

HETEROSIS INTERVARIETAL EN JITOMATE SALADETTE (*Solanum lycopersicum* L.)

Juan Martínez-Solís; Aureliano Peña-Lomelí; Juan Enrique Rodríguez-Pérez;
Jaime Sahagún-Castellanos; Margarita Gisela Peña-Ortega*

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, km 38.5 Carretera México-Texcoco,
Chapingo, Estado de México, MÉXICO. C. P. 56230. Tel. y Fax 01 5959521642.
Correo-e: mgise@excite.com (*Autor para correspondencia)

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la utilidad de híbridos de jitomate como progenitores potenciales para un programa de mejoramiento, dos diseños dialélicos 5 x 5 (Griffing II) fueron desarrollados usando dos tipos de jitomate saladette de hábito determinado e indeterminado. Para la variable peso de fruto (PF), el híbrido DG05 de hábito determinado mostró buena aptitud combinatoria específica (ACE) y alta heterosis intervarietal (HI), mientras que el híbrido DG03 tuvo alta aptitud combinatoria general (ACG); por lo que ambos híbridos tienen buen potencial para ser utilizados como materiales base para programas de mejoramiento por hibridación y selección, respectivamente. Para los materiales de hábito indeterminado, IG01 y IG04 mostraron los valores más altos de ACG así como buena ACE entre ellos para PF; por lo que ambos podrían ser utilizados en programas de mejoramiento por selección e hibridación.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Diseños dialélicos, aptitud combinatoria, mejoramiento vegetal, cruzas, heterosis específica.

INTERVARIETAL HETEROSIS IN SALADETTE TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)

ABSTRACT

In order to evaluate the usefulness of tomato hybrids as potential progenitors for a breeding program, two 5 x 5 diallel designs (Griffing II) were developed using two types of saladette tomato: determinate and indeterminate growth habits. For fruit weight per plant (FW), the determinate growth habit hybrid DG05 showed good specific combining ability (SCA) and high intervarietal heterosis (IH), while DG03 hybrid had high general combining ability (GCA); therefore, both hybrids have good potential for use as foundation parents in hybridization and selection breeding programs, respectively. For the saladette indeterminate growth habit type, IG01 and IG04 hybrids showed the highest GCA values in addition to good SCA between them for FW; therefore, they could be used for both selection and hybridization breeding programs.

ADDITIONAL KEYWORDS: Diallel designs, combining ability, plant breeding, crosses, specific heterosis.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el consumo mundial *per capita* de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en fresco o procesado se ha incrementado significativamente, haciendo de este cultivo el segundo vegetal más importante a nivel mundial. En consecuencia, en varios países también se ha incrementado la producción agrícola, en algunos de ellos sobre todo en condiciones de invernadero (DeGiglio, 2003).

De la inversión total necesaria para cultivar jitomate, una parte importante (aproximadamente el 20 %) (Martínez *et al.*, 2005) se utiliza en la compra de semilla importada de variedades comerciales, producida principalmente por compañías transnacionales que la venden a altos precios. Por lo que algunos programas de investigación institucionales financiados públicamente han iniciado programas de mejoramiento genético de jitomate con el objetivo de desarrollar variedades e híbridos que puedan ser usados por los productores locales a bajo costo.

Los tipos de progenitores que se pueden usar para un programa de mejoramiento genético incluyen poblaciones de amplia base genética, tales como las variedades locales o las colecciones de germoplasma, de las cuales a través de la selección recurrente se pueden obtener variedades mejoradas. Además, las variedades comerciales tales como los híbridos simples y las variedades sintéticas podrían ser utilizadas para diversificar la reserva genética inicial y como población base (Kannenberg y Falk, 1995).

Para cultivos de grano como maíz, la utilización de semillas provenientes de cruza entre híbridos comerciales ha sido recomendada como una alternativa más económica para productores maiceros debido al menor costo de la semilla y buenos niveles de producción de grano ocasionados por la heterosis residual (Villanueva *et al.*, 1994).

Con objeto de poder identificar materiales con buen potencial para ser usados como progenitores base para un programa de mejoramiento genético, los métodos de análisis estadístico y genético permiten la estimación de parámetros genéticos que a su vez definen el tipo de acción génica más importante controlando el carácter bajo consideración (Vega, 1988). Los genes con efectos aditivos y de dominancia son esenciales en el control genético de caracteres de importancia agronómica, pero para propósitos de mejoramiento, la estimación de la contribución relativa de ambos tipos de acción génica es crucial para decidir la estrategia a usar, selección recurrente o hibridación, para alcanzar los mejores resultados en el desarrollo de productos de mejoramiento (Lynch y Walsh, 1998).

Los diseños de apareamiento han sido ampliamente utilizados para obtener información genética valiosa para los fitomejoradores (Gardner y Eberhart, 1966). Griffing (1956) propuso cuatro distintos diseños de apareamiento, algunos consideran la existencia de efectos maternos y por tanto incluyen las cruza directas y recíprocas, mientras que los diseños II y IV incorporan la evaluación de poblaciones autofecundadas (Lynch y Walsh, 1998).

INTRODUCTION

During the last few years, *per capita* consumption of fresh and canned tomato (*Solanum lycopersicum* L.) has increased significantly, making this crop the second most important vegetable worldwide. Consequently, crop production in several countries has also increased, in some of them mostly under greenhouse conditions (DeGiglio, 2003).

From the total economic investment needed to grow tomato, an important share of it (approximately 27 %) (Martínez *et al.*, 2005) is used to buy imported seed of commercial varieties, produced mainly by transnational companies that sell it at high prices. Thus, some publicly-funded national research institutions have started tomato breeding programs, in order to develop varieties and hybrids that could be used by local producers at low costs.

The original materials that could have good potential as foundation progenitors for a breeding program include wide genetic base populations, such as landraces or germplasm collections, from which through recurrent selection improved varieties can be obtained. In addition, commercial varieties such as single cross hybrids and synthetic varieties could be used to diversify the initial genetic pool to be used as the foundation population (Kannenberg and Falk, 1995).

For grain crops like maize, the use of seed from crosses among commercial hybrids had to be recommended as a less expensive alternative for maize producers due to the lower cost of the seed and still good levels of grain production due to residual heterosis (Villanueva *et al.*, 1994).

In order to be able to identify materials with good potential to be used as foundation parents for a breeding program, statistical and genetic analysis methods allow the estimation of genetic parameters that in turn define the most important kind of gene action for the trait under consideration (Vega, 1988). Additive and dominance genes are essential in the genetic control of agronomical important traits, but for breeding purposes, the estimation of the relative contribution of both types of gene action is crucial in order to decide which approach, recurrent selection or hybridization, will achieve the best results on the development of breeding products (Lynch and Walsh, 1998).

Mating designs have been extensively used to obtain valuable genetic information by plant breeders (Gardner and Eberhart, 1966). Griffing (1956) proposed four different diallel mating designs, some of them regarded as having maternal effects and therefore include both direct and reciprocal crosses, while designs II and IV incorporate the evaluation of the selfed populations (Lynch and Walsh, 1998).

Even though the theoretical basis of heterosis remains unclear, the lack of precise knowledge about this phenomenon has not prevented the exploitation of hybrid vigor for food production (Reeves *et al.*, 1999; Birchler *et al.*, 2006).). The term heterosis was coined by Shull (1948) as "... the interpretation of increased vigor, size, fruitfulness, speed

Aun cuando a la fecha las bases teóricas de la heterosis han permanecido inciertas, la falta de un conocimiento preciso acerca de este fenómeno no ha evitado la explotación del vigor híbrido en la producción de alimentos (Reeves *et al.*, 1999; Birchler *et al.*, 2006). El término heterosis fue acuñado por Shull (1948) como "... la interpretación del mayor vigor, tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a plagas y enfermedades o a factores climáticos adversos de cualquier tipo, expresado por los organismos producto de cruzamiento en comparación con sus progenitores endogámicos, como resultado de la disimilitud genética de los gametos parentales", conocida como la teoría de la sobredominancia. Otra explicación alternativa de la heterosis establece que el grado de heterosis obtenido está en función directa del número de loci dominantes; esta teoría explica tanto la heterosis como el fenómeno contrario de la depresión endogámica causada por consanguinidad. Esta teoría es conocida como la teoría de la dominancia (Lamkey y Edwards, 1999).

Jones (1917) también propuso una teoría para explicar la heterosis, es decir, que un gran número de genes son responsables de la diferenciación de la mayoría de los caracteres cuantitativos y que los genes favorables para la mayor expresión de dichos caracteres son al menos parcialmente dominantes (Lynch y Walsh, 1998).

El análisis de resultados que incluyen un amplio rango de materiales, cultivos y ambientes ha demostrado marcadas diferencias en el comportamiento agronómico, y en consecuencia, sobre los niveles de heterosis, haciendo necesaria la utilización de alguna de las dos teorías para la explicación de la heterosis práctica obtenida en los programas de mejoramiento (Falconer y Mackay, 2006).

La hibridación en cultivos autógamos no siempre tiene como objetivo incrementar los rendimientos sino conjuntar caracteres complementarios u obtener uniformidad y reproducibilidad en caracteres productivos importantes (Lamkey y Edwards, 1999). Sin embargo, en el caso del jitomate se han encontrado evidencias de sobredominancia causando heterosis en rendimiento (Kurian *et al.*, 2001; Semes *et al.*, 2006).

