pero sí por sus efectos positivos de heterosis específica (Cuadro 7). Para todas las variables, los porcentajes de heterosis respecto al mejor progenitor tuvieron valores negativos en los dos grupos, excepto para acame de raíz y acame de tallo en el Grupo 2 (Cuadro 9).

Cuadro 5. Promedio de rendimiento y otras características agronómicas de híbridos comerciales y sus cruzas de Jalisco Grupo 2.

Cruza	REN (kg ha ⁻¹)	FM (días)	FF (días)	PL (cm)	MZ (cm)	AR (%)	AT (%)
H-357 x A-7573	6897	71	72	227	122	12.1	6.1
Tornado x A-7573	6880	71	72	229	115	5.2	3.5
Tornado x H-357	6878	72	73	239	130	10.6	5.7
H-357 x P-3066	6791	69	70	232	122	7.6	1.9
Tornado x P-3066	6747	70	71	249	124	9.2	1.8
C-220 x A-7573	6736	73	72	225	114	8.9	3.8
C-220 x P-3066	6717	71	69	239	127	12.8	1.3
C-220 x H-357	6631	73	73	228	131	11.6	3.4
H-357 x D-880	6622	73	75	223	124	6.4	4.1
D-880 x P-3066	6553	67	69	238	120	9.0	2.2
Tornado x C-220	6404	72	74	239	126	11.2	2.3
A-7573 x P-3066	6223	68	68	226	111	6.9	4.0
D-880 x A-7573	6172	71	73	225	110	3.9	4.4
C-220 x D-880	6150	75	74	226	125	7.8	3.5
Tornado x D-880	5930	73	75	229	118	5.2	3.6
Promedio	6555	71	72	232	121	8.6	3.4
Híbridos F₁							
A-7573	7236	71	70	219	102	4.2	5.0
H-357	6541	72	72	222	129	11.0	4.3
P-3066	6419	66	67	242	117	9.8	1.2
C-220	6360	75	74	226	124	10.7	2.1
Tornado	6216	75	77	246	132	9.3	3.4
D-880	5444	73	76	217	111	4.5	1.8
Promedio	6369	72	72	229	119	8.3	3.0
Híbridos F₂							
P-3066	4704	68	68	228	108	8.2	1.7
C-220	4665	76	75	213	114	13.1	1.2
A-7573	4593	71	72	200	92	6.5	7.6
H-357	4378	74	75	199	112	5.8	4.3
Tornado	4344	75	77	230	119	9.8	3.1
D-880	3404	75	78	202	104	6.2	3.7
Promedio	4348	73	74	212	108	8.3	3.6
Promedio general	6023	72	73	227	118	8.4	3.4
DMS 0.05	1608	3	3	22	19	16.9	6.6
0.01	2113	4	4	29	25	22.2	8.7

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

Cuadro 6. Efectos genéticos estimados de los híbridos comerciales de maíz y sus cruas en cinco ambientes de evaluación en Jalisco. Grupo 1.

Material	REN (kg ha ⁻¹)	FM (días)	FF (días)	PL (cm)	MZ (cm)	AR (%)	AT (%)
Heterosis específica							
A-7520 x D-801B	337	-0.2	0.0	1.6	0.3	-0.4	0.9
C-220 x Tornado	266	0.2	0.3	2.8	1.0	2.2	0.1
P-3296 x H-357	266	-0.1	-0.1	2.7	1.9	1.5	0.7
A-7520 x C-220	241	-0.1	0.0	-3.3	-2.4	-0.4	-0.2
H-357 x D-801B	155	-0.2	-0.3	-4.0	-2.2	-3.5	0.2
P-3296 x Tornado	154	-0.2	0.0	-4.4	-1.0	-2.8	0.7
D-801B x Tornado	-1	-0.3	-0.1	1.0	0.4	1.0	-0.6
P-3296 x C-220	-19	-0.3	-0.4	0.0	-0.2	-1.5	-0.6
H-357 x Tornado	-70	0.3	0.1	2.0	0.8	0.0	-0.5
A-7520 x H-357	-91	0.1	0.1	0.9	1.8	1.7	-0.9
A-7520 x P-3296	-137	0.2	0.1	2.3	1.5	-0.6	-0.1
D-801B x C-220	-228	0.4	0.0	2.0	3.8*	-0.5	0.3
H-357 x C-220	-260	-0.1	0.1	-1.5	-2.3	0.3	0.4
P-3296 x D-801B	-264	0.4	0.4	-0.6	-2.3	3.5	-0.7
A-7520 x Tornado	-349	0.0	-0.3	-1.4	-1.2	-0.3	0.3
Heterosis varietal							
A-7520	-881*	0.3	0.3	-5.4*	-2.8*	1.7	-0.4
P-3296	972*	0.4	0.3	7.8*	6.4*	0.7	0.1
H-357	341	0.2	0.1	2.2	2.2	-1.4	1.4*
D-801B	-193	0.2	0.0	-1.0	-1.0	-1.1	0.4
C-220	-266	-0.6*	-0.1	-2.1	-2.1	-3.2	-1.3*
Tornado	27	-0.5*	-0.6*	-1.5	-2.7*	3.4*	-0.3
Efecto varietal							
A-7520	768*	-1.2*	-1.3*	7.8*	-1.5	-2.3	0.8
P-3296	-859*	-2.3*	-1.8*	-0.8	-12.9*	-3.2	0.6
H-357	244	0.0	-0.8*	-9.8*	7.3*	2.5	0.4
D-801B	-37	-0.6*	0.0	-9.5*	-8.5*	-2.7	-1.4
C-220	237	2.3*	0.9*	3.3	7.0*	5.2*	-0.9
Tornado	-353	1.9*	2.9*	9.0*	8.6*	0.4	0.5

