

Estimación de Aptitud Combinatoria General y Aptitud Combinatoria Específica en Siete Líneas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)



Estimation of General Combining Ability and Specific Combining Ability in Seven Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Lines

Alfonso López-Benítez^{2*}, Fernando Borrego-Escalante², Víctor M. Zamora-Villa² y Luis Guerra-Zitlalapa¹

¹Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento, ²Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Tel.: (844) 411 0296 ext. 98. Correo-e: alobe42@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Actualmente existe una demanda creciente de tomate, tanto para consumo fresco como para procesos industriales. Sin embargo, en México los rendimientos de esta hortaliza, tanto en campo abierto como en invernadero son muy bajos. Para incrementar la producción de tomate es necesario, entre otras acciones, realizar evaluaciones de híbridos y variedades, respecto a la habilidad combinatoria general y específica. Los objetivos de este estudio fueron estimar la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de siete líneas de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) y de sus cruces, determinar las características agronómicas importantes en rendimiento y estimar los efectos de heterosis promedio, varietal y específica. Los híbridos F₁ se produjeron en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el ciclo PV 2009 y se evaluaron en un lote experimental de la misma universidad en el ciclo PV 2010. Las variables evaluadas fueron: rendimiento (REND), número total de frutos (NTF), peso de fruto (PF), longitud de fruto (LF), diámetro de fruto (DF) y días a inicio de floración (DIF). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se encontraron diferencias altamente significativas para los efectos de ACG para todos los caracteres a excepción de DIF que presentó diferencias significativas y DF que no presentó diferencias estadísticas para ninguna fuente de variación. Para los efectos de ACE no se presentaron diferencias estadísticas para ninguna fuente de variación. Los híbridos IR24xIR8, IR17xIR13 y IR14xIR9 presentaron altos efectos de ACE para rendimiento y por consecuencia los más altos rendimientos, aunque no superaron al de sus progenitores. Las líneas que mostraron el mayor efecto de ACG y el mayor rendimiento en la comparación de medias, podrían ser usadas en un programa de mejoramiento genético diseñado para explotar la acción génica aditiva en forma exitosa.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., efectos genéticos, cruzamientos dialélicos, híbridos, rendimiento, saladette.

ABSTRACT

There is a growing demand for both fresh consumption and industrial processes of tomato. However, the yields of this crop in open-field and greenhouse in Mexico are very low. To increase the tomato production it is necessary, among other actions, to conduct evaluations of hybrids and varieties with regard to the general and specific combining ability. The objectives of this study were to estimate the general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in seven lines of saladette tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and their crosses, to determine the important agronomic characteristics and estimate the effects of average, varietal and specific heterosis. F₁ hybrids were produced in a greenhouse of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in the 2009 spring-summer crop cycle and were evaluated in an experimental plot of the same university in the 2010 spring-summer agricultural cycle. The variables evaluated were: yield (Y), total number of fruits (TNF), fruit weight (FW), fruit length (FL), fruit diameter (FD) and days to first flower (DFF). A randomized complete block experimental design with four replications was used. Highly significant differences were found for GCA effects for all characters except that significant differences DIF and DF did not show statistical differences for any source of variation. For purposes of SCA there were not statistical differences for any source of variation. Hybrids IR24xIR8, IR17xIR13 and IR14xIR9 had high SCA effects for yield and consequently the highest yields, though they did not exceed that of their parents. The lines that showed the greatest effect of GCA and the highest performance in the comparison of means, could be used in a breeding program designed to exploit the additive gene action successfully.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., genetic effects, diallel crosses, hybrid, yield, saladette.

Recibido: Noviembre, 2010.

Aceptado: Junio, 2012.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es el segundo cultivo hortícola más importante del mundo, después de la papa, la producción total a nivel mundial en 2009, fue de 152.9 millones de toneladas con un valor de \$ 74, 685 millones de dólares. En el mismo año, en México se produjeron 2, 591, 400 ton, con un valor de \$ 1, 150 millones de dólares (FAOSTAT, 2009).