Los objetivos de este estudio fueron evaluar los niveles de heterosis intervarietal para cruzas entre híbridos de jitomate de hábito determinado e indeterminado tipo saladette, así como estimar el principal tipo de acción génica controlando el peso de fruto en los materiales evaluados para identificar aquéllos con buen potencial para ser utilizados como progenitores originales dentro de programas de mejoramiento por selección e hibridación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diez híbridos comerciales de jitomate tipo saladette fueron divididos en dos grupos de acuerdo a su hábito de crecimiento: determinado e indeterminado (Cuadro 1). De acuerdo con el diseño II de Griffing se realizaron todas las cruzas simples posibles dentro de cada grupo.

of development, resistance to disease and to insect pests, or to climate rigors of any kind, manifested by crossbred organisms as compared with corresponding inbreds, as the specific results of unlikeness in the constitution of the uniting parental gametes," and this theory is known as the overdominance theory. An alternative explanation of heterosis establishes that the degree of obtained heterosis is a direct function of the number of dominant loci; this theory explains both heterosis and the opposite phenomenon: inbreeding depression caused by consanguinity. This theory is known as the dominance theory (Lamkey and Edwards, 1999).

Jones (1917) also proposed a theory for the explanation of heterosis, namely that a large number of genes are responsible for the differentiation of most quantitative traits, and those genes favorable to the production of the desirable quantitative character are at least partially dominant (Lynch and Walsh, 1998).

The analysis of data covering a wide range of materials, crops, and environments has shown marked differences on agronomic performance, and consequently on heterosis levels, making it necessary to use either one of the two theories for the explanation of the practical heterosis achieved by breeding programs (Falconer and Mackay, 2006).

Hybridization in selfed pollinated crops does not always pursue the aim of increased yields, but brings together complementary traits or obtains uniformity and reproducibility on important crop production characters (Lamkey and Edwards, 1999). However, in the case of tomato, evidence of overdominance causing heterosis in yield has been found (Semel *et al.*, 2006).

The purposes of this study were to evaluate intervarietal heterosis levels for crosses among distinct determinate and indeterminate growth habit saladette tomato hybrids, and to estimate the main types of gene action controlling fruit weight in all materials, in order to identify those with good potential to be used as foundation parents for selection and hybridization breeding programs.

MATERIALS AND METHODS

Ten commercial saladette tomato hybrids were divided into two groups, according to their growth habit type: determinate and indeterminate (Table 1). According to Griffing II design, all possible crosses among each group were performed.

In order to make the diallel crosses needed for each of the two growth habit groups, six plants of each progenitor were transplanted to be managed under hydroponics and greenhouse conditions at Chapingo, Mexico, during fall, 2002. Plastic bags were placed 50 cm apart aligned on 1.4 m wide rows, to perform all possible controlled crosses among them. Artificial crosses were made using methodology described by Pérez *et al.* (1998).

Con el objetivo de realizar las cruzas dialélicas necesarias dentro de cada uno de los grupos por hábito de crecimiento, seis plantas de cada progenitor fueron trasplantadas para ser manejadas bajo condiciones hidropónicas en invernadero en Chapingo, México, durante el otoño de 2002. Las bolsas de plástico fueron colocadas a una distancia de 50 cm alineadas en hileras de 1.4 m de ancho y se realizaron todas las posibles cruzas controladas entre ellas. Las cruzas artificiales fueron realizadas usando el método de Pérez *et al.* (1998).

Los dos dialélicos incluyendo los cinco progenitores y sus quince cruzas, uno por cada hábito de crecimiento, fueron evaluados bajo condiciones de hidroponía en invernadero durante la primavera de 2003, bajo un diseño de bloques completos al azar con diez repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por una bolsa de plástico negro de diecisiete litros de capacidad llena con tezontle fino como sustrato. En ambos experimentos las bolsas de plástico fueron colocadas a 50 cm entre plantas y 75 cm entre hileras. Las plantas fueron trasplantadas treinta y tres días después de la siembra; las plantas de hábito indeterminado fueron mantenidas a un tallo y no más de seis racimos, mientras que las plantas de hábito determinado fueron manejadas a dos tallos con tres racimos cada uno. Todas las plantas fueron tutoradas con rafia a partir de que alcanzaron 50 cm de altura.

El riego fue automatizado y proporcionó dos riegos por día (9:00 y 11:00 h) de aproximadamente quince minutos cada uno. Durante las primeras dos semanas después del trasplante, la solución nutritiva, preparada de acuerdo a lo propuesto por Pérez y Castro (1999), fue suministrada diluida al 50 %; posteriormente, la solución se aplicó al 100 % manteniendo esta condición hasta el término del cultivo. La cosecha se realizó cuando el fruto alcanzó su madurez comercial en cortes con espaciamientos de 7 a 10 días entre cada uno, en los que se evaluó: Peso total de fruto por planta en gramos (PT); Número total de frutos por planta (FT); Peso promedio de fruto en gramos (PPF), obtenido como el cociente del peso total de fruto por planta entre el número total de frutos por planta.

Para cada dialélico, de acuerdo con el modelo de efectos fijos del diseño dialélico II de Griffing (1956), se realizaron los análisis de varianza para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para cada carácter, usando el programa para SAS propuesto por Zhang y Kang (1997). Los datos también fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) y se realizaron pruebas de contrastes ortogonales entre las cruzas y el mejor progenitor así como con respecto al promedio de progenitores.

La heterosis se estimó usando el modelo II de Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967) correspondiente al diseño dialélico II de Griffing con cruzas entre poblaciones, de la siguiente forma.

CUADRO 1. Híbridos comerciales de jitomate tipo saladette evaluados como progenitores potenciales (Pi) clasificados por hábito de crecimiento.

TABLE1. Commercial saladette tomato hybrids evaluated as potential progenitors (Pi) classified by growth habit.

Determinado / Determinate		Indeterminado / Indeterminate	
Pi	Genotipo	Pi	Genotipo
1	DG01	1	IG01
2	DG02	2	IG02
3	DG03	3	IG03
4	DG04	4	IG04
5	DG05	5	IG05

The two diallels, including the five progenitors and their fifteen crosses, one for each growth habit, were evaluated under hydroponics and greenhouse conditions during spring of 2003, using a randomized complete block design with ten replications. The experimental unit consisted of one 17-liter black plastic bag, filled with fine basalt as substrate. For both experiments, the plastic bags were arranged at 50 cm between plants and 75 cm between rows. Plants were transplanted 33 days after sowing; indeterminate growth habit plants were kept with only one stem and no more than six bunches, while the determinate growth habit plants were managed at two stems with three bunches each. All plants were supported when they reached a 50 cm height.

The irrigation system was time controlled, with two 15-minute applications per day (at 9:00 and 11:00 hrs.). During the first two weeks after transplant, a 50 % dilution of Pérez and Castro (1999) nutritive solution was used; afterwards undiluted solution was applied. Fruits were harvested when they reached commercial maturity. Harvests were done at seven- to ten-day intervals. The measured traits were total fruit weight per plant (FW), total fruit number per plant (FN), and average fruit weight in grams (AFW), obtained from the ratio between total fruit weight and total fruit number per plant.

For each diallel design, according to Griffing II (1956) fixed effects model, variance analyses were performed in order to estimate general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for each trait, according to the proposal by Zhang and Kong (1997). In addition, multiple comparisons of means (Tukey, $P \leq 0.05$) and orthogonal contrasts between crosses and average progenitor and best progenitor were conducted.

Heterosis was calculated using Gardner and Eberhart's (1966) and Gardner's (1967) model II that corresponds to Griffing II diallel design, with interpopulation crosses, as follows:

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

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

Donde:

Y_{ij} = media del progenitor cuando $i = j$ y media de la cruce cuando $i \neq j$

$\mu_v = \bar{Y}_v$ = promedio de progenitores

V_i = efecto varietal de la i ésima variedad

V_j = efecto de la variedad en la j ésima variedad

θ = cero cuando $i = j$; $\theta = 1$ cuando $i \neq j$

h_{ij} = efecto de heterosis en la cruce entre variedades i y j

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

Donde:

\bar{h} = heterosis media

h_i = heterosis varietal para la variedad i

h_j = heterosis varietal para la variedad j

s_{ij} = heterosis específica para la cruce entre las variedades i y j

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

Donde:

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

\bar{Y}_v = media de todos los progenitores

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

Donde:

n = número de progenitores

\bar{Y}_i = media de las cruces del progenitor i ;

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

Y_i = media del progenitor i ;

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

$$s_{ij} = Y_{ij} + \left(\frac{n}{n-2} \right) \bar{Y}_H - \left(\frac{n-1}{n-2} \right) (\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)$$

Donde:

Y_{ij} = media de cada cruce ij ;

n = número de progenitores

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

\bar{Y}_i = media de las cruces del progenitor i ;

\bar{Y}_j = media de las cruces del progenitor j ;

Where:

