

HETEROSIS EN HÍBRIDOS DE CALABACITA TIPO GREY ZUCCHINI

César Sánchez-Hernández^{1*}; Clemente Villanueva-Verduzco²;
Jaime Sahagún-Castellanos²; Juan Porfirio Legaria-Solano²; Juan Martínez-Solís²;
Miguel Ángel Sánchez-Hernández³; Jorge Alfredo Ortiz-Quintero⁴; Salomón López-Serrano⁴

¹Universidad de la Cañada. Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca. MÉXICO. C. P. 68540. Tel. 01 (236) 3720712
Correo-e: cesarsh79@hotmail.com (*Autor para correspondencia).

²Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. km 38.5 carretera México- Texcoco.
Chapingo, Estado de México. MÉXICO. C. P. 56230. Tel. 01 (595) 9521500.

³Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril Hidalgo s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca. MÉXICO. C. P. 68400 Tel. 01(281) 8722239.

⁴Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. Av. Tecnológico s/n. Col. Los Ángeles Cosamaloapan,
Veracruz. MÉXICO. C. P. 95400. Tel. 01 (288) 8823100.

RESUMEN

Puesto que los híbridos comerciales pueden usarse exitosamente en programas de mejoramiento genético, el objetivo del presente trabajo fue identificar híbridos comerciales con valor genético para producir híbridos y variedades de alto rendimiento. Se evaluaron ocho híbridos de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) tipo Grey Zucchini y sus 56 cruasas posibles en Chapingo, México durante 2007 y 2008. Con el modelo II de Gardner y Eberhart (1966) se estimó heterosis (media, varietal, específica) y con respecto al mejor progenitor. Los resultados indicaron que hubo heterosis media positiva en todos los caracteres estudiados (REN: 1.10 t·ha⁻¹; RPP: 13.10 g·planta⁻¹; AFR: 0.10 cm, LFR: 0.50 cm, DFF: 3 días y DFM: 3 días). El híbrido comercial 'Terminator' manifestó efectos positivos favorables de heterosis varietal en rendimiento y sus componentes (RPH: 3.62 t·ha⁻¹, RPP: 63.37 g·planta⁻¹, FPP: 0.73 frutos, LFR: 0.33 cm, AFR: 0.20 cm, DFF: 1.66 días y DFM: 1.67 días). Los mejores progenitores para rendimiento serían 'Terminator' y 'Lolita', mismos que mostraron mayor heterosis varietal. Las mejores cruasas entre híbridos fueron 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3x7) (S_{ij} 3.78**), 'Huracán' x 'Lolita' (5x4) (S_{ij} 3.86**), y 'Tala' x 'Terminator' (1x7) (S_{ij} 3.25**), las cuáles podrían utilizarse en un programa de mejoramiento genético para explotar los efectos de dominancia mediante hibridación cíclica. Las tres cruasas más precoces, con 44 días a floración femenina, fueron 'Lolita' x 'Tala' (4x1), 'WA9041' x 'Tala' (6x1), 'Dolarzini' x 'Tala' (8x1) y la más tardía fue la cruz 'Terminator' x 'Huracán' (7X5) (54 días).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Cucurbita pepo* L., análisis dialélico, rendimiento de fruto.

HETEROSIS IN HYBRIDS OF SQUASH TYPE GREY ZUCCHINI

ABSTRACT

The aim of the present study was to identify commercial hybrids with genetic value to produce high yield hybrids or varieties because commercial hybrids can be used with success in breeding programs. A total of eight commercial hybrids of squash (*Cucurbita pepo* L.) type Grey Zucchini and their 56 possible crosses were evaluated at Chapingo, Mexico during 2007 and 2008. Heterosis (average, varietal, specific) was estimated using the model II of Gardner and Eberhart (1966) and with respect to the best parent. Results showed positive average heterosis for all the characters (YH: 1.10 t·ha⁻¹; YPP: 13.10 g·plant⁻¹; FRW: 0.10 cm; FRL: 0.50 cm; DFF: 3 days and DMF: 3 days) studied. The hybrid 'Terminator' showed favorable positive effects of varietal heterosis for yield and components (RPH: 3.62 t·ha⁻¹; YPP: 63.37 g·plant⁻¹; FPP: 0.73 fruits, FRL: 0.33 CM, FRW: 0.20 CM, DFF: 1.66 days and DMF: 1.67 days). The best parents for yield were 'Terminator' and 'Lolita' because they showed greater varietal heterosis. The best crosses among hybrids were 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3x7) (S_{ij} 3.78**), 'Hurakan' x 'Lolita' (5x4) (S_{ij} 3.86**) and 'Tala' x 'Terminator' (1x7) (S_{ij} 3.25**), which could be used in a breeding program to exploit the dominance effects by means of cyclic hybridization. The earliest three crosses, with 44 days to feminine flowering, were: 'Lolita' x 'Tala' (4x1), 'WA9041' x 'Tala' (6x1), 'Dolarzini' x 'Tala' (8x1) and the latest was 'Terminator' x 'Hurakan' (7X5)(54 days).

ADDITIONAL KEY WORDS: *Cucurbita pepo* L., diallel analysis, fruit yield.

INTRODUCCIÓN

La forma de aprovechamiento más importante en México de los frutos de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) es como verdura, tanto para el consumo nacional como para su exportación. En 2009 se cultivaron 1,525,378 ha en el mundo, y en México, 26,600 ha. México está entre los siete principales productores y aun cuando experimentalmente se han obtenido y reportado rendimientos de 73 t·ha⁻¹, el rendimiento nacional es inferior a los obtenidos en España (42.9 t·ha⁻¹), Francia (40 t·ha⁻¹) y países bajos (55.0 t·ha⁻¹) (Anónimo, 2008). Aunado a lo anterior, no existen programas en México enfocados al mejoramiento genético de calabacita para verdura, por lo que estudiar los efectos heteróticos partiendo de híbridos comerciales es una opción para iniciar un programa de mejoramiento genético para la obtención de híbridos y variedades de alto rendimiento.

Gardner y Eberhart (1966) propusieron varios métodos de análisis, de los cuales el más utilizado es el análisis tipo II. Esta metodología puede aplicarse desde grupos parentales totalmente homocigotos ($F = 1$) hasta aquellos sin ningún grado de endogamia ($F = 0$). Típicamente requiere de la evaluación de los padres y los cruzamientos F_1 directos. Este método considera sólo modelos fijos y, por lo tanto, no tiene sentido aplicarlo para la estimación de componentes de varianza genética (modelos aleatorios).

En su trabajo, Gardner y Eberhart (1966) señalan que esta metodología permite un análisis más preciso y detallado de los efectos heteróticos que se manifiestan en los cruzamientos. En general, este método se ha usado con más frecuencia en el análisis de cruzamientos dialélicos, en el que los padres son variedades de polinización abierta (Pérez *et al.*, 1995; Machado y Miranda, 2003).

La estimación de los parámetros genéticos se obtiene por medio del análisis de los diseños dialélicos propuestos por Griffing (1956a, 1956b) y Gardner y Heberhart (1966). Estos últimos autores propusieron un análisis alternativo de los datos de cruza dialélicas obtenidas de poblaciones o progenitores heterogéneos (variedades). El análisis del Método I de Gardner y Heberhart (GEAN I) requiere la evaluación de n progenitores, $n(n-1)/2$ cruza F_1 y la progenie de los progenitores y las cruza, pero proporciona información de la acción génica aditiva, de dominancia, heterosis y depresión endogámica. El Método II (GEAN II) es útil en la evaluación de n poblaciones (variedades) y sus $n(n-1)/2$ cruza F_1 . La heterosis se particiona en heterosis promedio, varietal y específica. Sin embargo, no se pueden estimar los efectos aditivos y de dominancia porque están confundidos con la fuente de variación "variedad". El Método III (GEAN III) estima los efectos de variedad y Aptitud Combinatoria General (ACG) de un análisis que contiene las siguientes fuentes de variación: progenitores, progenitores vs cruza F_1 , y cruza F_1 . Los efectos de ACG se es-

INTRODUCTION

In Mexico, the most important use of squash fruits (*Cucurbita pepo* L.) is as vegetable, both for domestic consumption and export. In 2009, 1,525,378 ha were cultivated in the world and in Mexico 26,600 ha. Mexico ranks among the seven most important producers and even when experimentally yields of 73 t·ha⁻¹ have been obtained and reported, the Mexican yield is lower than that obtained in Spain (42.9 t·ha⁻¹), France (40 t·ha⁻¹) and the Netherlands (55.0 t·ha⁻¹) (Anonymous, 2008). In addition to this, there are no programs in Mexico focused on breeding of squash as vegetable, thus, to study the heterotic effects based on commercial hybrids is an option to start a breeding program to obtain high yield hybrids and varieties.

Gardner and Eberhart (1966) proposed several methods of analysis; the most popular is the analysis type II. This methodology can be used from fully homozygous parental groups ($F = 1$) to those without any degree of inbreeding ($F = 0$). It requires the evaluation of the parents and direct F_1 crosses. This method only considers fixed models and, therefore, there is no point to use it to estimate genetic variance components (random models).