En México, los rendimientos a campo abierto han aumentado de 23, a 28 y 39 t ha⁻¹ en 1990, 2000 y 2010, respectivamente, sin embargo, estos rendimientos son inferiores a las 45 t ha⁻¹ que se obtienen en algunas regiones de los EE.UU.

El cultivo en invernadero produce rendimientos mucho más altos, pero, también requiere mayor inversión de capital, e insumos más caros de mano de obra, fertilizantes y pesticidas. El rendimiento en invernadero en México generalmente es de alrededor de 150 a 200 t ha⁻¹, mientras que en los EE.UU. y Canadá se alcanzan rendimientos de hasta 450 t ha⁻¹, lo que indica un potencial de aumento significativo en la productividad mexicana.

Existe una demanda creciente de tomate, a nivel mundial, tanto para consumo fresco como para procesos industriales. Para lograr un incremento en la producción de tomate en México, entre otras acciones, se deben realizar evaluaciones de híbridos y variedades, respecto a la habilidad combinatoria general y específica para los caracteres agronómicos más importantes (De la Rosa *et al.*, 2006).

El análisis de la habilidad combinatoria es una metodología utilizada para identificar progenitores con capacidad de transmitir sus caracteres deseables a su descendencia, identificar las mejores combinaciones híbridas y adquirir información sobre el tipo de acción génica que controla los diferentes caracteres agronómicos. Los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), introducidos por Sprague y Tatum (1942), sirven para expresar el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas y para designar las combinaciones que resultan mejor o peor de lo que se esperaría en relación con el promedio de la ACG de las dos líneas progenitoras (Reyes *et al.*, 2004).

Las cruas dialélicas se usan también para el estudio de la heterosis. Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967) propusieron un modelo que considera los efectos de cada progenitor y los efectos de la heterosis por

separado. A su vez, clasificaron los efectos de la heterosis en tres tipos: a) la heterosis media (\bar{h}) (diferencia entre el promedio de las cruas y el de sus progenitores); b) la heterosis varietal (h_j) (heterosis promedio con que contribuye un progenitor en las cruas en que participa), y c) la heterosis específica (S_{jj}) de cada combinación particular de progenitores.

Con base en lo anterior, en este estudio se plantearon los siguientes objetivos: estimar la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica de siete líneas de tomate saladette con sus cruas y características agronómicas importantes en rendimiento y estimar los efectos de heterosis promedio, varietal y específica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cruzamiento dialélico y la producción de semilla F₁ se llevó a cabo en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el ciclo PV 2009. Se usaron siete líneas de tomate saladette (Cuadro 1). Los cruzamientos se realizaron en base al método II modelo I de Griffing (1956). Los frutos provenientes de cada crua se cosecharon en etapa de madurez fisiológica y se almacenaron hasta su completa maduración, para realizar la extracción de semilla, y posteriormente, evaluar los híbridos.

Cuadro 1. Líneas de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) de hábito indeterminado utilizadas como progenitores en un cruzamiento dialélico para estimar la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica.

Número de Línea	Línea
1	IR-14
2	IR-10
3	IR-24
4	IR-17
5	IR-8
6	IR-9
7	IR-13

Evaluación del material genético

La evaluación de los 28 materiales (cruzas y progenitores) se realizó en el ciclo PV 2010, en un lote experimental de la UAAAN, situada en Buenavista, al sur de Saltillo, Coah., México, ubicada a 25° 23' LN y 101° 00' LW y una altitud de 1743 m, con un clima (Bshw) muy seco, semicálido, y con precipitación de 350 a 450 mm promedio anual (INEGI, 2000). Las plantas de tomate se condujeron a dos tallos.

Variables evaluadas

Rendimiento. Durante el ciclo de cultivo se evaluó el rendimiento (REND) en t ha⁻¹, considerando la producción de fruto de las cinco plantas centrales, para posteriormente proyectarlo a toneladas por hectárea.

Número total de frutos. Para determinar el número total de frutos (NTF), se cortaron y contaron todos los frutos de las cinco plantas del surco central y se dividieron entre las cinco plantas muestreadas.