Y_{ij} = progenitor mean when $i = j$ and cross mean when $i \neq j$

$\mu_v = \bar{Y}_v$ = progenitors average mean

V_i = i -th variety effect

V_j = j -th variety effect

θ = zero when $i = j$; $\theta = 1$ when $i \neq j$

h_{ij} = heterosis effect for the cross between varieties i and j

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

Where:

\bar{h} = mean heterosis

h_i = varietal heterosis for variety;

h_j = varietal heterosis

s_{ij} = specific heterosis of the cross between varieties i and j

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

Where:

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

\bar{Y}_v = progenitors average mean;

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

Where:

n = progenitors number

\bar{Y}_i = mean of crosses for progenitor i ;

\bar{Y}_H = mean of all crosses;

Y_i = progenitor i 's mean;

\bar{Y}_v = mean of all progenitors.

$$s_{ij} = Y_{ij} + \left(\frac{n}{n-2} \right) \bar{Y}_H - \left(\frac{n-1}{n-2} \right) (\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)$$

Where:

Y_{ij} = mean of each ij cross;

n = progenitors number;

\bar{Y}_H = mean of all crosses;

\bar{Y}_i = mean of the progenitor i crosses ;

\bar{Y}_j = mean of the progenitor j crosses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2) muestran que las cruzas presentaron un efecto significativo en todos los caracteres evaluados con excepción del número de frutos totales en los genotipos tipo saladette de hábito determinado. La descomposición de esos efectos mostró que la variación atribuida a la ACG fue diferente de cero para peso total de fruto (PT) en ambos grupos y para peso promedio de fruto (PF) sólo para los materiales tipo saladette determinado (SD). Los efectos de la ACE sólo fueron significativos para PPF en los tipos indeterminados.

Los coeficientes de variación fueron altos para FT y PPF, superiores al 26 %, lo cual refleja la alta variabilidad en tamaño de fruto presente dentro del mismo progenitor; sin embargo, la variación observada para rendimiento por planta (PT) tuvo un coeficiente muy pequeño.

Saladette Determinado

Los progenitores y sus cruzas se presentan en el Cuadro 3. Para la producción total por planta PT, aunque la cruza 12 (3x5) rindió estadísticamente lo mismo que sus padres, superó a las cruzas 4 (1x4) y 12 (4x5), así como al híbrido GD04.

Para el resto de los caracteres evaluados, frutos por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF), desde el punto de vista estadístico no se presentaron diferencias que representen una tendencia obvia debido a que sólo dos cruzas, cruza 9 (2x5) y cruza 4 (1x4), se comportaron de manera distinta al resto ($\alpha = 0.05$). Estos resultados indican que este grupo de progenitores no es útil para producir cruzas que superen el comportamiento de sus progenitores.

El progenitor GD04 presentó el peor comportamiento para PT y PPF, lo cual como consecuencia afectó negativamente el rendimiento observado en las cruzas en que participó este progenitor.

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis de varianza del dialélico II de Griffing para tres caracteres de jitomate tipo saladette.

TABLE 2. Mean squares from the analysis of variance for Griffing's diallel II for three traits of saladette tomato.

FV / SV	GL / DF	Saladette determinado / Determinate saladette			Saladette indeterminado / Indeterminate saladette		
		PT / TP ($\times 10^3$)	FT / TF	PPF / AFW	PT / TP ($\times 10^3$)	FT / TF	PPF / AFW
Reps	9	321.4	366.4	131.0	102.8	406.0	193.0
Cruzas/Crosses	14	878.4*	245.1	279.0*	288.4*	603.0*	251.0*
ACG/GCA	4	239.4*	387.4	628.0*	601.5*	1607.0	257.5
ACE/ECA	10	271.9	188.2	140.0	163.2	201.0	248.8*
Error	126	257.7	196.0	99.7	112.5	216.0	117.0
Total	149						
Medias/Means		1.67	48.5	35.5	1.127	47.4	26.1
CV		0.03	28.8	28.0	0.029	31.0	41.4

FV: Fuentes de variación; GL: grados de libertad; PT: producción total por planta (g); FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto (g); ACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica; *: significancia a una $P \leq 0.05$; CV: coeficiente de variación.

SV: sources of variation; DF: degrees of freedom; TP: total production per plant (g); TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight (g); GCA: general combining ability; SCA: specific combining ability; *: significance for $P \leq 0.05$; CV: coefficient of variation.

RESULTS AND DISCUSSION

From the analysis of variance (Table 2), the crosses had a significant effect on the performance of the evaluated traits, with one exception, total fruit number on determinate saladette. The decomposition of these effects showed that variation attributed to GCA was different from zero for total production per plant (TP) in both groups, and for FW only for determinate tomato. For SCA, only AFW in the indeterminate group presented significant variation.

Coefficients of variation were high for TF and AFW, above 26 %, which reflects the high variability on fruit size present in the same progenitor; however, the observed variation for TP had a very small variation coefficient.

Determinate saladette varieties

Progenitors and crosses means are presented in Table 3. For total production per plant (TP), even though cross 12 (3x5) yielded statistically the same as their parents, it surpassed crosses 4 (1x4) and 12 (4x5), and also the DG04 hybrid.

For the other evaluated traits, total fruits per plant (TF) and average fruit weight (AFW), from the statistical point of view there were no differences that represented an obvious trend for these traits because just two crosses, cross 9 (2x5) and cross 4 (1x4), behaved differently from the rest ($\alpha = 0.05$). These results indicate that this group of progenitors was not useful to produce crosses with better performance than their parents.

The DG04 progenitor had the poorest performance for TP and AFW, which in turn negatively affected the observed yield in crosses where this progenitor participated.

When the progenitors are analyzed separately (Table 4), the highest estimation of GCA on TP and TF was for DG03, while for AFW progenitor DG02 had the best performance.

CUADRO 3. Medias de cinco híbridos de jitomate tipo saladette de hábito determinado (Hi x Hj) y sus cruzas en un dialélico II de Griffith para producción total por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF).

TABLE 3. Means of five commercial determinate saladette tomato hybrids (Hi x Hj) and their crosses for a Griffith diallel II for total production per plant (TP), total fruits per plant (TF) and average fruit weight (AFW).

Cruzas / Crosses	Hi	Hj	Caracteres / Traits		
			PT/TP (g)	FT/TF	PPF/AFW (g)
1	1	1	1789.3 abc ⁱ	49.1 a	37.3 ab
2	1	2	1586.7 abc	46.8 a	34.7 ab
3	1	3	1900.3 abc	47.8 a	40.9 ab
4	1	4	1273.4 bc	49.0 a	26.3 b
5	1	5	2000.0 ab	50.8 a	40.5 ab
6	2	2	2004.2 ab	41.3 a	40.3 ab
7	2	3	1742.1 abc	49.2 a	35.7 ab
8	2	4	1429.2 abc	47.2 a	32.6 ab
9	2	5	1992.0 ab	49.6 a	43.6 a
10	3	3	1645.4 abc	54.0 a	37.6 ab
11	3	4	1562.4 abc	59.4 a	28.4 ab
12	3	5	2105.0 a	53.3 a	40.9 ab
13	4	4	1129.5 c	38.7 a	29.4 ab
14	4	5	1345.6 bc	46.5 a	30.2 ab
15	5	5	1559.7 abc	45.8 a	34.5 ab
DMSH/ HSD			519.0	22.7	16.7

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: DG01; 2: DG02; 3: DG03; 4: DG04; 5: DG05: medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: DG01; 2: DG02; 3: DG03; 4: DG04; 5: DG05: means with the same letter within columns are the same according to Tukey's test with $P \leq 0.05$; HSD: honestly significant difference.

Cuando los progenitores se analizaron por separado (Cuadro 4), la mayor estimación de ACG en PT y FT fue en GD03, mientras que para PPF el progenitor GD02 tuvo el mejor comportamiento. De acuerdo a la tendencia observada para las medias obtenidas, GD04 tuvo los menores valores de ACG en PT y FT, mientras que GD02 presentó el menor valor en PPF. A partir de estos resultados, GD03 y GD01 podrían ser considerados como progenitores potenciales para un programa de mejoramiento por selección, debido a su alta ACG y la alta heterosis observada para PT. La falta de significancia obtenida en la heterosis media pudo deberse a que su estimación involucró las cruzas con el progenitor GD04, las cuales exhibieron el peor comportamiento, por lo tanto resultando en una baja heterosis varietal para este progenitor.

Las cruzas con altos valores de ACE para PT y PPF fueron cruce 12 (3x5), cruce 9 (2x5) y cruce 5 (1x5); las últimas dos cruces mostraron valores más altos de ACE que de ACG con respecto a sus respectivos progenitores (Cuadro 5).

El progenitor GD05 participó en todas las tres cruces previamente mencionadas, las cuales estuvieron dentro de las mejores cruces para PT y PPF (Cuadro 3). Estos resultados sugieren que este progenitor podría tener buen po-

According to the observed tendency from obtained means, DG04 had the lowest values of GCA on TP and TF, while DG02 obtained the lowest value on AFW. From these results, DG03 and DG01 could be considered as potential progenitors for a selection breeding program, due to their high GCA, and also the high varietal heterosis observed for TP. The lack of significance obtained for mid-heterosis may have been caused by the fact that its estimation involved those crosses from DG04, which exhibited the poorest performance and therefore resulted in the lowest varietal heterosis for this progenitor.