On their work, Gardner and Eberhart (1966) mention that this methodology enables a more accurate and detailed analysis of the heterotic effects showed in crosses. In general, this method has been used more often in analysis of diallel crosses, in which the parents are open-pollinated varieties (Pérez *et al.*, 1995; Machado and Miranda, 2003).

The genetic parameters estimation is obtained by means of the analysis of diallel designs proposed by Griffing (1956a,b) and Gardner and Heberhart (1966). These last authors mentioned proposed an alternative analysis from the data of diallel crosses obtained from heterogeneous parents or populations (varieties). The analysis of the Method I of Gardner and Heberhart (GEAN I) requires the assessment of n parents, $n(n-1)/2$ F_1 crosses and the progeny of parents and crosses, but provides information from the additive genetic action, dominance, heterosis and inbreeding depression. The Method II (GEAN II) is useful in the evaluation of n populations (varieties) and their $n(n-1)/2$ F_1 crosses. Heterosis is divided into average, varietal and specific heterosis. However, the additive and dominance effects cannot be estimated because they are confused with the variation source "variety". The method III (GEAN III) estimates the effects of variety and General Combining Ability (GCA) of an analysis that has the following sources of variation: parents, parents vs F_1 crosses, and F_1 crosses. The GCA effects are estimated similarly to Method 4 Model I of Griffing (Gardner and Heberhart, 1966; Murray *et al.*, 2003).

Since commercial hybrids can be successfully and advantageously used in breeding programs, the aim of the

CUADRO 1. Híbridos comerciales de calabacita tipo 'Grey Zucchini' utilizados como progenitores de cruas dialélicas. Chapingo, México. 2007.

TABLE 1. Commercial hybrids of squash type 'Grey Zucchini' used as parents of diallel crosses. Chapingo, México. 2007.

Progenitor / Parents	Híbrido / Hybrid	Casa comercial / Commercial company	Origen / Origin
1	Tala	Seminis	CHILE, 2003
2	Grey Zucchini	Seminis	USA, 2005
3	Grey Zucchini M+M	Molina Seed	USA, 2003
4	Lolita	Seminis	USA, 2005
5	Huracán	Harris Moran	USA, 2005
6	WA9041	Western Seed	HOLANDA, THE NETHERLANDS 2005
7	Terminator	Seminis	USA, 2004
8	Dolarzini	Caloro	USA, 2005

timan de manera similar al Método 4 Modelo 1 de Griffing (Gardner y Heberhart, 1966; Murray *et al.*, 2003).

Puesto que los híbridos comerciales pueden ser usados exitosa y ventajosamente en programas de mejoramiento genético, el objetivo del presente trabajo fue identificar híbridos comerciales con valor genético en un programa de mejoramiento para producir híbridos y variedades de alto rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Progenitores

Se emplearon ocho híbridos de calabacita tipo 'Grey Zucchini' de diferentes casas comerciales (Cuadro 1). Con ellos se obtuvieron las 56 cruas (28 directas y 28 recíprocas) posibles en la primavera de 2006, garantizando en cada crua al menos la polinización de 10 plantas del progenitor femenino.

Evaluación experimental

Las cruas y los progenitores se evaluaron en dos ciclos en el año 2007 y 2008 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. En el año 2007 la siembra se realizó el día 15 de abril y en 2008 el día 20 de abril de forma directa, depositando dos semillas por golpe para posteriormente ralea a una planta, bajo condiciones de riego.

La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de dos surcos de 5 m de largo separados a 0.8 m, con una separación entre plantas de 0.2 m (62,500 plantas·ha⁻¹). Se usó un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones.

present study was to identify commercial hybrids with genetic value in a breeding program to produce high yield hybrids and varieties.

MATERIALS AND METHODS

Parents

Eight hybrids of squash type 'Grey Zucchini' from different companies were used (Table 1). A total of 56 crosses (28 direct and 28 reciprocal) were obtained in the spring of 2006, providing in each cross the pollination of at least 10 plants of the female parent.

Experimental assessment

Crosses and parents were evaluated in two cycles in 2007 and 2008 at the Experimental field of Universidad Autónoma Chapingo. Sowing was carried out on April 15, 2007 and April 20, 2008, placing two seeds per hole and subsequently thinned to one plant under irrigated conditions.

The experimental unit consisted of plots with two rows of 5 m length with a spacing of 0.8 m, and plant spacing of 0.2 m (62,500 plants·ha⁻¹). The experimental design was randomized blocks with three repetitions.

The total fertilization was 120-80-00, 60-80-00 used at sowing and the rest of the nitrogen fertilization on hoeing at 35 days after sowing. Weeds were controlled manually.

A total of 17 cuts or fruits harvested were collected, recording: fruit weight per cut (PFR, g); number of fruits per cut (NFR); fruit length and width (FRL, FRW, cm) of a random sample of five fruits; yields per plant per cut (g·plant⁻¹), as weight ratio of fruits per cut, divided by the number of

La fertilización total fue de 120-80-00, se aplicó 60-80-00 al momento de la siembra, y el resto de la fertilización nitrogenada en el aporque a los 35 días de la siembra. Las malezas se controlaron manualmente.

Se realizaron 17 cortes o cosechas de fruto, a partir de los cuales registró: peso de fruto por corte (PFR, g); número de frutos por corte (NFR); largo y ancho de fruto (LFR, AFR, cm), de una muestra aleatoria de cinco frutos; rendimiento por planta por corte ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), como el cociente del peso de frutos por corte, entre el número de plantas por unidad experimental, y rendimiento por hectárea ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Adicionalmente se registró los días a floración masculina y femenina (DFM y DFF), cuando existía 50 % de plantas con flores abiertas.

Heterosis

Se utilizó el modelo de análisis II, propuesto por Gardner y Eberhart (1966). En éste, la expresión del valor fenotípico promedio de cualquier padre o híbrido F_1 , está dada por la ecuación:

$$Y_{ij} = \mu_v + \left(\frac{V_i + V_j}{2} \right) + \theta h_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor promedio esperado para una variedad ($i = j$) o para un cruzamiento ($i \neq j$);

$\mu_v = \bar{Y}$ = es la media de las n variedades parentales;

V_i = efecto de la i -ésima variedad;

V_j = efecto de la j -ésima variedad;

θ = : Si $i = j$, entonces $\theta = 0$, y si $i \neq j$, entonces $\theta = 1$;

h_{ij} = efecto de heterosis que resulta cuando la variedad i se cruza con la variedad j . Este efecto ocurre solamente en los cruzamientos F_1 .

El efecto de la heterosis a su vez puede dividirse así:

$$h_{ij} = \bar{h} + h_i + h_j + S_{ij}$$

Donde:

\bar{h} = heterosis promedio de todos los cruzamientos;

h_i = heterosis varietal producida por la i -ésima variedad;

h_j = heterosis varietal producida por la j -ésima variedad;

plants per experimental unit and yield per hectare ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$). The days to male and female flowering were recorded when 50 % of the plants had open flowers.

Heterosis

The model of analysis II proposed by Gardner and Eberhart (1966) was used. In this model, the expression of the average phenotypic value of any parent of hybrid F_1 , is given by the equation:

$$Y_{ij} = \mu_v + \left(\frac{V_i + V_j}{2} \right) + \theta h_{ij}$$

Where:

Y_{ij} = average value expected for a variety ($i = j$) or for a cross ($i \neq j$);

μ_v = is the average of the n parent varieties;

V_i = effect of the i -th variety;

V_j = effect of the j -th variety;

θ = : If $i = j$, then $\theta = 0$, and If $i \neq j$, then $\theta = 1$;

h_{ij} = effect of the heterosis that results when the variety i crosses the variety j . These effects only occurs in F_1 crosses.

The heterosis effect at the same time can be divided as follows:

$$h_{ij} = \bar{h} + h_i + h_j + S_{ij}$$

Where:

\bar{h} = average heterosis of all the crosses;

h_i = varietal heterosis produced by the i -th variety;

h_j = varietal heterosis produced by the j -th variety;

S_{ij} = specific heterosis for the cross between the varieties i and j ; is a deviation of the expected mean based on the effects ($\bar{h} + h_i + h_j$).

According to Gardner (1967), the variety (V_i) effect, is the difference between the average of the parent *per se* and the average of all parents. The average heterosis (\bar{h}), from the group of the parents used in the study is the difference between the average of all F_1 crosses and the average of all parents. The varietal heterosis (h_i), is the contribution of

S_{ij} = heterosis específica para el cruzamiento entre las variedades i y j ; es una desviación de la media esperada basada en los efectos $(\bar{h} + h_i)$

De acuerdo con Gardner (1967), el efecto de la variedad (V_i), es la diferencia entre la media de un padre *per se* y la media de todos los padres. La heterosis promedio (\bar{h}), del grupo de progenitores usados en el estudio es la diferencia entre la media de todos los cruzamientos F_1 y la media de todos los progenitores. La heterosis varietal (h_i), es la contribución de heterosis por la variedad i en sus cruzamientos F_1 , medida como una desviación del promedio de heterosis. La heterosis específica (S_{ij}) entre las variedades i y j , y mide la desviación entre el comportamiento observado de un cruzamiento específico y su comportamiento esperado, basado en el efecto varietal (V_i) la heterosis promedio (\bar{h}) y la heterosis varietal (h_i).