Peso de frutos. El peso de frutos (PF) se determinó en gramos, se cosecharon los frutos de las cinco plantas centrales, y se pesaron en una báscula digital

Longitud de fruto. La longitud de fruto (LF) y el diámetro de fruto (DF) se midieron en cm, para lo cual, en el tercer corte se tomó una muestra de cinco frutos por cada progenitor y cruce.

Días a inicio de floración. Los días a inicio de floración (DIF), se contaron desde el trasplante y hasta que las plantas presentaron el 50 % de floración.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de ocho plantas, en surcos de 2 m de largo con una distancia entre surco de 90 cm y 25 cm entre plantas. Se evaluaron cinco plantas centrales con competencia completa.

El análisis de varianza para calcular la ACG y ACE, con $p(p+1)/2$ combinaciones, se realizó de acuerdo al

método II de Griffing (1956), considerando el modelo I donde los progenitores se escogen deliberadamente.

El modelo para el análisis de aptitud combinatoria es:

$$X_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + b_k + (gb)_{ijk} + 1/bc + \sum e_{ijkl}$$

$$I, j = 1, 2, \dots, p$$

$$K = 1, 2, \dots, b$$

$$l = 1, 2, \dots, c$$

Donde: X_{ijk} = valor fenotípico observado; μ = media general del experimento, g_i y g_j = efecto de la ACG de los progenitores, S_{ij} = efecto de la ACE para el cruzamiento $i \times j$ ($S_{ij} = S_{ji}$), B_k = efecto del bloque K , $(gb)_{ijk}$ = efecto de la interacción entre el genotipo ij y el bloque k , $1/bc + \sum e_{ijkl}$ = efecto residual de la observación $ijkl$.

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS Versión 9.0.) utilizando el programa Diallel-SAS (Zhang y Kang 2003), para los análisis de varianza y estimación de efectos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadrados medios del análisis dialélico (Método II, Modelo I de Griffing, 1956) para los siete progenitores y sus 21 cruzas, se muestran en el Cuadro 2. Se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) para REND, LF y DIF y diferencias ($p \leq 0.01$) para NTF y PPF para la fuente de variación cruzas; en lo que se refiere a la ACG las variables NTF, REND, PPF y LF presentaron diferencias ($p \leq 0.01$) (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con lo reportado por Martínez *et al.* (1989), García y Vallejo (1990), Hannan *et al.* (2007) y Mendoza *et al.* (2010), los cuales reportaron diferencias altamente significativas para las mismas variables en el cultivo de tomate chonto y saladette, respectivamente. Para DIF se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Esta variabilidad presentada en los resultados se puede atribuir a la divergencia genética que presentan los progenitores, lo que hace posible la identificación de cruzas precoces, tardías, frutos más grandes (largos y anchos) y sobre todo, de cruzas con rendimiento contrastante; esto se demuestra por los rangos de diferencias encontrados en el cuadro de comparación

de medias (Cuadro 5), debido a la condición genética de cada genotipo. No se observó diferencia estadística para ninguna de las fuentes de variación en lo que respecta a DF, esto puede deberse al tipo de fruto que presentan las líneas que es de tipo saladette, fruto que se caracteriza por ser ligeramente alargado y angosto. La producción moderna de cultivos hortícolas requiere de uniformidad genética en diferentes características morfológicas, fenológicas y fisiológicas,

Los cuadrados medios para la ACE presentaron en promedio, 3.18 veces menor efecto en comparación a los de la ACG para todas las variables evaluadas, estas no presentaron significancia, esto quiere decir que todos los progenitores y cruza se comportaron de manera similar para ACE. Debido a las combinaciones híbridas tuvieron un comportamiento peor al esperado, en base al comportamiento promedio de las líneas parentales, esto se pudo deber a la falta de complementariedad entre las líneas involucradas o a la existencia de cierto grado de parentesco entre ellas. García y Vallejo (1990) dicen que los efectos negativos de ACE son los responsables de que los progenitores superiores originen híbridos inferiores o viceversa, debido a los complejos sistemas de interacción, especialmente complementación, entre los genes responsables de la manifestación del carácter.