The crosses with high SCA values for TP and AFW were: cross 12 (3x5), cross 9 (2x5), and cross 5 (1x5); the last two crosses showed higher values of SCA than the GCA of the respective parents (Table 5).

The progenitor DG05 participated in all three aforementioned crosses, which were among the best five crosses for TP and AFW (Table 3). These results suggest that this progenitor could have good potential to be used in a hybridization breeding program.

For TF, cross 11 (3x4) obtained the highest SCA value, higher than the observed GCA values for its progenitors (Table 5); however, this genetic parameter was not as-

CUADRO 4. Medias, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV), y heterosis media (\bar{h}) para tres caracteres evaluados en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo saladette de hábito determinado.

TABLE 4. Means, general combining ability (GCA), varietal heterosis (VH), and average heterosis (\bar{h}) for three traits evaluated on five progenitors (Pi) of determinate growth habit saladette tomato.

Pi	Medias / Means			ACG / GCA			HV / VH		
	PT (g)	FT	PPF (g)	PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
1	1789.3 abc ¹	49.1 a	37.3 a	44.7	0.1	0.5	47.4	-1.9	2.3
2	2004.2 Ab	41.3 a	40.3 a	2.1	-2.2	2.0	5.9	3.9	-2.1
3	1645.4 Abc	54.0 a	37.6 a	184.6*	3.7*	1.1	72.6	3.0	-1.0
4	1129.5 c	38.7 a	29.4 a	-308.0*	-1.7	-5.2*	-21.2	-1.8	2.5
5	1559.7 Abc	45.8 a	34.5 a	76.5	0.1	1.5	-104.7	-3.2	-1.7
DMSH/ HSD	519.0	22.7	16.7						
\bar{h}							68.0	4.1	-0.4

1: GD01¹; 2: GD02²; 3: GD03; 4: GD04³; 5: GD05; PT: producción total por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; ¹medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); *: significancia con $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

1: DG01¹; 2: DG02²; 3: DG03; 4: DG04³; 5: DG05; TP: total production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight; ¹means with the same letter within columns are the same according to Tukey's test ($P \leq 0.05$); *: significance with $P \leq 0.05$; HSD: honestly significant difference.

tencial para ser utilizado en un programa de mejoramiento por hibridación.

Para FT, la cruza 11 (3x4) obtuvo el más alto valor de ACE, superior a los valores observados de ACG de sus progenitores (Cuadro 5); sin embargo, este parámetro genético no estuvo asociado a una alta producción de frutos por planta probablemente debido a que los valores de ACG y ACE para PPF fueron los menores.

La heterosis con respecto al progenitor medio (Cuadro 6) fue positiva en seis de las cruzas para PT, donde las cruzas 5 (1x5), 9 (2x5) y 12 (3x5) mostraron los más altos valores: 19.4, 24.3 y 18.2 por ciento, respectivamente; no obstante, de acuerdo con los contrastes ortogonales entre las cruzas y el progenitor medio sólo la cruza 9 (2x5) fue significativamente diferente.

sociated with high fruit production per plant, perhaps due to the fact that the obtained values of GCA and SCA for AFW were the lowest.

Mid-parent estimated heterosis (Table 6) was positive on six crosses for TP, where crosses 5 (1x5), 9 (2x5), and 12 (3x5) showed the highest values: 19.4, 24.3, and 18.2 per cent, respectively; nevertheless, for the orthogonal contrast between crosses and mid-parent just cross 9 (2x5) was significantly different.

For the total fruits trait, with the exception of cross 3 (1x3), all the crosses presented positive estimates of heterosis, and in the case of cross 11 (3x4) the orthogonal contrast between the cross and mid-parent was significantly different from zero. In relation to AFW, four crosses

CUADRO 5. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito determinado.

TABLE 5. General (GCA) and specific (SCA) combining ability for ten intervarietal hybrids (Hi x Hj) of determinate growth habit saladette tomato.

Cruza/ Cross	Hi	Hj	PT / TP		FT / TF		PPF / AFW	
			ACG / GCA	ACE / SCA	ACG / GCA	ACE / SCA	ACG/GCA	ACE/SCA
2	1	2	46.8	-131.1	-2.0	0.3	2.5	-3.3
3	1	3	229.3	-0.01	3.9	-4.7	1.6	3.7
4	1	4	-263.3	-134.2	-1.5	1.9	-4.7	-4.5
5	1	5	121.3	236.5	0.2	2.2	2.1	3.5
7	2	3	186.7	-115.6	1.4	-0.8	3.1	-2.9
8	2	4	-305.9	64.1	-3.9	2.6	-3.2	0.3
9	2	5	78.6	212.4	-2.2	0.5	3.5	5.2
11	3	4	-123.4	14.8	2.0	8.7	-4.1	-3.0
12	3	5	261.1	136.8	3.8	-1.1	2.7	2.4
14	4	5	-231.4	-19.3	-1.6	-6.9	-3.6	2.7

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GD01; 2: GD02; 3: GD03; 4: GD04; 5: GD05; PT: producción total de frutos por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio por fruto.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: DG01; 2: DG02; 3: DG03; 4: DG04; 5: DG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight.

En el caso de la variable frutos totales por planta, con excepción de la cruza 3 (1x3), todas las cruza presentaron estimaciones positivas de heterosis y en el caso de la cruza 11 (3x4) el contraste ortogonal entre la cruza y el progenitor medio fue significativamente diferente de cero. En relación al PPF, cuatro cruza mostraron estimaciones positivas de heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$), donde la cruza 12 (3x5) presentó 16.5 % de heterosis. Por el contrario, la cruza 4 (1x4) fue inferior en comparación a las medias de sus progenitores (Cuadro 6).

La heterosis absoluta (HA_{mp}) respecto al mejor progenitor fue positiva en tres cruza para PT y PPF (Cuadro 7); los contrastes ortogonales entre las cruza y el mejor progenitor fueron negativos y significativos sólo para las cruza 4 (1x4) y 11 (3x4).

En el número total de frutos por planta (FT) no hubo expresión de heterosis significativa aun cuando se obtuvieron valores positivos en cinco de las cruza. En resumen, al comparar ambas estimaciones de heterosis, respecto al progenitor medio y al mejor progenitor, todas las cruza donde participó GD05 mostraron los mayores valores positivos. Estos resultados sugieren que este progenitor tiene buen potencial para ser integrado dentro de la base genética de un programa de mejoramiento por hibridación, tanto directamente como progenitor de híbridos como fuente para derivar líneas puras.

No hubo efectos de heterosis específica para ninguno de los caracteres evaluados (Cuadro 8). Estos resultados podrían deberse a la alta frecuencia de loci en condición heterocigótica y/o a la falta de diversidad genética entre los progenitores evaluados (Villand *et al.*, 1998).

showed positive estimates of absolute heterosis ($AH_{\bar{p}}$), where cross 12 (3x5) presented 16.5 % heterosis. By contrast, cross 4 (1x4) was inferior compared to the progenitor means (Table 6).

Absolute heterosis (AH_{bp}) compared to the best parent was positive in three crosses for TP and PPF (Table 7); orthogonal contrast between cross and the best parent were negative and significant only for cross 4 (1x4) and cross 11 (3x4).

For total fruits per plant (TF), there was no expression of significant heterosis even though positive values were estimated in five crosses. In brief, comparing both heterosis estimates, from mid-parent and best progenitor, all the crosses where DG05 participated showed the highest positive values; these results suggest that this material has good potential for use as a foundation population for a hybridization breeding program, both as a direct parent or as a source to derive inbred lines.

There were no significant specific heterosis effects for all evaluated traits (Table 8); these results could have derived from high frequencies of heterozygous loci and/or lack of genetic divergence among the evaluated progenitors (Villand *et al.*, 1998).

When absolute mid-parent ($AH_{\bar{p}}$) and best parent (AH_{bp}) heterosis estimates and specific combining ability observed values are considered simultaneously, the outstanding crosses for TP were: cross 5 (1x5), cross 9 (2x5), and cross 12 (3x5). From these results it can be concluded that progenitor DG05 is contributing its genetic superiority to these crosses; consequently, it also had a good GCA value (7.65) (Table 4). Nevertheless, if general combin-

CUADRO 6. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}}\%$) medida respecto al progenitor medio en diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo saladette de hábito determinado.

TABLE 6. Absolute ($AH_{\bar{p}}$) and percent ($AH_{\bar{p}}\%$) heterosis measured from mid-parent for ten intervarietal hybrids ($H_i \times H_j$) of determinate-growth habit saladette tomato.

Cruza/ Cross	H_i	H_j	$HA_{\bar{p}}$			$HA_{\bar{p}}\%$		
			PT/TP	FT/FT	PPF	PT	FT	PPF/AFW
2	1	2	-130.6	1.5	-4.1	-7.6	3.4	-10.5
3	1	3	3.5	-3.7	3.4	0.1	-7.3	9.3
4	1	4	-185.9	5.0	-7.0*	-12.7	11.5	-21.1*
5	1	5	325.5	3.3	4.6	19.4	7.0	12.8
7	2	3	-82.72	1.5	-3.2	-4.5	3.3	-8.3
8	2	4	41.7	7.2	-2.2	3.0	18.0	-6.3
9	2	5	389.4*	6.0	6.2	24.3*	13.8	16.5
11	3	4	-4.4	13.0*	-5.1	-0.2	28.1*	-15.3
12	3	5	323.0	3.3	4.8	18.1	6.7	13.5
14	4	5	1.0	4.2	-1.7	0.07	9.9	-5.4

H_i : progenitor femenino; H_j : progenitor masculino; 1: GD01; 2: GD02; 3: GD03; 4: GD04; 5: GD05; PT: producción total de frutos por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia del contraste entre la cruza vs. progenitor medio con $P \leq 0.05$.