La heterosis se calculó con base en modelo de Gardner y Eberhart (1966), ya descrito, en el que también se consideran los siguientes parámetros:

a) Heterosis media (\bar{h})

$$\bar{h} = \bar{Y}_H - \bar{Y}_V$$

Donde:

\bar{Y}_H = media de todas las cruzas realizadas;

\bar{Y}_V = media de todos los progenitores.

b) Heterosis varietal (h_i):

$$h_i = \left(\frac{n-1}{n-2} \right) (\bar{Y}_i - \bar{Y}_H) - \frac{(Y_i - \bar{Y}_V)}{2}$$

Donde:

n = número de progenitores;

\bar{Y}_i = media de las cruzas en que interviene el progenitor i ;

\bar{Y}_H = media de todas las cruzas realizadas;

Y_i = media del progenitor i ;

\bar{Y}_V = media de todos los progenitores.

El primer componente de la ecuación de la heterosis varietal (h_i) corresponde al efecto de las cruzas donde participa la variedad i . En tanto que el segundo corresponde al efecto promedio de la variedad i . Por lo que la heterosis

heterosis for variety i in its F_1 crosses, measured as a deviation from average heterosis. The specific heterosis (S_{ij}) between varieties i and j , measures the deviation between the behavior shown by a specific cross and the behavior expected based on the varietal (V_i) effect, the average heterosis (\bar{h}) and the varietal heterosis (h_i).

Heterosis was obtained based on the model of Gardner and Eberhart (1966), already described which also considered the following parameters:

a) Average heterosis (\bar{h})

$$\bar{h} = \bar{Y}_H - \bar{Y}_V$$

Where:

\bar{Y}_H = average of all crosses carried out;

\bar{Y}_V = average of all parents.

b) Varietal heterosis (h_i):

$$h_i = \left(\frac{n-1}{n-2} \right) (\bar{Y}_i - \bar{Y}_H) - \frac{(Y_i - \bar{Y}_V)}{2}$$

Where:

n = number of parents;

\bar{Y}_i = average of all crosses involving the parent i ;

\bar{Y}_H = average of all crosses carried out;

Y_i = average of the parent i ;

\bar{Y}_V = average of all parents.

The first component of the equation of the varietal heterosis (h_i) corresponds to the effect of crosses involving the variety i . The second component corresponds to the average effect of the variety i . Therefore, the varietal heterosis is the heterosis of the effect of crosses of the variety i with respect to the average effect of this variety.

c) Heterosis with respect to the best parent (H_{mp}),

$$H_{mp} = Y_{ij} - Y_{mp}$$

Where:

Y_{ij} = average of the crosses $i \times j$

varietal, es la heterosis del efecto de las cruza de una variedad i con respecto al efecto promedio de dicha variedad.

c) Heterosis respecto al mejor progenitor (H_{mp}),

$$H_{mp} = Y_{ij} - Y_{mp}$$

Donde:

Y_{ij} = media de la cruza $i \times j$

Y_{mp} = media del mejor progenitor de la cruza $i \times j$

d) Heterosis específica de cruza entre los progenitores $i \times j$ (S_{ij})

$$s_{ij} = h_{ij} - \bar{h} - h_i - h_j$$

Donde:

h_{ij} = heterosis con respecto al progenitor medio de cada cruza $i \times j$

\bar{h} = heterosis promedio de todos los cruzamientos;

h_i = heterosis varietal producida por la i -ésima variedad;

h_j = heterosis varietal producida por la j -ésima variedad;

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SAS versión 9.0 para microcomputadora, estimando los efectos varietales, heterosis específica, heterosis media y heterosis varietal con el procedimiento MIXED de SAS considerando como factor de efectos fijos a los materiales genéticos. La heterosis con respecto al mejor progenitor $H_{mp\%}$ se calculó con la fórmula:

$$H_{mp\%} = \frac{Y_{ij} - Y_{mp}}{Y_{mp}} \cdot 100$$

Donde:

$H_{mp\%}$ = heterosis en porcentaje en relación al mejor progenitor

Y_{ij} = media de la cruza $i \times j$

Y_{mp} = media del mejor progenitor de la cruza $i \times j$

Y_{mp} = average of the best parent of the crosses $i \times j$

d) Specific heterosis of crosses between parents $i \times j$ (S_{ij})

$$s_{ij} = h_{ij} - \bar{h} - h_i - h_j$$

Where:

h_{ij} = heterosis with respect to the average parent of each cross $i \times j$

\bar{h} = average heterosis of all crosses;

h_i = varietal heterosis produced by the i -th variety;

h_j = varietal heterosis produced by the j -th variety;

Statistical analysis

The statistical analysis was carried out using the SAS program version 9.0 for microcomputers, estimating the varietal effects, specific heterosis, average heterosis and varietal heterosis using the MIXED procedure of SAS with respect to the genetic materials as factors of fixed effects. Heterosis was obtained with the following formula with respect to the best parent $H_{mp\%}$:

$$H_{mp\%} = \frac{Y_{ij} - Y_{mp}}{Y_{mp}} \cdot 100$$

Where:

$H_{mp\%}$ = heterosis in percentage in relation to the best parent

Y_{ij} = average of the cross $i \times j$

Y_{mp} = average of the best parent of the cross $i \times j$

RESULTS AND DISCUSSION

The combined mean squares for environments and the levels of significance for the characters yield per plant (YPP, g), fruit per plant (FPP), fruit length (FRL, cm), fruit width (FRW, cm), days to male flowering (DMF), days to female flowering (DFF) and yield of squash for vegetable per hectare (YH, t·ha⁻¹) with the model II proposed by Gardner and Eberhart (1966), are shown in Table 2. By reviewing the most important sources of variation of this analysis, the significance of heterosis \times environment indicates that heterosis changed through environments. Since no statistical significance was found in average heterosis per environ-

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis de varianza en siete caracteres de ocho híbridos de calabacita y sus 28 cruas posibles (Modelo II de Gardner y Eberhart, 1966). Chapingo, México. 2007.

TABLE 2. Mean squares of analysis of variance in 7 traits of eight hybrids of squash and its 28 possible crosses (Model II of Gardner and Eberhart, 1966). Chapingo, México. 2007.

F.V. / S.V	G.L./ F.D.	CUADRADOS MEDIOS													
		RPP (g·planta ⁻¹)/ YPP		FPP		LFR (cm) / FRL		AFR (cm) / FRW		DFM (días) / DMF		DFF (días) / DFF		REN (t·ha ⁻¹) / YH	
		(g·plant ⁻¹)				(cm)		(cm)		(days)		(days)		(t·ha ⁻¹)	
Ambientes (A) / Environments (E)	1	90.	61	125.	78	20.	83**	1.22*	15.	77	215.	95	119.	17	
Rep/Amb / Rep/Environment.	4	15.	88	9.	67	1.	28	0.01	3.	26	2.	17	11.	92	
Cruzas e Híbridos / Crosses and Hybrids	36	22.	76	35.	83**	2.	21**	0.18**	74.	64**	80.	03**	16.	48**	
Híbridos / Hybrids	7	40.	97**	86.	12	12.	25**	1.17**	32.	49**	670	64**	39.	66	
Heterosis / Heterosis	36	18.	45**	33.	25**	1.	34**	0.06	9.	22	8.	45	10.	35**	
Heterosis promedio / Average Heterosis	1	115.	72*	17.	51*	1.	29*	0.11	9.	69	5.	70	66.	38*	
Heterosis varietal / Varietal Heterosis	7	10.	84*	15.	34*	0.	33	0.03	3.	52*	3.	38*	25.	19*	
Heterosis específica / Specific Heterosis	28	45.	17**	11.	44**	0.	42**	0.04*	6.	61	7.	04	7.	68**	
Cruzas e Hib. x Amb. / Crosses and Hib. x Environment.	36	15.	29	9.	59	0.	18	0.06	7.	42	9.	29	9.	33	
Híbridos x Ambiente / Hybrids x Enviroment	7	22.	16	7.	86**	0.	25**	0.04**	6.	96**	6.	90**	36.	56**	
Heterosis x Ambiente / Heterosis x Envir.	36	9.	77	25.	92**	0.	70	0.07	6.	34**	14.	98**	5.	49	
Het. Prom. x Amb. / Aver. Het. x Envir.	1	7.	55	9.	23*	0.	62*	0.03*	13.	52**	3.	83**	4.	87	
Het. Var. x Amb. / Var. Het. x Envir.	7	6.	82	3.	78	0.	06	0.01	3.	58	1.	64	5.	75	
Het. Esp. x Amb. / Esp. Het. x Envir.	28	5.	36	11.	12	0.	77	0.03	15.	67	7.	42	4.	83	
Error	143														
C.V (%)		13.	37	14.	30	2.	02	2.45	5.	85	5.	49	13.	37	

F.V. = Fuentes de variación; G.L. = Grados de libertad; RPP = Rendimiento por planta (g·planta⁻¹); FPP = Frutos por planta; LFR = Largo de fruto (cm); AFR = Ancho de fruto (cm); DFF = Días a floración femenina; DFM = Días a floración masculina; REN = Rendimiento por hectárea (t·ha⁻¹); C.V. = Coeficiente de variación (%); *, ** = Significancia estadística al 5 y 1 %, respectivamente.