Al desglosar ACG y ACE, y no obstante de haber obtenido diferencias ($p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$), se determinó que la ACG predominó con más del 16 % a la suma de cuadrados (SC) en la fuente de variación genotipos en NTF y REND, esto demuestra que los efectos aditivos fueron superiores a los efectos no aditivos, mientras que

para PPF, LF, DIF y DF contribuyó con 15.30, 10.36, 9.84 y 5.55 % respectivamente, esto es debido a los efectos aditivos que pueden ser explotados a través de un programa de selección recurrente para desarrollar genotipos con estas características. García y Vallejo (1990) mencionan que no se debe descartar la posibilidad de formar líneas homocigotas, aprovechando la presencia de acción génica aditiva significativa. Por otro lado, la ACE predominó en la suma de cuadrados en la fuente de variación genotipos con más del 17.22 % en DIF, mientras que LF, NTF, DF, PPF y REND representaron más del 14.75, 13.94, 13.93, 12.55 y 11.06 %, respectivamente.

Los resultados de los efectos de ACG y ACE, indican que tanto los efectos aditivos como los no aditivos contribuyeron a la suma de cuadrados de genotipos. Esto concuerda con lo obtenido por Gui *et al.* (1992) y Vasal *et al.* (1992) quienes observaron que los efectos aditivos contribuyeron más a la varianza de genotipos, pero no coincide con Martínez *et al.* (2005) y De la Rosa *et al.* (2006) quienes reportaron que los efectos de dominancia constituyen el componente genético más importante para el rendimiento. Al respecto, Gutiérrez *et al.* (2002) encontraron, en maíz, que a medida que la divergencia genética de los materiales se incrementa, aumenta también la diferencia entre los valores de ACG o ACE; o bien para los dos tipos de acción génica. Los coeficientes de variación (Cuadro 3) se ubicaron en un rango aceptable, ya que mostraron valores de 11.629 % para DIC hasta 33.941 % para REND, lo cual es un indicativo de la confiabilidad de los datos obtenidos.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis dialélico de siete progenitores de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y sus 21 cruza evaluadas en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo PV 2010.

FV	GL	NTF	REND	PPF	LF	DF	DIF
Repetición	3	307.904	60033322	638.539	1.794	0.968	7.178
Genotipos	27	520.639**	191615717*	339.514**	1.228*	0.284	59.739*
ACG	6	1235.30**	509440531.76**	839.263**	2.280**	0.366	97.785*
ACE	21	316.52	100808626.63	196.730	0.927	0.261	48.869
Error	81	229.880	106306530	156.244	0.744	0.260	33.450
Total	138	2610.297	968204727.39	2170.29	6.973	2.139	247.021
C.V.		29.791	33.941	21.82	13.325	10.420	11.629

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; REP = Repetición; ACG= Aptitud combinatoria General; ACE = Aptitud Combinatoria Especifica; CV = Coeficiente de Variación. *, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

En la estimación de los efectos de ACG de las líneas progenitoras del cruzamiento dialélico analizado bajo el método II modelo I de Griffing (1956) se observó (Cuadro 4) para la variable rendimiento (REND), que la línea IR17 fue la que obtuvo el valor más alto de ACG presentando diferencia altamente significativa, para la misma variable, las líneas IR24, IR9 y IR14 presentaron valores positivos. Las líneas que presentaron los valores más altos para número total de frutos (NTF) fueron IR9 e IR17 siendo altamente significativos y significativos respectivamente, las líneas IR14 e IR24 presentaron valores sobresalientes.

Peso del fruto

En lo que se refiere al peso del fruto (PF), las mejores líneas fueron IR17 e IR24 presentando diferencias ($p \leq 0.01$) y ($p \leq 0.05$). Todos los demás materiales presentaron valores negativos, sobresaliendo la línea IR10, que mostró el valor más bajo de los negativos ($p \leq 0.05$). Esto significa que los efectos aditivos fueron los que influenciaron en la línea IR17, al presentar los valores más altos y positivos para las variables REND, NTF y PPF, indicando que es una buena fuente de germoplasma para desarrollar futuros programas de mejoramiento. Por el contrario, la línea IR10 obtuvo los valores negativos más bajos para estas tres variables.