H_i : female progenitor; H_j : male progenitor; 1: DG01; 2: DG02; 3: DG03; 4: DG04; 5: DG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight; *: significance of the contrast between cross vs. mid-parent with $P \leq 0.05$.

CUADRO 7. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp}\%$) respecto al mejor progenitor en diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito determinado.

TABLE 7. Absolute (AH_{bp}) and percent ($AH_{bp}\%$) heterosis compared to the best progenitor for ten intervarietal (Hi x Hj) hybrids of determinate growth habit saladette tomato.

Cruza/Cross	Hi	Hj	HA_{mp}			$HA_{mp}\%$		
			PT/TP	FT/TF	PPF/AFW	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW
2	1	2	-202.5	-2.3	-5.6	-11.3	-4.7	-13.9
3	1	3	-103.9	-6.2	-3.3	-5.1	-11.4	-8.8
4	1	4	-515.8*	-0.1	-11.0*	-28.8*	-0.3	-29.4*
5	1	5	210.7	1.7	3.2	11.7	3.4	8.6
7	2	3	-262.1	-4.7	-4.5	-13.0	-8.7	-11.3
8	2	4	-216.1	5.9	-7.6	-13.1	14.2	-18.9
9	2	5	346.6	3.8	3.2	21.0	8.2	8.1
11	3	4	-441.8*	5.4	-9.2*	-22.0*	10.0	-24.5*
12	3	5	100.7	-0.7	3.3	5.0	-1.2	8.8
14	4	5	-214.0	0.6	-4.2	-13.7	1.4	-12.4

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GD01; 2: GD02; 3: GD03; 4: GD04; 5: GD05; PT: producción total por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia del contraste entre la crusa vs. el mejor progenitor con $P \leq 0.05$.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: DG01; 2: DG02; 3: DG03; 4: DG04; 5: DG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight; *: significance of the contrast between cross vs. best progenitor with $P \leq 0.05$.

Cuando los estimadores de heterosis respecto al progenitor medio ($HA_{\bar{p}}$) y respecto al mejor progenitor (HA_{mp}), así como los valores obtenidos de aptitud combinatoria específica son considerados simultáneamente se puede concluir que las mejores cruza para PT fueron crusa 5 (1x5), crusa 9 (2x5) y la crusa 12 (3x5). A partir de estos resultados puede concluirse que el progenitor GD05 está contribuyendo su superioridad genética a estas cruza, por lo que consecuentemente tuvo también un alto valor de ACG (7.65) (Cuadro 4). No obstante, si se consideran simultáneamente la aptitud combinatoria general (ACG) y la heterosis intervarietal (HV), los progenitores GD01 y GD03 también son valiosos.

Para producción total de frutos por planta (PT) y peso promedio de fruto (PPF), GD05 también presentó buenos valores de ACE, HA_{mp} , $HA_{\bar{p}}$ y HE en las cruza 5 (1x5) y 9 (2x5). Por lo que el progenitor GD05 tiene buen potencial para ser utilizado como progenitor base para un programa de mejoramiento genético por selección.

Por otro lado, GD03 tuvo los valores más altos de ACG y HV para PT, resultados que aparentemente lo sugerirían como un buen progenitor de híbridos, sin embargo las estimaciones de ACE, HA_{mp} , $HA_{\bar{p}}$ y HE permiten concluir que este progenitor sólo combinó bien con otros dos progenitores, por lo que tiene un mayor potencial para ser utilizado en un programa de mejoramiento por selección en lugar de uno por hibridación.

Finalmente GD01 tuvo valores aceptables de ACG y HV y con excepción de su crusa con GD05, sus efectos de ACG fueron más importantes que los de ACE, por lo que estos resultados sugieren la conveniencia de utilizarlo en un programa de selección recurrente con objeto de explotar la acción génica de aditividad presente.

ing ability (GCA) and intervarietal heterosis (VH) obtained results are considered, DG01 and DG03 progenitors are also valuable.

For total fruit production per plant (TF) and average fruit weight (AFW), DG05 also had good estimates of SCA, AH_{bp} , $AH_{\bar{p}}$, and SH in cross 5 (1x5) and cross 9 (2x5). Therefore, the DG05 progenitor has good potential as a foundation parent for a recurrent selection breeding program.

On the other hand, DG03 had the highest GCA and VH values for TP, thus apparently suggesting this progenitor as a good parent for crosses; however, the estimates for SCA, AH_{bp} , $AH_{\bar{p}}$, and SH allow to conclude that this parent only combined well with two other parents; therefore, it has more potential value for a selection rather than a hybridization breeding program.

Finally, DG01 had acceptable GCA and VH values, and with the exception of its cross to DG05, its GCA effects were more important than its SCA effects for all its crosses, thus suggesting that this progenitor could be better used in a selection breeding program, in order to exploit the additive gene action present.

Relative to TF, only DG03 showed a significant GCA value and also a good VH estimate; however, SCA for cross 3 (1x3) and 7 (2x3) was negative, thus causing low estimates for AH_{bp} and SH. Thus, DG03 could be a good source to select favorable additive genes for TF, since it produced more fruits per plant, both by itself and also in some of its crosses [11 (3x4), and 12 (3x5)].

For average fruit weight (AFW), the highest GCA estimate was for DG02; however, the negative VH influenced

CUADRO 8. Heterosis específica en diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito determinado.

TABLE 8. Specific heterosis in ten intervarietal (Hi x Hj) hybrids of determinate growth habit saladette tomato.

Heterosis específica / Specific heterosis						Heterosis específica / Specific heterosis					
Cruza/Cross	Hi	Hj	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW	Cruza/Cross	Hi	Hj	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW
2	1	2	-94.0	1.0	-2.7	8	2	4	131.7	-1.2	3.6
3	1	3	33.1	-3.6	3.8	9	2	5	84.0	1.9	2.0
4	1	4	-27.6	0.1	-1.4	11	3	4	78.3	5.4	-0.5
5	1	5	88.5	2.6	0.3	12	3	5	10.4	-0.1	-0.5
7	2	3	-121.7	-1.7	-2.8	14	4	5	-182.7	-4.3	-1.7

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GD01; 2: GD02; 3: GD03; 4: GD04; 5: GD05; PT: producción total de frutos por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: DG01; 2: DG02; 3: DG03; 4: DG04; 5: DG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight.

En relación a FT, sólo GD03 mostró un valor significativo de ACG así como una buena estimación de HV. Sin embargo, las ACE para las cruzas 3 (1x3) y 7 (2x3) fueron negativas, por tanto causando bajas estimaciones de HA_{mp} y HE. Por lo que GD03 podría ser una buena fuente para seleccionar genes favorables con efectos aditivos para FT, ya que produjo más frutos por planta tanto por sí mismo como en algunas de sus cruzas [11 (3x4) y 12 (3x5)].

Para la variable peso promedio de fruto (PPF), el valor más alto de ACG fue para GD02, sin embargo la HV negativa influenció las otras estimaciones de heterosis, por lo que sólo presentó valores positivos en combinación con GD05. En el Cuadro 5 puede observarse que los efectos de ACE de este progenitor fueron menores a los de ACG para la mayoría de sus cruzas, sugiriendo por tanto que en este progenitor la acción génica aditiva en el control genético del PPF es más importante que la acción génica de dominancia, por tanto sugiriendo que este material podría tener un mejor uso dentro de un programa de mejoramiento por selección.

En contraste, la estimación de ACG en GD04 para tamaño de fruto fue significativa pero negativa, reflejando con ello un pobre comportamiento en casi todas sus cruzas, en consecuencia con bajas estimaciones de ACE, HA_{mp} , $HA_{\bar{p}}$ y HE, lo cual conduce a evaluar este progenitor como el de peor comportamiento entre los materiales evaluados en este estudio.

Variedades tipo saladette de hábito indeterminado

Las medias de las quince cruzas entre los 5 progenitores considerados dentro del dialélico II de Griffing se presentan en el Cuadro 9. Para la producción total por planta (PT) en su mayoría no hubo diferencias significativas entre los progenitores y sus cruzas, con excepción de la cruz 9 (2x5) que mostró la producción más baja. Para número de frutos totales por planta (FT) se observó un patrón similar, donde sólo el progenitor IG03 tuvo significativamente menos frutos por planta que el resto de los progenitores y sus cruzas, mientras que para peso promedio de fruto (PPF) no hubo diferencias significativas.

the other heterosis estimates, and only presented positive values in combination with DG05. From Table 5 it can be observed that SCA effects for this parent are lower than GCA effects for most of its crosses, thus suggesting that for this progenitor, additive gene action for genetic control of AFW is more important than dominance gene action, indicating that this material could have a better use in a recurrent selection breeding program.