S.V. = Source of variation; F.D. = Freedom degrees; YPP = Yield per plant (g·plant⁻¹); FPP = Fruits per plant; FRL = Fruit length (cm); FRW = Fruit Width (cm); DFF = Days to female flowering; DMF = Days to male flowering; YH = Yield per hectare (t·ha⁻¹); C.V. = Coefficient of variation (%); *, ** = Statistical significance at 5 and 1 %, respectively.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadrados medios combinados por ambientes y los niveles de significancia para los caracteres rendimiento por planta (RPP, g), frutos por planta (FPP), largo de fruto (LFR, cm), ancho de fruto (AFR, cm), días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF) y rendimiento de calabacita para verdura por hectárea (REN, t·ha⁻¹)

ment, this means it remains stable through environments. In the comparison of crosses vs hybrids, parents had a vegetable yield of 33.7 t·ha⁻¹, and the crosses, a yield of 34.8 t·ha⁻¹ (average heterosis per environments).

Statistical significance was shown in varietal heterosis per environment, which indicates that the varietal heterosis

con el modelo II propuesto por Gardner y Eberhart (1966), se presentan en el Cuadro 2. Al examinar las fuentes de variación más importantes de este análisis, la significancia de heterosis x ambiente indica que la heterosis cambió a través de los ambientes. Dado que no se encontró significancia estadística en heterosis promedio por ambiente, se infiere que se mantiene estable a través de los ambientes. En la comparación de cruza vs híbridos, los progenitores obtuvieron un rendimiento de verdura de 33.7 t·ha⁻¹, y las cruza, de 34.8 t·ha⁻¹ (heterosis promedio por ambientes).

En heterosis varietal por ambiente se encontró significancia estadística, lo cual indica que la heterosis varietal de los híbridos no fue estable a través de ambientes, pero tampoco fue muy alta debido probablemente a que varios de los híbridos usados como progenitores están emparentados (cuatro de los ocho híbridos empleados como progenitores son de la misma compañía). Respecto a la interacción heterosis específica x ambiente que fue significativa revela que la heterosis de las cruza fue diferente para cada localidad.

Heterosis media (\bar{h})

La heterosis media, dado que se calcula como la diferencia entre la media de todos los híbridos F_1 (cruza dialélicas posibles entre los progenitores estudiados) y la media de todos los progenitores como tal, es un primer indicador de la existencia o no de heterosis en el conjunto de los híbridos F_1 formados (cruzamientos dialélicos), con respecto a la población de los progenitores comerciales utilizados. La existencia de heterosis media puede interpretarse como una consecuencia de la divergencia genética entre los híbridos comerciales progenitores, ya que numerosos estudios experimentales de varios autores han mostrado que a mayor divergencia genética entre los progenitores hay mayor heterosis en las cruza.

Se encontró heterosis media positiva (Cuadro 10) en todos los caracteres estudiados (REN = 1.10 t·ha⁻¹; RPP = 13.10 g·planta⁻¹; AFR = 0.10 cm; LFR = 0.50 cm; DFF = 3 días y DFM = 3 días). La existencia de heterosis positiva en todos los caracteres evaluados sugiere que en la población teórica obtenida del dialélico entre ocho híbridos comerciales de calabacita son más importantes los efectos de aptitud combinatoria específica que los de los efectos de aptitud combinatoria general. Lo anterior coincide con el análisis de varianza del análisis dialélico con la metodología de Montesinos *et al.* (2007) en el que la ACE es más importante que la ACG en los principales componentes del rendimiento de calabacita tipo Grey Zucchini (Análisis no mostrado). La heterosis media en días a floración masculina y femenina mostró efectos positivos, situación no deseada, puesto que refleja ciclos más tardíos de las cruza.

of the hybrids was not stable through environments, and it was not too high probably because many hybrids used as parents are related (four of the eight hybrids used as parents come from the same company). Regarding the interaction specific heterosis x environment that was significant, it shows that the heterosis of the crosses was different for each location.

Average Heterosis (\bar{h})

The average heterosis, since it was obtained as the difference between the average of all the hybrids F_1 (possible diallel crosses among parents studied) and the average of all the parents, is a first indicator of the existence or not of the heterosis in the set of hybrids F_1 formed (diallel crosses), with respect to the population of the commercial parents used. The existence of average heterosis may be interpreted as a consequence of the genetic divergence among parent commercial hybrids, since many experimental studies of several authors have shown that to greater genetic divergence among parents the greater heterosis in crosses.

There was positive average heterosis (Table 10) in all traits studied (YH = 1.10 t·ha⁻¹; YPP = 13.10 g·plant⁻¹; FRW = 0.10 cm; FRL = 0.50 cm; DFF = 3 days and DMF = 3 days). The existence of positive heterosis in all traits assessed suggest that in the theoretical population obtained from the diallel among eight commercial hybrids of squash, the effects of specific combining ability are more important than the effects of general combining ability. This agrees with the analysis of variance of the diallel analysis with the methodology of Montesinos *et al.* (2007) in which the ACE is more important than the GCA in the main yield components of squash type Grey Zucchini (analysis not shown). The average heterosis for days to male and female flowering showed positive effects, unwanted situation, since it reflects later cycles of crosses.

Varietal Heterosis (h_v)

The commercial hybrid 'Terminator' showed favorable positive effects of varietal heterosis in all traits assessed (Table 10), including the main yield components (RPH = 3.62 t·ha⁻¹, YPP = 63.37 g·plant⁻¹, FPP = 0.73 fruits, FRL = 0.33 cm, FRW = 0.20 cm, DFF = 1.66 days and DMF = 1.67 days). However, the positive values of varietal heterosis for days to female and male flowering are agronomically unwanted due to their later crosses. The parent 5 also showed a positive varietal heterosis for days to flowering (DFF= 0.50 and DMF = 1.67), unwanted effect, because this means late hybrids (Table 10). The rest of the parents showed negative values of varietal heterosis for days to female flowering, a situation that makes them desirable from the agricultural point of view because in their crosses remains the earliness of the parents.

Heterosis varietal (h_j)

El híbrido comercial 'Terminator' manifestó efectos positivos favorables de heterosis varietal en todos los caracteres evaluados (Cuadro 10), incluidos los principales componentes de rendimiento (RPH = 3.62 t·ha⁻¹, RPP = 63.37 g·planta⁻¹, FPP = 0.73 frutos, LFR = 0.33 cm, AFR = 0.20 cm, DFF = 1.66 días y DFM = 1.67 días). Sin embargo, los valores de heterosis varietal positivos en días a floración femenina y masculina son indeseables agrónomicamente, ya que sus cruza tienden a ser más tardías. El progenitor 5 también mostró una heterosis varietal positiva, en días a floración (DFF = 0.50 y DFM = 1.67), efecto no deseado, pues implica que produce híbridos tardíos (Cuadro 10). Los demás progenitores presentan valores negativos de heterosis varietal para días a floración femenina, situación que los hace deseables desde el punto de vista agronómico porque en sus cruza se mantiene la precocidad de los progenitores.

El híbrido 'Tala' también presentó heterosis varietal positiva en rendimiento (REN = 4.26 t·ha⁻¹, RPP = 73.51 g·planta⁻¹ y FPP = 2.11 frutos), y el híbrido 'Lolita', heterosis varietal positiva en rendimiento (REN = 0.53 t·ha⁻¹, RPP = 2.58 g·planta⁻¹ y LFR = 0.56 cm) (Cuadro 10). Los resultados de la heterosis varietal positiva tanto en los progenitores 'Terminator' (7), 'Tala' (1) y 'Lolita' (4) explican la alta productividad mostrada por sus cruza.

The hybrid 'Tala' also showed positive varietal heterosis in yield (YH = 4.26 t·ha⁻¹, YPP = 73.51 g·plant⁻¹ and FPP = 2.11 fruits), as well as the hybrid 'Lolita' (YH = 0.53 t·ha⁻¹, YPP = 2.58 g·plant⁻¹ and FRL = 0.56 cm) (Table 10). Results of the positive varietal heterosis both in parents 'Terminator' (7), 'Tala' (1) and 'Lolita' (4) explain the high productivity showed by their crosses.

The hybrid 'Dolarzini' showed the lowest varietal heterosis in yield (YH = -3.15 t·ha⁻¹, YPP = -66.0 g·plant⁻¹, FPP = -1.63 fruits, FRL = -0.51 cm and FRW = -0.16 cm, (Table 10), followed by 'Grey Zucchini de seminis' with varietal heterosis in yield (YH = -2.48 t·ha⁻¹, YPP = -34.65 g·plant⁻¹, FPP: -0.13 fruits, FRL = -0.32 cm and FRW = -0.05 cm) and 'Grey Zucchini M+M' (YH = -1.95 t·ha⁻¹, YPP = -26.65 g·plant⁻¹, FPP = -0.07 fruits, FRL = -0.15 cm and FRW = -0.12 cm).