Longitud de fruto

Las líneas IR17 e IR10 mostraron valores positivos y diferencias significativas, la línea IR9 presentó valor positivo aunque no significativo. IR24 fue estadísticamente diferente a las demás líneas con valor negativo más alto, lo cual se reflejó en el tamaño de los frutos, que fueron los más pequeños. En cuanto al DF, IR9 fue estadísticamente diferente a las demás con el valor negativo más bajo, en contraste la línea IR17 presentó el valor positivo más alto; sin embargo no presentó diferencia estadística, a esta le siguieron las líneas IR14, IR13 e IR8 en orden ascendente.

Días a inicio de floración

La línea IR10 presentó el valor positivo más alto ($p \leq 0.01$). La existencia de efectos positivos de ACG en días a floración, es una situación desfavorable si se deseara mejorar dicho carácter hacia precocidad, por que tales efectos positivos implican ciclos más tardíos; por el contrario, la línea IR24 mostró el valor negativo de ACG más alto, lo que indica que este progenitor fue el más precoz, situación que hace deseable este material para mejorar precocidad, ya que ésta se reduce en sus cruza.

Cuadro 3. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de siete líneas progenitoras de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de un cruzamiento dialélico evaluado en Buenavista, Saltillo, Coah., durante el ciclo PV 2010.

Líneas	NTF	REND	PPF	LF	DF	DIF
IR-14	1.03	100.07	-0.16	-0-11	0.08	-0.51
IR-10	-8.76**	-4713.13**	-5-18*	0.28*	-0.10	2.93**
IR-24	0.67	1722.40	4.95*	-0.30*	-0.00	-1-51
IR-17	6.01*	6804.96**	8.05**	0.32*	0.09	-1.15
IR-8	-3-18	-2838.95	-3.92	-0.23	0.04	-0.17
IR-9	8.12**	1006.82	-2.63	0.14	-0.16*	-1.15
IR-13	-3.90	-2082.18	-1.09	-0.09	0.05	1.57

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

En la estimación de los efectos de ACE del cruzamiento dialélico analizado bajo el método II modelo I de Griffing (1956) (Cuadro 5) se encontró que en número total de frutos (NTF), los valores positivos altos y significativos fueron para los híbridos IR24xIR8 y IR8xIR13 con 17.36 y 11.69; los híbridos que presentaron valores negativos y no diferentes estadísticamente fueron IR17xIR9 con -13.52 y IR24xIR9 con -11.94.

Rendimiento

El híbrido IR24x IR8 obtuvo el valor positivo más alto de ACE con 12308.60 con alta significancia, este híbrido puede utilizarse como tal para explotar el vigor híbrido para rendimiento, el híbrido IR17xIR9 mostró el valor negativo más bajo (-8394.62). El alto rendimiento de una craza puede deberse a la suma de efectos aditivos de los genes de ambos progenitores, o bien, a los efectos de interacción de los alelos dominantes

de un progenitor con los alelos recesivos del otro progenitor (Falconer, 1981).

En cuanto a PF, la craza IR14xIR24 presentó valor negativo para ACE y fue estadísticamente diferente a las demás con -12.87, mientras que las cruzas con valores positivos altos fueron para IR8xIR9 e IR14xIR8 con 10.94 y 9.96, respectivamente.

Para la LF, el valor positivo significativo para ACE fue el híbrido IR14xIR8 con 0.93, así mismo, se encontró diferencia significativa con valor negativo para el híbrido IR14xIR24 con -1.00.

En cuanto al DF, la craza IR14xIR24 presentó valor negativo alto para ACE y fue estadísticamente diferente a las demás cruzas con valor de -0.50, mientras que las cruzas con valores positivos altos fueron para IR24xIR8 e IR14xIR13 con 0.39 y 0.25, respectivamente.

En DIF, las cruzas no presentaron diferencia estadística tanto positiva como negativa, los valores positivos de ACE más importantes fueron para IR24xIR17 con -4.56 y IR14xIR9 con -4.31.