By contrast, the GCA estimate for fruit size in DG04 was significant but negative, reflecting poor performance in almost all its crosses and consequently it also had low SCA, $AH_{\bar{p}}$, AH_{bp} and SH estimates; therefore, this progenitor was evaluated as having the poorest performance among the tested parents.

Indeterminate saladette varieties

The means of the 15 Griffing diallel II crosses among the five considered progenitors are presented in Table 9. For total production per plant (TP), there were mostly no statistical differences among progenitors and their crosses, with the exception of cross 9 (2x5) showing the lowest production. For total fruits per plant (TF), a similar pattern was observed, where only progenitor IG03 had significantly fewer fruits per plant than the rest of the progenitors and their crosses. While for average fruit weight (AFW), there were no significant differences.

The performance of the five evaluated progenitors is presented on Table 10. There were no significant differences for average fruit weight among them, and even though IG04 had the highest total production per plant (TP), it was not significantly different from the rest, with the exception of IG03, which had the lowest production due to a reduced number of fruits (TF).

General combining ability of IG04 was significant for total production per plant, suggesting the existence of favorable genes with additive effects within this material. However, for total fruits per plant, IG01 and IG05 had significant GCA effects, which were higher in IG01. Thus, these results suggest that progenitors IG01 and IG04 could be good candidates for use as foundation parents for a recurrent selec-

El comportamiento de los cinco progenitores evaluados se presenta en el Cuadro 10. No se encontraron diferencias significativas para peso promedio de fruto entre ellos y aun cuando el progenitor GI04 tuvo la más alta producción total por planta (PT) no fue estadísticamente diferente del resto, con excepción de GI03, el cual tuvo la menor producción debido a un reducido número de frutos (FT).

La aptitud combinatoria general de GI04 fue significativa para la producción total por planta sugiriendo la existencia de genes favorables con efectos aditivos en este material. Sin embargo, para frutos totales por planta fueron los progenitores GI01 y GI05 los que presentaron efectos significativos de ACG, donde fueron mayores en GI01. Por lo que estos resultados sugieren que los progenitores GI01 y GI04 podrían ser buenos candidatos para ser usados como progenitores base dentro de un programa de selección recurrente para aprovechar sus efectos aditivos para rendimiento. En relación al peso promedio de fruto, no resultó sorprendente que GI03 fue el único progenitor que tuvo efectos significativos de ACG, ya que produjo el menor número de frutos por planta y frutos más grandes que los que se obtuvieron del resto de los híbridos.

Las más altas y positivas estimaciones de heterosis varietal obtenidas para PT y PPF correspondieron a GI05, mientras que GI04 mostró el mayor valor para FT. Las estimaciones de heterosis media no fueron significativas para

tion program, to better exploit their additive effects for yield. Relative to average fruit weight, it was not surprising that IG03 was the only parent that had significant GCA effects, since it produced the lowest number of fruits per plant and bigger fruits than those obtained from the rest of the hybrids.

The highest and positive varietal heterosis estimates obtained for TP and AFW belonged to IG05, while IG04 showed the highest estimate for TF. Mean heterosis estimates were not significant for all evaluated traits. These results reflect the tendency discussed above, where in general the parents performed better than their crosses, probably due to a similar genetic constitution which in turn resulted in no detectable vigor effects when they were crossed.

This can be better appreciated in Table 11, where only crosses 4 (1x4), 7 (2x3) and 12 (3x5) showed positive SCA effects for TP; however, just for crosses 7 and 12 those SCA effects were more important than the GCA effects of their parents. Relative to TF, of the five crosses that showed positive SCA effects, just crosses 7 (2x3) and 11 (3x4) presented higher estimates than those for GCA of their respective progenitors. For AFW, crosses 4 (1x4) and 12 (3x5) had higher SCA than GCA effects.

Mid-parent heterosis (Table 12) for TP was only positive in crosses 4 (1x4) and 7 (2x3), representing 2.8 % and 5.2 % heterosis values, respectively. Nevertheless, even though crosses 9 (2x5) and 14 (4x5) obtained negative

CUADRO 9. Medias de producción total de frutos por planta (PT), número total de frutos por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de cruza (Hi x Hj) del diseño II de Griffing para cinco híbridos de jitomate tipo saladette de hábito indeterminado.

TABLE 9. Means for total fruit production per plant (TP), total fruit number per plant (TF), and average fruit weight (AFW) of crosses (Hi x Hj) for Griffing's II design for five hybrids of indeterminate growth habit saladette tomato.

Cruza / Croos	Hi	Hj	Caracteres / Traits		
			PT / TP (g)	FT / TF	PPF / AFW (g)
1	1	1	1295.4 abc ¹	59.2 a	23.3 ab
2	1	2	1085.3 abc	53.6 ab	21.7 ab
3	1	3	973.2 abc	42.8 abc	24.4 ab
4	1	4	1426.7 ab	45.6 abc	38.1 a
5	1	5	1106.4 abc	55.0 ab	19.9 b
6	2	2	1083.5 abc	43.6 abc	25.1 ab
7	2	3	1063.6 abc	43.3 abc	26.0 ab
8	2	4	1101.1 abc	46.0 abc	26.4 ab
9	2	5	899.0 c	48.1 abc	19.6 b
10	3	3	936.5 bc	30.5 c	32.4 ab
11	3	4	1051.1 abc	46.4 abc	24.9 ab
12	3	5	1040.9 abc	36.4 bc	32.5 ab
13	4	4	1477.9 a	53.4 ab	28.3 ab
14	4	5	1080.4 abc	50.4 abc	23.1 ab
15	5	5	1290.0 abc	57.3 ab	25.4 ab
DMSH / HSD			785.4	21.7	15.4

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GI01; 2: GI02; 3: GI03; 4: GI04; 5: GI05; 'medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con ($P \leq 0.05$); *: significancia con $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: IG01; 2: IG02; 3: IG03; 4: IG04; 5: IG05; 'means with the same letter within columns are the same according to Tukey's test ($P \leq 0.05$); *: significance with $P \leq 0.05$; HSD: honestly significant difference.

CUADRO 10. Medias, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media (\bar{h}) para tres caracteres evaluados en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo saladette de hábito indeterminado.

TABLE 10. Means, general combining ability (GCA), varietal heterosis (VH), and average heterosis (\bar{h}) for three traits evaluated on five progenitors (Pi) of indeterminate growth habit saladette tomato.

Pi	Medias/ Means			ACG /GCA			HV/VH		
	PT/TP (g)	FT/TF	PPF/AFW (g)	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW
1	1295.4 ab ⁱ	59.2 a	23.3 a	59.7	4.4*	-0.8	-86.5	-3.4	-0.4
2	1083.5 ab	43.6 abc	25.1 a	-64.0	-0.9	-1.7	-18.1	-0.1	-0.5
3	936.5 b	30.5 c	32.4 a	-108.9*	-7.8*	2.3*	-10.9	-0.8	0.5
4	1477.9 a	53.4 ab	28.3 a	1221.5*	1.5	1.8	-139.8	4.2	-4.8
5	1290.0 ab	57.3 ab	25.4 a	-8.2	2.8*	-1.4	255.5	0.1	5.2
DMSH	785.4	21.7	15.4						
\bar{h}							-133.9	-2.0	-1.2

1: GI01; 2: GI02; 3: GI03; 4: GI04; 5: GI05; PT: producción total por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; ⁱmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); *: significancia con $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

1: IG01; 2: IG02; 3: IG03; 4: IG04; 5: IG05; TP: total production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight; ⁱmeans with the same letter within columns are the same according to Tukey's test ($P \leq 0.05$); *: significance with $P \leq 0.05$; HSD: honestly significant difference.

ninguno de los caracteres evaluados. Estos resultados reflejan la tendencia discutida previamente acerca de que en general los progenitores se comportaron mejor que sus cruas, probablemente debido a que tuvieron una constitución genética similar lo que resultó en la no detección de efectos de vigor cuando se cruzaron entre sí.

Este patrón puede apreciarse claramente en el Cuadro 11, donde sólo las cruas 4 (1x4), 7 (2x3) y 12 (3x5) mostraron efectos positivos de ACE para PT, sin embargo sólo las cruas 7 (2x3) y 11 (3x4) presentaron valores superiores a los de las ACG de los progenitores. Para PPF las cruas 4 (1x4) y 12 (3x5) tuvieron efectos de ACE superiores a los de ACG.

La heterosis con respecto al progenitor medio (Cuadro 12) para PT fue positiva sólo positiva para las cruas 4 (1x4) y 7 (2x3) representando valores de heterosis porcentual de 2.8 y 5.2, respectivamente. No obstante, aun cuando las cruas 9 (2x5) y 14 (4x5) presentaron estimaciones negativas de heterosis, fueron las únicas que mostraron heterosis significativa al compararlas con la producción promedio de sus progenitores mediante contrastes ortogonales. Estos resultados podrían explicarse debido a la alta frecuencia de loci heterocigóticos controlando este carácter en ambos progenitores, los cuales segregaron como producto del cruzamiento.