Based on the above mentioned, for a reciprocal recurrent selection program, where additive and non-additive effects operate, the best parents for yield per plant and hectare would be 'Terminator' and 'Lolita', which showed greater varietal heterosis.

Specific heterosis (S_{ij})

The specific heterosis enables to identify high yield crosses with better agronomic results to the commercial

CUADRO 3. Rendimiento por planta (RPP g·planta⁻¹) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j) y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 3. Yield per plant (YPP g·plant⁻¹) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j) and average of hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i^z	Híbridos/ Hybrids Average
1	350.5	337.2	446.1	664.0	439.7	606.1	763.6	490.2	73.51	-0.04	535.3
2	-45.6	432.2	390.5	565.3	463.1	535.7	652.5	398.6	-34.65	-0.10	477.6
3	-25.1	-60.3	478.8	475.1	418.6	453.4	799.9	546.3	-26.65	-0.05	504.3
4	7.7	-12.9	-21.4	675.3	781.8	696.4	705.3	408.0	2.58	0.11	613.7
5	-11.5	-15.7	-53.6	22.3	527.3	494.1	600.8	682.3	13.98	-0.03	554.3
6	13.2	2.3	-17.6	27.8	-14.4	575.3	670.9	455.8	-11.35	0.06	558.9
7	27.3	8.1	33.3	16.5	-9.7	11.9	707.5	563.8	63.37	0.12	679.6
8	-24.6	-36.2	14.7	-40.6	38.5	-26.3	9.7	562.1	-66.00	-0.07	506.4
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											13.1
Promedio de progenitores / Parents average											540.7
Promedio de cruzamientos / Crosses average											553.8

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, ^z = g_i son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, Z = g_i are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 4. Frutos por planta (FPP) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j), y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 4. Fruits per plant (FPP) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j), and average of the hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio Híbridos / Hybrids Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i	
1	8.3	10.8	10.3	14.8	9.0	13.6	15.8	10.0	2.11	0.03	12.0
2	0.64	9.5	8.6	12.5	10.1	11.5	12.6	8.3	-0.13	-0.53	10.6
3	-0.87	-0.26	9.6	9.6	8.5	8.5	17.5	11.8	-0.07	-0.24	10.7
4	2.28	0.94	-0.52	13.6	13.6	13.8	13.8	8.8	-0.32	0.78	12.2
5	-1.37	-2.17	-1.78	3.07	11.0	10.3	11.1	13.6	-0.53	-0.38	10.9
6	1.96	0.74	-2.15	2.10	0.25	11.5	11.5	9.1	-0.55	0.22	11.1
7	2.15	0.23	3.76	3.19	0.16	0.09	13.6	10.3	0.73	0.57	13.1
8	-0.88	-3.12	0.27	0.43	2.41	-0.94	0.49	11.8	-1.63	-0.45	10.3
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											0.3
Promedio de progenitores / Parents average											11.1
Promedio de cruzamientos / Crosses average											11.4

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 5. Largo de fruto (LFR, cm) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j) y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 5. Fruit length (FRL, cm) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j), and average of the hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio Híbridos / Hybrids Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i	
1	11.6	10.8	11.1	13.0	12.1	13.6	12.7	12.0	-0.08	-0.03	12.2
2	-0.96	10.9	11.1	12.2	11.5	12.7	12.4	11.2	-0.32	-0.41	11.7
3	0.15	-0.28	11.5	12.5	12.0	12.5	13.5	11.8	-0.15	-0.28	12.1
4	1.17	0.77	0.45	12.4	12.8	14.2	14.0	12.7	0.56	0.29	13.1
5	0.48	-0.66	-0.37	0.18	12.1	12.9	12.2	12.0	-0.33	-0.06	12.2
6	2.51	0.79	0.16	3.82	0.48	12.2	13.0	12.4	0.55	0.33	13.0
7	0.47	0.26	2.76	2.55	0.63	1.13	12.4	12.6	0.33	0.29	12.9
8	0.09	-0.16	0.07	1.34	0.17	0.88	0.64	12.0	-0.51	-0.12	12.0
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											0.5
Promedio de progenitores / Parents average											11.9
Promedio de cruzamientos / Crosses average											12.4

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 6. Ancho de fruto (AFR, cm) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j) y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 6. Fruit Width (FRW, cm) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j), and average of the hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio Híbridos / Hybrids Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i	
1	3.9	3.7	3.9	4.0	4.2	4.0	4.4	4.0	-0.13	-0.12	4.0
2	-0.36	4.0	4.2	4.1	4.3	4.3	4.7	4.0	-0.05	-0.07	4.2
3	-0.78	-0.45	4.1	4.0	4.3	4.1	4.4	4.0	-0.12	-0.05	4.1
4	0.00	0.27	-0.15	4.0	4.6	4.3	4.3	4.1	-0.05	-0.02	4.2
5	0.45	0.72	0.70	1.10	4.4	4.2	4.8	4.2	0.08	0.13	4.4
6	0.22	0.56	0.00	0.86	0.31	4.1	4.2	4.2	0.00	-0.01	4.2
7	0.57	1.43	0.00	0.76	1.77	-0.83	4.4	4.4	0.20	0.19	4.5
8	0.06	-0.08	-0.12	-0.05	-0.19	0.21	0.22	4.2	-0.16	-0.05	4.1
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											0.1
Promedio de progenitores / Parents average											4.1
Promedio de cruzamientos / Crosses average											4.2

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 7. Días a floración femenina (DFF) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j) y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 7. Days to female flowering (DFF) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j), and average of the hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio Híbridos / Hybrids Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i	
1	42	46	48	44	50	44	52	44	-0.33	-1.43	47
2	-4.16	46	49	46	52	46	54	48	0.00	-0.13	49
3	-2.52	0.64	48	45	54	50	54	45	-1.00	0.59	49
4	0.63	-1.15	-2.27	42	46	46	50	44	-1.50	-1.81	46
5	-0.28	-0.55	-1.68	-3.41	52	52	57	54	0.50	3.56	52
6	-0.37	-0.67	0.45	0.72	-0.34	44	50	46	-0.17	-2.25	48
7	0.22	0.79	0.37	-2.48	6.32	-0.93	52	52	1.66	3.84	53
8	0.19	2.47	-0.61	0.35	4.56	0.28	-0.74	42	-0.33	-2.37	47
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											3
Promedio de progenitores / Parents average											46
Promedio de cruzamientos Crosses average											49

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 8. Días a floración masculina (DFM) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j) y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 8. Days to male flowering (DMF) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j), and average of the hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio Híbridos / Hybrids Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i	
1	45	48	50	46	52	46	54	46	-0.83	-1.55	49
2	-4.02	47	52	48	54	48	56	50	-0.50	-0.30	51
3	-2.55	0.65	50	48	56	52	56	48	0.17	0.63	52
4	0.67	-1.23	-2.29	45	49	48	52	46	-2.00	-1.80	48
5	-0.29	-0.57	-1.61	-3.22	54	55	59	56	1.67	3.63	55
6	-0.45	-0.77	0.48	0.79	-0.32	46	52	48	-0.17	-2.21	50
7	0.23	0.85	0.22	-2.56	6.20	-0.90	54	55	1.67	3.91	55
8	0.21	2.19	-0.46	0.37	4.47	0.33	-0.76	44	0.83	-2.30	50
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											3
Promedio de progenitores / Parents average											48
Promedio de cruzamientos / Crosses average											51

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 9. Rendimiento por hectárea (REN t·ha⁻¹) para progenitores (diagonal), híbridos (arriba de la diagonal), heterosis específica (S_{ij}) (debajo de la diagonal), heterosis varietal (h_j) y promedio de los híbridos de ocho progenitores de calabacita. Chapingo, México, 2007.

TABLE 9. Yield per hectare (YH t·ha⁻¹) for parents (diagonal), hybrids (above the diagonal), specific heterosis (S_{ij}) (under the diagonal), varietal heterosis (h_j), and average of the hybrids of eight parents of squash. Chapingo, México, 2007.

	Progenitores / Parents								Heterosis		Promedio Híbridos / Hybrids Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	h_j	g_i	
1	21.9	21.0	27.8	41.5	27.4	37.8	47.7	30.6	4.26	-1.22	33.4
2	-0.08	27.0	24.4	35.3	28.9	33.4	40.7	24.9	-2.48	-3.21	29.8
3	0.45	0.41	29.9	29.7	26.2	28.3	50.0	34.2	-1.95	-1.61	31.5
4	-0.17	-1.36	-1.94	42.2	48.9	43.5	44.1	29.6	0.53	3.55	38.9
5	-0.95	-0.82	-0.97	3.86**	33.8	30.8	37.5	42.6	-0.28	-0.89	34.6
6	0.15	-0.10	-2.24	2.49	-0.28	35.9	41.9	32.4	-0.40	1.76	35.4
7	0.77	-0.28	3.78**	2.91	0.77	0.07	44.2	35.2	3.62	3.78	42.4
8	1.43	-2.65	1.67	-0.17	1.82	0.35	0.56	35.1	-3.15	-2.15	32.7
Heterosis promedio (\bar{h}) / Average heterosis (\bar{h})											1.1
Promedio de progenitores / Parents average											33.7
Promedio de cruzamientos / Crosses average											34.8

Progenitores 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Huracán, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ son los efectos de aptitud combinatoria general (obtenidos con el método I de Griffing (1956b), análisis no mostrado).