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

* Efectos significativos diferentes de cero.

Cuadro 7. Efectos genéticos estimados de los híbridos comerciales de maíz y sus cruzas en cinco ambientes de evaluación en Jalisco. Grupo 2.

Material	REN (kg ha ⁻¹)	FM (días)	FF (días)	PL (cm)	MZ (cm)	AR (%)	AT (%)
Heterosis específica							
Tornado x A-7573	273 *	-0.3	-0.6	-2.0	1.4	0.0	-1.1
D-880 x P-3066	258	-1.8 *	-1.6 *	4.1	1.1	6.0	0.0
C-220 x P-3066	178	0.3	-0.2	2.1	3.2	1.3	0.0
C-220 x A-7573	147	0.4	0.1	-0.7	-3.5	-1.3	0.1
H-357 x D-880	141	0.6	0.9 *	-2.5	-0.6	-2.8	-0.4
H-357 x A-7573	117	-0.2	-0.1	4.1	3.6	6.0 *	0.5
Tornado x P-3066	116	1.1 *	1.2 *	3.6	1.2	-1.9	0.1
Tornado x H-357	34	-0.2	-1.0 *	3.2	1.4	0.5	1.4
C-220 x D-880	-11	0.8 *	0.0	-0.8	2.1	-0.7	0.7
D-880 x A-7573	-103	0.0	0.3	4.5	0.7	-1.3	-0.4
H-357 x P-3066	-116	0.3	0.3	-3.8	-3.4	-1.9	-1.2
Tornado x C-220	-138	-1.1 *	0.1	0.5	-0.7	2.5	-0.6
C-220 x H-357	-176	-0.4	0.0	-1.0	-1.0	-1.9	-0.2
Tornado x D-880	-285	0.5	0.4	-5.3	-3.3	-1.2	0.2
A-7573 x P-3066	-435 *	0.1	0.3	-6.0 *	-2.2	-3.5	1.0
Heterosis varietal							
Tornado	-32	-1.2 *	-0.9 *	-2.1	-5.3 *	-1.3	-0.4
C-220	13	0.6 *	0.0	1.5	2.2	2.2	-0.4
H-357	229 *	0.5	0.9 *	0.7	1.2	0.5	0.1
D-880	151	0.0	-0.1	1.4	2.0	-1.3	0.7
A-7573	-412 *	0.3	0.4	-0.6	-0.2	-0.5	0.3
P-3066	50	-0.1	-0.2	-0.8	0.0	0.4	-0.4
Efecto varietal							
Tornado	-155	2.8 *	4.3 *	17.6 *	12.4 *	2.1	0.3
C-220	30	2.9 *	1.2 *	-2.4	4.9	2.6	-0.9
H-357	149	0.1	-0.9 *	-6.0	9.8 *	1.2	1.8
D-880	-924 *	1.2 *	3.1 *	-10.3 *	-7.4 *	-3.6	-1.2
A-7573	895 *	-1.3 *	-2.1 *	-11.6 *	-17.3 *	-2.7	1.9 *
P-3066	4	-5.6 *	-5.6 *	12.7 *	-2.3	0.4	-1.9 *

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

* Efectos significativos diferentes de cero.

Cuadro 8. Heterosis (%) con respecto al promedio de los progenitores en F_1 de las cruzas entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco (Grupos 1 y 2).