Para el carácter FT las estimaciones de heterosis respecto al progenitor medio fueron positivas para las cruas 2 (1x2), 7 (2x3) y 11 (3x4), pero sólo las cruas 7 y 11 mostraron valores de heterosis porcentual mayores de 10. Nuevamente la crua 4 (1x4) que tuvo una estimación de heterosis negativa fue la única que mostró heterosis significativa cuando las cruas fueron comparadas con el peso promedio de los frutos de sus progenitores mediante pruebas de contrastes ortogonales. La crua 4 también presentó heterosis positiva respecto al progenitor medio para PPF,

heterosis estimates, they were the only ones that showed significant heterosis compared to the average production of their parents when orthogonal contrasts were applied. These results may be due to a high frequency of heterozygous loci controlling this trait in both parents, which segregated when they were crossed.

For TF, mid-parent heterosis estimates were positive for crosses 2 (1x2), 7 (2x3), and 11 (3x4), but only crosses 7 and 11 showed per cent heterosis values higher than 10. Again, cross 4 (1x4), which had a negative heterosis estimate, was the only one that showed significant heterosis when crosses were compared to the average fruits of their parents by orthogonal contrast tests. Cross 4 also had positive mid-parent heterosis for AFW, which represented 47.8 % heterosis. Cross 12 (3x5) also had positive heterosis (12.5 %) for this trait.

When a more strict estimation of heterosis was used, performance of the cross against its best parent, a similar trend was observed (Table 13). Even when mostly negative heterosis values were obtained for most of the crosses, the orthogonal contrast tests showed that for fruit production per plant (FP), crosses 3 (1x3), 8 (2x4), 9(2x5), 11 (3x4), and 14 (4x5) had significant heterosis effects. However for TF, crosses 3 (1x3), 4 (1x4), and 12 (3x5) showed significant heterosis effects.

For AFW, crosses 12 (3x5) and 4 (1x4) had positive heterosis values, but only for cross 4 was this estimate (64.2 %) significant according to the orthogonal contrast. When both $AH_{\bar{p}}$ and $AH_{\bar{p}p}$ heterosis estimates are taken into account, progenitors IG01 and IG04 can be considered to have good potential as foundation parents for a hybridization breeding program with the aim of improving fruit size, since they seem to be a good source of favorable genes with dominance gene action.

Determination of specific heterosis effects showed that for total production per plant, crosses 4 (1x4), 7 (2x3)

CUADRO 11. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito indeterminado.**TABLE 11. General (GCA), and specific (SCA) combining ability for ten intervarietal hybrids (Hi x Hj) of indeterminate growth habit saladette tomato.**

Cruza/Cross	Hi	Hj	PT/TP		FT/TF		PPF/SCA	
			ACG/GCA	ACE/SCA	ACG/GCA	ACE/SCA	ACG/GCA	ACE/SCA
2	1	2	-4.3	-37.7	3.4	2.6	-2.6	-1.7
3	1	3	-49.2	-104.9	-3.4	-1.2	1.4	-3.1
4	1	4	181.2	118.0	5.9	-7.7	0.9	11.0
5	1	5	51.4	-23.9	7.2	3.3	-2.3	-5.0
7	2	3	-173.0	109.1	-8.7	4.5	0.5	-0.5
8	2	4	57.4	-83.7	0.5	-2.0	0.03	0.2
9	2	5	-72.3	-71.8	1.9	-3.2	-3.2	-0.5
11	3	4	12.5	-88.8	-6.3	5.2	4.1	-5.2
12	3	5	-117.1	57.6	-4.9	-7.3	0.8	7.2
14	4	5	113.2	-52.8	4.3	1.5	0.3	4.6

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GI01; 2: GI02; 3: GI03; 4: GI04; 5: GI05; PT: producción total de frutos por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: IG01; 2: IG02; 3: IG03; 4: IG04; 5: IG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight.

CUADRO 12. Heterosis absoluta ($HA\bar{p}$) y porcentual ($HA\bar{p}\%$) medida respecto al progenitor medio para diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito indeterminado.**TABLE 12. Absolute ($HA\bar{p}$) and percent ($HA\bar{p}\%$) heterosis measured from mid-parent for ten intervarietal hybrids (Hi x Hj) of indeterminate growth habit saladette tomato.**

Cruza/Cross	Hi	Hj	$HA/AH\bar{p}$			$HA/AH\bar{p}\%$		
			PT/TP	FT/TF	PPF/AFW	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW
2	1	2	-104.1	2.1	-2.4	-8.7	4.1	-10.1
3	1	3	-142.7	-2.0	-3.3	-12.7	-4.6	-12.0
4	1	4	40.0	-10.7*	12.3*	2.8	-19.0*	47.8*
5	1	5	-186.3	-3.2	-4.3	-14.4	-5.5	-17.9
7	2	3	53.5	6.2	-2.7	5.2	16.8	-9.4
8	2	4	-179.6	-2.5	-0.3	-14.0	-5.1	-1.4
11	3	4	-156.1	4.3	-5.4	-12.9	10.4	-17.9
12	3	5	-72.4	-7.4	3.6	-6.5	-16.9	12.5
14	4	5	-303.5*	-4.9	-3.7	-21.9*	-8.8	-13.9

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GI01; 2: GI02; 3: GI03; 4: GI04; 5: GI05; PT: producción total de frutos por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia del contraste entre la cruce vs. progenitor medio con $P \leq 0.05$.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: IG01; 2: IG02; 3: IG03; 4: IG04; 5: IG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight; *: significance of the contrast between cross vs. mid-parent with $P \leq 0.05$.

lo cual representó 47.8 % de heterosis. La cruce 12 (3x5) también mostró heterosis (12.5 %) para este carácter.

Cuando se utilizó una estimación más estricta de heterosis, al comparar la cruce contra el mejor progenitor, se observó una tendencia similar (Cuadro 13). Aun cuando las estimaciones de heterosis para la mayoría de las cruces fueron negativas, las pruebas de contrastes ortogonales mostraron que para producción de frutos por planta (FT) las cruces 3 (1x3), 8 (2x4), 9 (2x5), 11 (3x4) y 14 (4x5) tuvieron efectos significativos de heterosis. No obstante para frutos totales (FT) la cruce 3 (1x3), 4 (1x4) y 12 (3x5) mostraron efectos de heterosis significativos.

Para el carácter PPF las cruces 12 (3x5) y 4 (1x4) tuvieron valores positivos de heterosis, pero sólo para la

and 12 (3x5) had high positive values (Table 14), while when total number of fruits per plant is considered, just cross 11 (3x4) had an acceptable positive estimate; as for fruit size (AFW), crosses 12 (3x5) and 4 (1x4) showed high heterosis values.

The results obtained from this study indicate cross 4 (1x4) and its parents as the more relevant, since they showed the highest values for most of the measured parameters. This specific cross overcame in total production all the other crosses, and exceeded IG01 on 9.2%. In addition, it had the highest SCA, SH, and the second $HA\bar{p}$ estimate. The involved parents, IG01 and IG04 also showed higher GCA effects. However, when total number of fruits produced per plant and average fruit size are considered, these

cruza 4 este valor (64.2 %) fue significativo de acuerdo al contraste ortogonal. Cuando se toman en cuenta ambas estimaciones de heterosis, $HA_{\bar{p}}$ y HA_{mp} , los progenitores GI01 y GI04 podrían ser considerados con buen potencial para ser incluidos como material base dentro de un programa de mejoramiento de hibridación cuyo objetivo sea incrementar el tamaño del fruto, ya que parecen ser una buena fuente de genes favorables con efectos de dominancia.

La determinación de los efectos de heterosis específica mostró que para la producción total por planta las cruza 4 (1x4), 7 (2x3) y 12 (3x5) tuvieron valores positivos (Cuadro 14); mientras que cuando se considera el número total de frutos por planta sólo la cruza 11 (3x4) presentó una estimación positiva aceptable, mientras que para tamaño de fruto (PPF) las cruza 12 (3x4) y 4 (1x4) mostraron altos valores de heterosis.

Los resultados obtenidos a partir de este estudio indican que la cruza 4 (1x4) y sus progenitores fueron los más relevantes, ya que mostraron los más altos valores para la mayoría de los parámetros evaluados. Esta cruza en particular superó en producción total al resto y excedió en 9.2 % a la producción de GI01. Adicionalmente, tuvo la más alta ACE, HE y el segundo valor de $HA_{\bar{p}}$. Los progenitores involucrados. GI01 y GI04 también mostraron altos efectos de ACG. No obstante, cuando se consideraron las variables número de frutos producidos por planta y peso promedio de fruto, estos progenitores también tuvieron altas estimaciones de ACG, pero no presentaron efectos significativos de heterosis, lo que sugiere que el tipo de acción génica controlando estos caracteres fue de tipo aditivo.

En resumen puede concluirse que los progenitores GI01 y GI04 tienen buen potencial para ser usados como material base de un programa de selección recurrente para explotar el tipo de acción génica presente en estos mate-

parents also had high GCA estimates, but non significant heterosis effects, therefore suggesting that the most important kind of gene action controlling these traits was additive

In conclusion, IG01 and IG04 could have good potential to be used as foundation parents for a recurrent selection program to exploit the most important kind of gene action present in these materials. Though, it is opportune to consider the acceptable heterosis observed for TP when they are crossed; therefore, in this case it could be proposed the use of a breeding scheme that contemplates simultaneous recurrent selection on both materials separately, in order to obtain improved populations which in turn could be used to extract inbred lines that could be crossed constituting an heterotic group, with the previous knowledge of their high potential to produce good combinations of complementary genes, such as reciprocal recurrent selection (Kannenberg, and Falk, 1995).