Parents 1 = Tala, 2 = Grey Zucchini Seminis, 3 = Grey Zucchini M+M, 4 = Lolita, 5 = Hurakan, 6 = WA9041, 7 = Terminator, 8 = Dolarzini, $^z = g_i$ are the effects of general combining ability (obtained with the method I of Griffing (1956b), analysis not shown).

CUADRO 10. Heterosis varietal (h_j) y heterosis media (\bar{h}) de ocho híbridos comerciales de calabacita tipo Grey Zucchini. Chapingo, México. 2007.

TABLE 10. Varietal heterosis (h_j) and average heterosis (\bar{h}) of eight commercial hybrids of squash type Grey Zucchini. Chapingo, México. 2007.

PROGENITOR / PARENTS	RPP (g·planta ⁻¹) / YPP (g·plant ⁻¹)	FPP (frutos) / FPP (fruits)	LFR (cm) / FPP (fruits)	AFR (cm) / FRL (cm)	DFF (días) / DFF (days)	DFM (días) / DMF (days)	REN (t·ha ⁻¹) / YH (t·ha ⁻¹)
1. Tala	73. 51	2. 11	-0. 08	-0. 13	-0. 33	-0. 83	4. 26
2. Grey Z. seminis	-34. 65	-0. 13	-0. 32	-0. 05	0. 00	-0. 50	-2. 48
3. Grey Z. M+M	-26. 65	-0. 07	-0. 15	-0. 12	-1. 00	0. 17	-1. 95
4. Lolita	38. 57	-0. 32	0. 56	-0. 05	-1. 50	-2. 00	3. 07
5. Hurakan	13. 98	-0. 53	-0. 33	0. 08	0. 50	1. 67	-0. 28
6. WA9041	-11. 35	-0. 55	0. 55	0. 00	-0. 17	-0. 17	-0. 40
7. Terminator	63. 37	0. 73	0. 33	0. 20	1. 66	1. 67	3. 62
8. Dolarzini	-66. 00	-1. 63	-0. 51	-0. 16	-0. 33	0. 83	-3. 15
(\bar{h})	13. 10	0. 30	0. 50	0. 10	3. 00	3. 00	1. 10

RPP = Rendimiento por planta (g·planta⁻¹); FPP = Frutos por planta; LFR = Largo de fruto (cm); AFR = Ancho de fruto (cm); DFF = Días a floración femenina; DFM = Días a floración masculina; REN = Rendimiento por hectárea (t·ha⁻¹); (\bar{h}) = Heterosis media.

YPP = Yield per plant (g·plant⁻¹); FPP = Fruits per plant; FRL = Fruit length (cm); FRW = Fruit width (cm); DFF = Days to female flowering; DMF = Days to male flowering; YH = Yield per hectare (t·ha⁻¹); (\bar{h}) = Average heterosis.

CUADRO 11. Heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp} %) de 56 cruzamientos dialélicos (Modelo II Gardner y Eberhart, 1966) de ocho híbridos comerciales de calabacita tipo Grey Zucchini. Chapingo, México. 2007.

TABLE 11. Heterosis with respect to the best parent (H_{mp} %) of 56 diallel crosses (Model II Gardner and Eberhart, 1966) of eight commercial hybrids of squash type Grey Zucchini. Chapingo, México. 2007.

I (♀)	j (♂)	RPP (g·planta ⁻¹) % / YPP (g·plant ⁻¹) %	FPP (frutos) % / FPP (fruits) %	LFR (cm) % / FRL (cm) %	AFR (cm) % / FRW (cm) %	DFF (días) % / DFF (days) %	DFM (días) % / DMF (days) %	REN (t·ha ⁻¹) % / REN (t·ha ⁻¹) %
1	2	-36. 8	-15. 8	-6. 8	-7. 5	0. 0	2. 1	-36. 8
1	3	-16. 5	7. 3	-4. 3	-4. 8	-2. 1	-4. 0	-16. 5
1	4	6. 9	8. 8	4. 8	0. 0	-2. 3	-2. 2	6. 7
1	5	-20. 6	-18. 2	0. 0	-6. 6	-3. 8	-3. 7	-20. 6
1	6	6.9 7	18. 3	11. 5	-2. 4	-2. 3	-2. 2	6. 7
1	7	12. 5	16. 2	2. 4	-2. 2	-3. 8	-3. 7	12. 5
1	8	-8. 3	-15. 2	0. 0	-4. 8	-2. 3	-2. 2	-8. 3
2	1	-25. 6	-5. 3	1. 7	-2. 5	-2. 2	0. 0	-25. 6
2	3	-22. 5	-10. 4	-3. 4	2. 4	-2. 1	-2. 0	-22. 5
2	4	-9. 2	-8. 1	-1. 6	2. 5	-2. 2	-2. 1	-9. 2
2	5	-16. 3	-8. 2	-4. 9	-4. 4	3. 8	-3. 7	-16. 3
2	6	-5. 4	0. 0	4. 1	4. 8	-2. 2	-12. 9	-5. 4
2	7	-3. 8	-7. 3	0. 0	2. 2	-5. 8	-5. 5	-3. 8
2	8	-23. 8	-29. 6	-6. 6	-7. 1	-2. 2	0. 0	-23. 8
3	1	-13. 3	4. 2	1. 7	-2. 4	8. 3	-4. 0	-13. 3
3	2	-13. 3	-5. 2	-0. 9	-2. 4	-2. 1	-2. 0	-13. 3
3	4	-23. 6	-29. 4	-0. 8	-2. 4	-6. 2	-6. 0	-23. 6
3	5	-24. 4	-22. 7	-0. 8	-4. 4	7. 7	-3. 7	-24. 4

Continuación cuadro 11 / Continuation of table 11

3	6	-19.	9	-26.	1	5.	7	0.	0	-6.	2	-6.	0	-19.	9
3	7	17.	9	28.	7	0.	0	-8.	8	-1.	9	-1.	8	17.	9
3	8	4.	4	0.	0	-1.	6	-7.	1	-6.	2	-6.	0	4.	4
4	1	28.	9	19.	8	6.	5	0.	0	-2.	3	-2.	2	28.	9
4	2	-0.	7	-8.	0	-2.	4	2.	5	-2.	2	0.	0	-0.	7
4	3	-15.	2	-20.	5	-4.	8	2.	4	-4.	2	-4.	0	-15.	2
4	5	25.	6	0.0	0	3.	2	-2.	2	-3.	8	-3.	7	25.	6
4	6	11.	9	-4.	4	4.	0	4.	8	-2.	3	-2.	2	11.	9
4	7	3.	9	-5.	8	3.	2	-4.	4	-2.	3	-3.	7	3.	9
4	8	-34.	4	-35.	3	-0.	8	-2.	4	-7.	7	-2.	2	-34.	4
5	1	-23.	0	-20.	0	0.	8	-6.	6	3.	8	-3.	7	-23.	0
5	2	-18.	9	-12.	7	-4.	1	-11.	1	7.	7	-3.	7	-18.	9
5	3	-17.	2	-17.	2	-4.	1	-6.	6	5.	8	-3.	7	-17.	2
5	4	34.	1	8.	8	2.	4	-6.	6	3.	8	-3.	7	34.	1
5	6	-12.	7	-10.	4	-1.	6	-6.	6	3.	8	-3.	7	-12.	7
5	7	-11.	4	-18.	3	-1.	6	2.	2	7.	7	1.	8	-11.	4
5	8	23.	2	15.	2	-0.	8	-6.	6	3.	8	-3.	7	23.	2
6	1	26.	7	21.	7	6.	6	-2.	4	6.	9	-2.	2	26.	7
6	2	18.	5	11.	3	1.	6	0.	0	-2.	2	-2.	1	18.	5
6	3	26.	7	24.	4	0.	8	0.	0	-4.	2	-4.	0	26.	7
6	4	32.	2	1.	5	8.	1	2.	4	-4.	6	-4.	4	32.	2
6	5	-16.	1	-21.	7	2.	5	-4.	4	-7.	7	-7.	4	-16.	1
6	7	-1.	1	-15.	4	0.	0	-6.	6	-9.	6	-9.	2	-1.	1
6	8	-19.	4	-22.	8	0.	0	0.	0	0.	0	0.	0	-19.	4
7	1	10.	4	0.	0	5.	6	-4.	4	-1.	9	-1.	8	10.	4
7	2	-29.	0	-31.	6	2.	4	-6.	6	5.	8	-1.	8	-29.	0
7	3	15.	3	1.	5	0.	8	-2.	2	7.	7	-1.	8	15.	3
7	4	-13.	2	-15.	4	4.	8	-6.	6	3.	8	-3.	7	-13.	2
7	5	-25.	7	-31.	6	0.	8	2.	2	11.	5	0.	0	-25.	7
7	6	-9.	6	-24.	2	6.	5	-2.	2	3.	8	-1.	8	-9.	6
7	8	-16.	8	-24.	2	1.	6	-4.	4	0.	0	-1.	8	-16.	8
8	1	-9.	2	-10.	2	-0.	8	-7.	1	-2.	3	-2.	2	-9.	2
8	2	-11.	0	-15.	2	-4.	2	-7.	1	-4.	3	-2.	1	-11.	0
8	3	-11.	7	-12.	7	-0.	8	-4.	7	-6.	2	-6.	0	-11.	7
8	4	-23.	8	-24.	2	0.	8	-2.	4	-2.	3	-2.	2	-23.	8
8	5	-8.	8	-27.	9	3.	3	0.	0	-11.	5	-11.	1	-8.	8
8	6	-2.	4	-6.	7	5.	7	0.	0	0.	0	0.	0	-2.	4
8	7	-23.	5	-33.	0	0.	0	-2.	2	-11.	5	-11.	1	-23.	5