Cruza	REN	FM	FF	PL	MZ	AR	AT
Grupo 1							
P-3296 x H-357	17.6	0.9	1.4	7.4	12.8	27.1	59.1
P-3296 x D-801B	3.6	1.4	1.7	4.3	6.3	82.8	2.9
P-3296 x C-220	-0.3	-0.9	0.5	3.9	7.1	-26.5	-40.5
H-357 x D-801B	-4.6	0.2	0	0	2	-49.4	60.0
H-357 x Tornado	-6.5	-0.2	0	2.6	3.2	34	18.2
C-220 x Tornado	-10.3	-1	0.3	0.9	-0.5	32.8	-29.7
D-801B x Tornado	-12.3	-1.2	-0.6	0.7	0.3	63.2	-25.7
A-7520 x P-3296	-12.8	1.4	1.9	3.8	8.2	60	15.6
H-357 x C-220	-13.9	-0.6	1.2	0.6	0.8	-21.3	18.9
D-801B x C-220	-19.5	-0.2	0.3	0.8	3.6	-32	-14.3
A-7520 x H357	-22.1	0.8	1.7	0.2	3.9	43.8	6.7
A-7520 x D-801B	-22.2	0.3	1.1	-0.9	-0.2	32.3	27.8
A-7520 x C-220	-24.9	-0.8	0.8	-3.6	-3.8	-2	-47.4
A-7520 x Tornado	-28.4	-0.3	-0.1	-2.4	-3.3	82.1	-6.7
Promedio	-9.8	0.0	0.7	1.4	3.0	28.3	4.2
Grupo 2							
H-357 x D-880	10.5	0.1	1.6	1.4	3.8	-18.0	35.7
D-880 x P-3066	10.5	-3.9	-3.3	3.7	5.2	25.6	49.9
Tornado x H-357	7.8	-2.3	-2.1	2.0	-0.3	4.2	49.1
Tornado x P-3066	6.8	-1.4	-0.7	1.9	-0.9	-3.7	-20.6
C-220 x P-3066	5.2	0.0	-1.0	2.1	5.7	24.8	-23.3
H-357 x P-3066	4.8	-0.2	1.0	-0.2	-0.6	-26.6	-31.8
C-220 x D-880	4.2	0.7	-0.6	2.3	7.0	1.8	77.5
C-220 x H-357	2.8	-0.2	0.8	1.9	4.0	6.3	6.6
Tornado x A-7573	2.3	-2.6	-2.0	-1.5	-1.8	-22.4	-16.0
Tornado x C-220	1.9	-3.3	-1.6	1.1	-1.3	12.0	-15.1
Tornado x D-880	1.7	-2.0	-1.3	-1.0	-2.8	-25.1	37.1
H-357 x A-7573	0.1	-0.5	1.2	2.9	5.4	58.6	30.5
C-220 x A-7573	-0.9	0.6	0.3	1.4	0.7	18.5	6.5
D-880 x A-7573	-2.7	-0.8	0.3	3.1	3.9	-10.7	28.9
A-7573 x P-3066	-8.9	-1.0	-0.1	-2.0	0.9	-1.9	30.5
Promedio	3.1	-1.1	-0.5	1.3	1.9	2.9	16.4

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

CONCLUSIONES

Los promedios de diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz liberados para Jalisco en la década de 1990 denotan ausencia de riesgos de vulnerabilidad genética para la producción de maíz en Jalisco.

La diversidad genética encontrada entre las cruzas de los híbridos comerciales de Jalisco se traduce en efectos heteróticos con potencial de rendimiento de grano comparable al de sus híbridos comerciales en F_1 . Las cruzas P-3296 x H-357 y A-7573 x H-357 podrían constituir pares heteróticos para la formación de nuevos híbridos comerciales de maíz.

Se confirmó la superioridad de las cruzas entre híbridos sobre las generaciones avanzadas de los híbridos en F_2 , como una opción de semilla mejorada de autoconsumo para los productores de bajos recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- De Souza J P, F Sobrinho, M A P Ramalho (2001) Genetic diversity and inbreeding potential of maize commercial hybrids. Maydica 46:171-175.
- Falconer D S, T D Mackay (1996) Introduction to Quantitative Genetics. Fourth edition, Longmann & Co, London. 464 p.
- Gardner C O, S A Eberhart (1966) Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. Biometrics 22:439-452.
- González S C, J Ron P, J L Ramírez D (1993) Cruzas entre híbridos comerciales de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 16:30-41.
- Ron P J, D J L Ramírez (1991) Establecimiento de ensayos de variedades mejoradas de maíz del CCVP en el Estado de Jalisco. Instructivo. INIFAP. CIFAJ. SARH. Zapopan, Jal., México. 25 p.
- SAS/STAT User's Guide (1994) Version 6 Fourth edition. Volume 1. 889 p.
- Smith O S, J S C Smith (1992) Measurement of genetic diversity among maize hybrids; a comparison of isozymic, RFLP, pedigree, and heterosis data. Maydica 37: 53-60.
- Troyer A F, W S J Opensha, K H Knittle (1988) Measurement of diversity among popular commercial corn hybrids. Crop Sci. 28:481-485.