CONCLUSIONS

Estimates of general and specific combining abilities, in addition to distinct measures of heterosis obtained from this study, allowed the identification of useful progenitors for a tomato breeding program.

Determinate growth habit hybrids DG03 and DG05 have good potential to be part of a foundation population to improve total fruit production per plant for both recurrent selection and hybridization breeding programs, while DG01 could have potential value for a selection program due to its more important additive gene effects.

Among the indeterminate growth habit hybrids evaluated in this study, IG01 and IG04 are good sources of favorable genes with both additive and dominance gene actions; therefore, they have good potential to be used in both selection and hybridization breeding programs.

End of English version

CUADRO 13. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp}\%$) respecto al mejor progenitor para diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito indeterminado.

TABLE 13. Absolute (HA_{mp}) and percent ($HA_{mp}\%$) heterosis compared to the best progenitor for ten intervarietal (Hi x Hj) hybrids of indeterminate growth habit saladette tomato.

Cruza/Cross	HA _{mp} /AH _{bp}					HA _{mp} /AH _{bp} %		
	Hi	Hj	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW
2	1	2	-210.0	-5.6	-3.4	-16.2	-9.5	-13.6
3	1	3	-322.2*	-16.4*	-7.9	-3.9*	-40.1*	-24.5
4	1	4	-51.2	-13.6*	9.7*	-10.1	-23.0*	64.2*
5	1	5	-189.0	-4.2	-5.4	-14.5	-7.0	-14.0
7	2	3	-19.9	-0.2	-6.3	-13.5	-41.7	-3.6
8	2	4	-376.8*	-7.4	-1.9	-1.6*	-5.5	-4.7
9	2	5	-390.9*	-9.1	-5.7	-17.0*	-15.9	-21.8
11	3	4	-426.8*	-7.0	-7.4	12.2*	-51.8	-23.0
12	3	5	-249.1	-20.8*	0.1	11.1	-19.3*	0.4
14	4	5	-397.4*	-6.8	-5.2	-16.2*	-11.9	-9.0

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GI01; 2: GI02; 3: GI03; 4: GI04; 5: GI05; PT: producción total de frutos por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia del contraste entre la cruza vs. mejor progenitor con $P \leq 0.05$.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: IG01; 2: IG02; 3: IG03; 4: IG04; 5: IG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight; *: significance of the contrast between cross vs. best progenitor with $P \leq 0.05$.

CUADRO 14. Heterosis específica en diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladette de hábito indeterminado.**TABLE14. Specific heterosis in ten intervarietal (Hi x Hj) hybrids of indeterminate growth habit saladette tomato.**

Heterosis específica/ Specific heterosis						Heterosis específica/ Specific heterosis					
Cruza/Cross	Hi	Hj	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW	Cruza/Cross	Hi	Hj	PT/TP	FT/TF	PPF/AFW
2	1	2	-23.6	2.2	-1.5	8	2	4	-30.4	-2.5	0.4
3	1	3	-129.0	-1.2	-3.5	9	2	5	-55.0	-0.9	-0.6
4	1	4	147.7	-4.9	8.7	11	3	4	-73.6	5.2	-5.8
5	1	5	4.9	4.0	-3.7	12	3	5	93.6	-5.3	7.6
7	2	3	108.9	1.3	1.6	14	4	5	-43.6	2.2	-3.3

Hi: progenitor femenino; Hj: progenitor masculino; 1: GI01; 2: GI02; 3: GI03; 4: GI04; 5: GI05; PT: producción de frutos totales por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

Hi: female progenitor; Hj: male progenitor; 1: IG01; 2: IG02; 3: IG03; 4: IG04; 5: IG05; TP: total fruit production per plant; TF: total fruits per plant; AFW: average fruit weight.

riales. Sin embargo es importante considerar la aceptable heterosis observada para PT cuando se cruzaron entre sí, por lo que en este caso se podría proponer el uso de un esquema de mejoramiento que contemple simultáneamente la selección recurrente en ambos materiales de manera separada con el objetivo de obtener poblaciones mejoradas que posteriormente podrían ser utilizadas para derivar líneas que podrían cruzarse entre sí conformando un grupo heterótico en concordancia con el conocimiento previo que se tiene de estos materiales de su alto potencial para producir buenas combinaciones de genes complementarios. Por lo que se podría usar un esquema de selección recíproca recurrente (Kannenber y Falk, 1995).

CONCLUSIONES

Las estimaciones de aptitud combinatoria general y específica, junto con distintas mediciones de heterosis obtenidas en el presente estudio permitieron la identificación de progenitores prometedores para un programa de mejoramiento genético de jitomate.

Los híbridos de hábito de crecimiento determinado GD03 y GD05 tienen buen potencial para formar parte de las poblaciones base para mejorar la producción total de frutos por planta en programas de mejoramiento tanto por selección como por hibridación, mientras que el progenitor GD01 sería más útil dentro de un programa de selección debido a sus efectos genéticos aditivos.

Entre los híbridos de hábito indeterminado evaluados en este trabajo, GI01 y GI04 son buenas fuentes de genes favorables con ambos tipos de acción génica, aditividad y dominancia, por lo que tienen buen potencial para ser usados tanto de programas de mejoramiento de selección como de hibridación.

LITERATURA CITADA

BIRCHLER, J. A.; YAO, H.; CHUDALAYANDI, S. 2006. Unraveling the genetic basis of hybrid vigor. *PNAS* 103: 12957-12958. DOI:10.1073/pnas.0605627103

DEGIGLIO, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae* 611: 91-92. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknr=611_15

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. 2006. *Introduction to Quantitative Genetics*. W. H. Freeman and Company. New York. 469 p.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-452. <http://www.jstor.org/discover/10.2307/2528181?uid=3738664&uid=2&uid=4&id=21101635786561>

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.

GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Sciences*. 9: 463-493. http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=B19560463.pdf

KANNENBERG, L.W.; FALK, D.E. 1995. Models for activation of plant genetic resources for crop breeding program. *Canadian Journal of Plant Science* 75: 45-53. DOI: 10.4141/cjps95-008

KURIAN, A.; METER, K. V.; RAJAN, S. 2001. Heterosis for yield components and fruit characters in tomato. *Journal of Tropical Agriculture* 39: 5-8. <http://www.jtropag.in/index.php/ojs/article/view/11/7>

LAMKEY, K. R., EDWARDS, J. W. 1999. Quantitative genetics in heterosis. In: *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. COORS J. G.; PANDEY, S. (eds.). American Society of Agronomy, Inc. & Crop Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, U. S. pp: 31-48. DOI:10.2134/1999.geneticsandexploitation.c4

LYNCH, M.; WALSH, B. 1998. *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 359 p.

MARTÍNEZ S., J.; PEÑA L., A.; RODRÍGUEZ P., J.E.; VILLANUEVA V., C.; SAHAGÚN C., J.; PEÑA O., M.G. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 299-307. www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/bb05a7468b2edf244395ff9f71f43f02.pdf

- PÉREZ G., M.; MÁRQUEZ S., F.; PEÑA L., A. 1998. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Ed. Mundi-Prensa. México, D.F. pp 159-161. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/37937722.html
- REEVES, T.; PINSTRUP-ANDERSEN, P.; PANDYA-LORCH, R. 1999. Food security and the role of agricultural research. *In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. COORS, J. G.; PANDEY, S. (eds.). American Society of Agronomy, Inc. & Crop Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, U. S. pp: 1-5. DOI:10.2134/1999.geneticsandexploitation.c1
- SEMEL, Y.; NISSENBAUM, J.; MENDA, N.; ZINDER, M.; KRIEGER, U.; ISSMAN, N.; PLEBAN, T.; LIPPMAN, Z.; GUR, A.; ZAMIR, D. 2006. Overdominant quantitative trait loci for yield and fitness in tomato. PNAS 103: 12981–12986. DOI:10.1073/pnas.0604635103
- SHULL, G. H. 1948. What is "heterosis"? Genetics 33: 439-446. <http://www.genetics.org/content/33/5/439.full.pdf>
- VEGA O., P. C. 1988. Introducción a la Teoría de la Genética Cuantitativa: con Especial Referencia al Mejoramiento de Plantas. Ed. Ediciones de la Biblioteca Central de Venezuela. pp 140-156.
- VILLAND, J.; SKROCH, P. W.; LAI, T.; HANSON, P.; KUO, C. G.; NIENHUIS, J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. Crop Science 38: 1339-13347. DOI:10.2135/cropsci1998.0011183X003800050032x
- VILLANUEVA V., C.; CASTILLO G., F.; MOLINA G., J.D. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: análisis de progenitores y cruas. Revista Fitotecnia Mexicana 17: 175-185.
- ZHANG, Y.; KANG, M. S. 1997. Diallel-SAS: A SAS program for Griffing's diallel analyses. Agronomy Journal 89(2): 176-182. DOI:10.2134/agronj1997.00021962008900020005