Clave de progenitores (I = progenitor femenino, J = progenitor masculino): 1: Tala, 2: Grey Zucchini Seminis, 3: Grey Zucchini M+M, 4: Lolita, 5: Huracán, 6: WA9041, 7: Terminator, 8: Dolarzini, RPP = Rendimiento por planta (g/planta⁻¹); FPP = Frutos por planta; LFR = Largo de fruto (cm); AFR = Ancho de fruto (cm); DFF = Días a floración femenina; DFM = Días a floración masculina; REN = Rendimiento por hectárea (t/ha⁻¹).

Parents key (I = female parent, J = male parent): 1: Tala, 2: Grey Zucchini Seminis, 3: Grey Zucchini M+M, 4: Lolita, 5: Hurakan, 6: WA9041, 7: Terminator, 8: Dolarzini, YPP = Yield per plant (g plant⁻¹); FPP = Fruits per plant; FRL = Fruit length (cm); FRW = Fruit width (cm); DFF = Days to female flowering; DMF = Days to male flowering; YH = Yield per hectare (t/ha⁻¹).

El híbrido 'Dolarzini' presentó la menor heterosis varietal en rendimiento ($REN = -3.15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, $RPP = -66.0 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$, $FPP = -1.63$ frutos, $LFR = -0.51 \text{ cm}$ y $AFR = -0.16 \text{ cm}$, (Cuadro 10), seguido de 'Grey Zucchini' de seminis con heterosis varietal en rendimiento ($REN = -2.48 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, $RPP = -34.65 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$, $FPP = -0.13$ frutos, $LFR = -0.32 \text{ cm}$ y $AFR = -0.05 \text{ cm}$) y 'Grey Zucchini M+M' ($REN = -1.95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, $RPP = -26.65 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$, $FPP = -0.07$ frutos, $LFR = -0.15 \text{ cm}$ y $AFR = -0.12 \text{ cm}$).

Con base en lo anterior, para un programa de selección recíproca recurrente, en donde se explota tanto los efectos aditivos como los no aditivos, los mejores progenitores para rendimiento por planta y por hectárea serían 'Terminator' y 'Lolita' que mostraron mayor heterosis varietal.

Heterosis específica (S_{ij})

La heterosis específica permitió identificar las cruza de alto rendimiento con mejores resultados agronómicos que los progenitores comerciales. Tres cruzamientos presentaron efectos de heterosis específica (S_{ij}) significativos en rendimiento por hectárea (Cuadro 9): 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3 x 7) ($S_{ij} 3.78^{**}$), 'Huracán' x 'Lolita' (5 x 4) ($S_{ij} 3.86^{**}$) y 'Tala' x 'Terminator' (1 x 7) ($S_{ij} 3.25^{**}$). El valor de heterosis específica positivo y significativo sugiere que su promedio fue superior al promedio esperado con base en la g_i de sus progenitores y la media general.

El mayor rendimiento por planta y por hectárea (Cuadros 3 y 9), así como el mayor número de frutos por planta y largo y ancho de fruto (Cuadros 5 y 6), lo presentaron las cruza con la mayor heterosis específica y además, con respecto al mejor progenitor (Cuadro 11).

En rendimiento por hectárea el mejor cruzamiento fue 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3 x 7) con $50.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Cuadro 9), $799.9 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$ (Cuadro 3) y 17.5 frutos por planta de calabacita (Cuadro 4) en 17 cortes acumulados, que superó en 15.3 % el rendimiento por hectárea al mejor de sus progenitores. Esto se explica en parte porque esta cruza es la que presentó la mayor heterosis tanto específica (S_{ij}) como con respecto al mejor progenitor (H_{mp}), situación que sólo permite usarla como híbrido F_1 . La cruza 'Lolita' x 'Tala' (4 x 1) promedió un rendimiento por hectárea de $50.14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ y superó 18.8 % de heterosis con respecto al mejor de sus progenitores. La cruza 'Lolita' x 'Terminator' rindió igual que el mejor de sus progenitores ($44.09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Dos de las mejores cruza, 'Lolita' x Tala (4 x 1) ($50.14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) y 'Lolita' x 'Terminator' (4 x 7) ($44.09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), se obtuvieron con progenitores que pertenecen a la misma compañía semillera, lo que indica que presentan alta divergencia genética. Mientras que la cruza 'Tala' x 'Grey Zucchini' de Seminis (1 x 2) tuvo la heterosis específica más baja, lo que sugiere que estos materiales están relacionados genéticamente.

parents. Three crosses showed significant specific heterosis (S_{ij}) effects and yield per hectare (Table 9): 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3x7) ($S_{ij} 3.78^{**}$), 'Hurakan' x 'Lolita' (5x4) ($S_{ij} 3.86^{**}$) and 'Tala' x 'Terminator' (1x7) ($S_{ij} 3.25^{**}$). The significant and positive specific heterosis value suggests its average was higher than the average expected based on the g_i of the parents and the general average.

The highest yield per plant and per hectare (Tables 3 and 9), and the highest number of fruits per plant and fruit length and width (Tables 5 and 6), was shown by crosses with the highest specific heterosis, and with respect to the best parent (Table 11).

With respect to yield per hectare, the best cross was 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3x7) with $50.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Table 9), $799.9 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ (Table 3) and 17.5 fruits per plant of squash (Table 4) and 17 accumulated cuts, surpassing by 15.3 % the yield per hectare to the best parent. This is partly because this cross showed the greatest heterosis both specific (S_{ij}) and with respect to the best parent (H_{mp}), situation that can only been used as hybrid F_1 . The cross 'Lolita' x 'Tala' (4x1) averaged a yield per hectare of $50.14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and exceeded with 18.8 % heterosis with respect to the best of its parents. The cross 'Lolita' x 'Terminator' yielded like the best of its parents ($44.09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Two of the best crosses, 'Lolita' x Tala (4x1) ($50.14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) and 'Lolita' x 'Terminator' (4x7) ($44.09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), were obtained with parents from the same seed company, indicating high genetic divergence. Meanwhile the cross 'Tala' x 'Grey Zucchini' de Seminis (1x2) had the lowest specific heterosis, suggesting that the materials are genetically related.

Heterosis with respect to the best parent ($H_{mp\%}$)

The heterosis of greater agronomic significance is that calculated with respect to the best parent. The cross with greater heterosis with respect to the best progenitor for yield per hectare, per plant and number of fruits per plant was 'Grey Zucchini' M+M x 'Terminator' (3x7) (Table 11), which exceeded with 15.3 % the yield per hectare ($44.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) and per plant ($707.58 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$), and with 1.5 % fruits per plant (13.6) to its best parent. Followed by the cross 'Lolita' x 'Hurakan' (4x5), which exceeded with 25.6 % the yield per plant ($675.3 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$) and per hectare ($42.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) with respect to the best parent.

The best cross for fruit length was 'Tala' x 'Dolarzini' (1x6) (Table 5), with an heterosis with respect to the best parent of 11.5 % followed by the cross 'WA9041' x 'Lolita' (6x4) (8.1 % de H_{mp}) (Table 11). No significant effects ($P \leq 0.05$) of H_{mp} for width fruit were found.

With respect to female and male flowering, a positive heterosis was shown with respect to the best parent in the

Heterosis respecto al mejor progenitor ($H_{mp\%}$)

La heterosis de mayor significado agronómico es la que se calcula con respecto al mejor progenitor. La cruza con mayor heterosis con respecto al mejor progenitor en rendimiento por hectárea, por planta y número de frutos por planta fue 'Grey Zucchini' M+M' x 'Terminator' (3 x 7) (Cuadro 11), la cual superó en 15.3 % el rendimiento por hectárea ($44.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) y por planta ($707.58 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$), y en 1.5 % en frutos por planta (13.6) a su mejor progenitor. Le sigue la cruza 'Lolita' x 'Huracán' (4 x 5), que superó en 25.6 % el rendimiento por planta ($675.3 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$) y por hectárea ($42.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) con respecto a su mejor progenitor.

La mejor cruza para largo de fruto fue 'Tala' x 'Dolarzini' (1 x 6) (Cuadro 5), con una heterosis con respecto al mejor progenitor de 11.5 % seguida de la cruza 'WA9041' x 'Lolita' (6x4) (8.1 % de H_{mp}) (Cuadro 11). No se encontraron efectos significativos ($P \leq 0.05$) de H_{mp} en ancho de fruto.