Cuadro 9. Heterosis (%) con base en el mejor progenitor de las cruzas entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco (Grupos 1 y 2).

Cruza	REN	FM	FF	PL	MZ	AR	AT
Grupo 1							
P-3296 x H-357	8.4	-0.9	0.3	5.1	12.0	92.9	59.1
P-3296 x Tornado	3.7	-3.6	-3.2	0	6.2	82.1	18.2
P-3296 x D-801B	0.6	0	0	2.1	6.3	89.3	38.5
P-3296 x C-220	-8.2	-4.2	-1.8	2.9	7.1	28.6	-26.7
H-357 x Tornado	-8.7	-1.5	-2.6	-1.7	2.0	50.0	18.2
H-357 x D-801B	-9.6	-0.3	-0.6	-0.1	3.2	-21.4	115.4
C-220 x Tornado	-12.5	-1.2	-1.2	-0.3	-0.5	67.4	-13.3
H-357 x C-220	-14.1	-2.1	0	-2.5	0.3	-12.3	46.7
D-801B x Tornado	-15	-3	-2.6	-3.4	8.2	21.4	-7.7
D-801B x C-220	-23.9	-2.1	-0.3	-2.2	0.8	121.4	0.0
A-7520 x P-3296	-25.3	0.6	1.2	1.8	3.6	71.4	18.2
A-7520 x H357	-28.2	-0.3	1.2	-3.7	3.3	128.6	9.1
A-7520 x C-220	-30.6	-3.3	-0.9	-4.5	-0.2	78.6	-33.3
A-7520 x D-801B	-31.7	-0.3	0	-4.8	-3.8	46.4	76.9
A-7520 x Tornado	-35.5	-2.7	-3.2	-2.7	-2.7	153.6	-4.5
Promedio	-15.4	-1.7	-0.9	-0.9	-1.4	5.0	-6.3
Grupo 2							
Tornado x H-357	5.2	-4.1	-5.4	-3.0	-1.5	13.9	68.5
Tornado x P-3066	5.1	-7.1	-7.2	1.0	-6.4	-0.9	56.0
C-220 x P-3066	4.6	-5.7	-5.6	-1.3	2.9	30.7	8.6
H-357 x P-3066	3.8	-4.2	-2.4	-4.2	-5.0	-22.2	60.3
D-880 x P-3066	2.1	-8.5	-9.0	-1.6	2.3	98.7	88.8
C-220 x H-357	1.4	-2.0	-0.6	1.1	1.9	7.6	60.8
H-357 x D-880	1.2	-0.7	-1.2	0.3	-3.4	40.5	132.2
Tornado x C-220	0.7	-3.4	-3.7	-3.1	-4.3	20.8	10.4
C-220 x D-880	-3.3	-0.3	-2.0	0.3	1.4	71.1	94.9
Tornado x D-880	-4.6	-3.0	-2.0	-6.9	-10.5	14.1	100.6
H-357 x A-7573	-4.7	-1.5	0.3	2.1	-5.6	185.6	41.0
Tornado x A-7573	-4.9	-5.4	-6.2	-6.9	-12.9	23.9	3.5
C-220 x A-7573	-6.9	-2.2	-1.9	-0.2	-8.2	109.5	78.3
A-7573 x P-3066	-14.0	-4.0	-2.7	-6.6	-5.8	62.9	245.7
D-880 x A-7573	-14.7	-2.6	-3.2	2.7	-0.3	-7.3	145.8
Promedio	-1.9	-3.6	-3.5	-1.8	-3.7	43.3	79.7

REN= Rendimiento; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; PL= Altura de planta; MZ= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo.

Valdivia B R, V A Vidal (1996) Efectos de generaciones avanzadas en la producción de diferentes tipos de híbridos de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 18:67-76.

Williams T, A R Hallauer (2000) Genetic diversity among maize hybrids. Maydica 45:163-171.