En floración femenina y masculina, se encontró heterosis positiva respecto al mejor progenitor en la cruza 'Huracán' x 'Terminator' (5 x 7) (DFF, 7.7% de H_{mp}) y (DFM, 1.8 % de H_{mp}), tanto para días a floración femenina, como para días a floración masculina. Esto significa que las cruzas (de efectos positivos) son más tardías que el progenitor más tardío, lo cual agronómicamente no es deseable, por lo que son preferibles las cruzas con heterosis negativa, las más precoces. En este sentido, la mayoría de las cruzas donde intervinieron como progenitores los híbridos 'Tala', 'Lolita' y 'WA9041' presentaron valores negativos en su mayoría en heterosis con respecto al mejor progenitor, lo cual indica que, en general, las cruzas donde intervienen estos progenitores tienen igual calidad agronómica y precocidad que sus progenitores.

Las tres cruzas más precoces, con 44 días a floración femenina, fueron 'Lolita' x 'Tala' (4 x 1), 'WA9041' x 'Tala' (6 x 1), 'Dolarzini' x 'Tala' (8 x 1) (Cuadro 7), resultado que es consistente con las respectivas heterosis negativas ($4 \times 1 = -2.3$, $6 \times 1 = -6.9$, $8 \times 1 = -2.3$ días) (Cuadro 11) que reflejan precocidad en dichas cruzas. Mientras que las más tardías fueron las cruzas 'Terminator' x 'Huracán' (7 x 5), 'Terminator' x 'Grey Zucchini de seminis' (7 x 2) y 'Huracán' x 'Grey Zucchini M+M' (5 x 3) (Cuadro 8), con valores positivos de heterosis con respecto al mejor progenitor ($7 \times 5 = 11.5 \%$; $7 \times 2 = 5.8 \%$ y $5 \times 3 = 5.8 \%$) (Cuadro 11).

Finalmente, en rendimiento por hectárea, las cruzas mejores en heterosis con respecto al mejor progenitor fueron 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3 x 7) (17.9 % H_{mp}), 'Lolita' x 'Huracán' (4 x 5) (25.6 % H_{mp}) y 'Terminator' x 'Tala' (7 x 5) (10.4 % H_{mp}) (Cuadro 11). Los resultados del presente estudio en calabacita tipo Grey Zucchini coinciden con los de Ruiz *et al.* (2004) en calabaza (*Cucurbita moschata*

cross 'Hurakan x 'Terminator' (5x7) (DFF, 7.7% of H_{mp}) and (DMF, 1.8% de H_{mp}), both for days to female flowering and days to male flowering. This means that the crosses (with positive effects) are later than the latest parent, which is agronomically unwanted, therefore the crosses with negative heterosis, the earliest, are better. In this sense, most of the crosses, where the hybrids 'Tala', 'Lolita' and 'WA9041' participated as parents, showed negative values mostly heterosis with respect to the best parent, which indicates that, in general, crosses where these parents participate have the same agronomic quality and precocity that the parents.

The earliest crosses, with 44 days to female flowering were 'Lolita' x 'Tala' (4x1), 'WA9041' x 'Tala' (6x1), 'Dolarzini' x 'Tala' (8x1) (Table 7), which is consistent with the respective negative heterosis ($4 \times 1 = -2.3$, $6 \times 1 = -6.9$, $8 \times 1 = -2.3$ days) (Table 11) that reflects precocity in these crosses. On the other hand, the latest crosses were 'Terminator' x 'Hurakan' (7 x 5), 'Terminator' x 'Grey Zucchini de seminis' (7x2) and 'Hurakan' x 'Grey Zucchini M+M' (5x3) (Table 8), with positive heterosis values with respect to the best parent ($7 \times 5 = 11.5 \%$; $7 \times 2 = 5.8 \%$ y $5 \times 3 = 5.8 \%$) (Table 11).

Finally, for yield per hectare, the best crosses in heterosis with respect to the best parent were 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3x7) (17.9 % H_{mp}), 'Lolita' x 'Hurakan' (4x5) (25.6 % H_{mp}) and 'Terminator' x 'Tala' (7x5) (10.4 % H_{mp}) (Table 11). Results of the present study on squash type Grey Zucchini agree with those of Ruiz *et al.* (2004) on squash (*Cucurbita moschata* Duch), Martínez (2004) and Magaña (2006) on tomato (*Lycopersicon esculentum*), who found diallel crosses among commercial parents that exceeded parent commercial hybrids

CONCLUSIONS

Significant heterosis was shown in crosses between commercial hybrids of squash type Grey Zucchini using the model II of Gardner and Eberhart (1966) for the main yield components (fruit length, yield per plant and per hectare).

The hybrids with the greater varietal effects for yield per plant and per hectare were 'Terminator', 'Lolita' and WA9041, and the crosses among hybrids that showed greater specific heterosis were 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3x7), 'Hurakan' x 'Lolita' (5x4) and 'Tala' x 'Terminator' (1x7). These crosses can be recommended to be used as hybrids for double crosses and in a breeding program to exploit the effects of dominance by means of cyclic hybridization.

The crosses 'WA9041' x 'Lolita' (6x4) and 'WA9041' x 'Tala' (6x1) showed significant effects in specific heterosis for fruit length.

Duch), Martínez (2004) y Magaña (2006) en jitomate (*Lycopersicon esculentum*), quienes encontraron cruzamientos dialélicos entre progenitores comerciales que superaron a los híbridos comerciales progenitores.

CONCLUSIONES

Se encontró heterosis significativa en las cruzas entre híbridos comerciales de calabacita tipo Grey Zucchini con el modelo II de Gardner y Eberhart (1966) para los principales componentes del rendimiento (largo de fruto, rendimiento por planta y por hectárea).

Los híbridos con los mayores efectos varietales para rendimiento por planta y por hectárea fueron 'Terminator', 'Lolita' y WA9041, y las cruzas entre híbridos que presentaron mayor heterosis específica fueron 'Grey Zucchini M+M' x 'Terminator' (3 x 7), 'Huracán' x 'Lolita' (5 x 4) y 'Tala' x 'Terminator' (1 x 7). Estas cruzas pueden ser recomendadas por su uso como híbridos de cruce doble y en un programa de mejoramiento genético para aprovechar los efectos de dominancia mediante hibridación cíclica.

Las cruzas 'WA9041' x 'Lolita' (6 x 4) y 'WA9041' x 'Tala' (6 x 1) mostraron efectos significativos en heterosis específica en largo de fruto.

Las tres cruzas más precoces fueron 'Lolita' x 'Tala' (4 x 1), 'WA9041' x 'Tala' (6 x 1), 'Dolarzini' x 'Tala' (8 x 1), y la más tardía fue 'Terminator' x 'Huracán' (7 x 5).

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 2008. Superficie, producción y rendimiento de calabazas en el mundo. Food and Agriculture Organization. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22(3): 439-452. <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2528181.pdf>
- GARDNER, C. O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotecnia Latinoamericana*. 4(2): 1-12. <http://hdl.handle.net/2027/coo.31924066717384>
- GRIFFING, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10: 31-50. doi:10.1038/hdy.1956.2
- GRIFFING, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Austr. J. Biol. Sci.* 9:463-493. http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=BI9560463.pdf
- MAGAÑA L., N. 2006. Comportamiento productivo de poblaciones F₂ y heterosis intervarietal en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado a un racimo. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Horticultura. Fitotecnia. Chapingo. México. 83 p.
- MACHADO, R.; MIRANDA, J. B. 2003. Heterosis expression in crosses between maize populations. year yield. *Scientia Agricola* 60(3):519-524. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v60n3/16407.pdf>
- MARTÍNEZ S., J. 2004. Heterosis intervarietal y uso de generaciones F₂ de híbridos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Fitotecnia. Chapingo. México. 88 p.
- MONTESINOS L., O. A.; MASTACHE L., A. A.; LUNA E., I.; HIDALGO C., J. V. 2007. Mejor predictor lineal e insesgado combinado para aptitud combinatoria general y análisis combinado de los diseños uno y tres de Griffing. *Téc. Pecu. Méx.* 45(2):131-146. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200705295738.pdf>
- MURRAY, L. W.; RAY I. M.; DONG, H.; SEGOVIA-LERMA, A. 2003. Clarification and reevaluation of population-based diallel analyses: Gardner and Eberhart analyses II and III revisited. *Crop Science*. 43(2):1930-1937. doi:10.2135/cropsci2003.1930
- PÉREZ, J. C.; CEBALLOS, H.; PANDEY, S.; DÍAS, C. 1995. Analysis of diallel crosses among Colombian landraces and improved populations of maize. *Crop Science* 35(1):572-578. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500020048x
- RUIZ E.; SIGARROA A.; CRUZ J., A. 2004. Análisis dialélico del rendimiento y sus principales componentes en variedades de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch) I Tabla dialélica de Griffing. *Biología* 18: 65-73. <http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/archives/D0864349/0181065.dir/08643490181065.pdf>

End of English Version