Cuadro 4. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 21 híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) evaluados en Buenavista, Saltillo, Coah., durante el ciclo P-V 2010.

Cruzas	NTF	REND	PPF	LF	DF	DIF
IR14xIR10	-3.16	-4181.55	-1.90	-0.36	-0.20	-1.40
IR14xIR24	3.88	-1397.42	-12.87*	-1.00*	-0.50*	4.79
IR14xIR17	-1.44	954.78	-3.91	0.12	0.23	4.93
IR14xIR8	-7.00	424.45	9.96	0.93*	0.18	-4.04
IR14xIR9	11.19	2011.01	-2.11	-0.52	-0.10	-4.31
IR14xIR13	-7.02	-1431.22	2.49	0.11	0.25	4.45
IR10xIR24	-0.05	1089.21	2.96	-0.00	0.09	2.34
IR10xIR17	-0.88	-539.02	1.13	0.30	-0.24	-3.26
IR10xIR8	-2.94	-960.58	-6.59	-0.76	0.08	3.01
IR10xIR9	-7.00	-4408.98	4.95	0.29	-0.18	-2.01
IR10xIR13	-1.22	-2345.61	-6.54	-0.25	-0.35	-2.48
IR24xIR17	3.41	1534.69	4.75	0.11	-0.10	-4.56
IR24xIR8	17.69*	12308.60**	6.74	0.10	0.39	1.45
IR24xIR9	-11.94	-2304.17	7.39	0.71	-0.06	-1.06
IR24xIR13	-5.66	-2811.56	-1.36	-0.12	0.24	-1.04
IR17xIR8	1.27	648.17	4.36	0.35	0.05	-2.40
IR17xIR9	-13.52	-8394.62	-4.85	-0.36	-0.07	0.81
IR17xIR13	10.00	7062.00	2.35	-0.05	0.19	-1.15
IR8xIR9	-8.83	-2094.01	10.94	0.43	0.04	-2.65
IR8xIR13	11.69*	3778.87	3.03	-0.13	-0.23	-4.12
IR9xIR13	-1.11	-519.78	-5.61	0.07	0.24	4.09

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro 5. Comparación de medias de siete líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y sus 21 cruzas para características fenológicas y de rendimiento.

Líneas	NTF1 (Núm.)	REND (t ha ⁻¹)	PPF (gr)	LF (cm)	DF (cm)	DIF (días)
IR14	54.75 bcdefg	32.388 abcdef	61.11 abcdef	6.60 abcde	5.14 abcd	46.50 cdefg
IR10	41.00 fg	26.624 defg	49.89 cdefgh	7.44 a	5.10 abcd	57.50 a
IR24	48.75 cdefg	29.613 abcdefg	63.35 abcde	5.98 bcdef	4.85 abcd	45.75 defg
IR17	63.50 abcd	43.354 a	71.46 ab	6.89 abcd	5.07 abcd	50.25 abcdeg
IR8	38.75 g	17.647 g	35.17 h	5.54 ef	4.72 abcd	53.75 abcd
IR9	82.75 a	40.246 abcd	46.63 efgh	6.45 abcde	4.64 abcd	50.00 abcdefg
IR13	39.75 fg	24.347 efg	57.88 abcdefg	6.48 abcde	4.84 abcd	53.00 abcdefg
Cruzas						
IR14XIR10	40.00 fg	21.583 fg	50.02 cdefgh	6.28 abcdef	4.68 abcd	50.75 abcdef
IR14XIR24	56.50 bcdefg	30.803 abcdefg	49.18 cdefgh	5.05 f	4.48 cd	52.50 abcde
IR14XIR17	56.50 bcdefg	38.237 abcdefg	61.24 abcdef	6.81 abcd	5.32 a	53.00 abcde
IR14XIR8	41.75 efg	28.063 bcdefg	63.14 abcde	7.05 abc	5.21 abc	45.00 efg
IR14XIR9	71.25 ab	33.495 abcdef	52.34 cdefgh	5.98 bcdef	4.72 abcd	43.75 fg
IR14XIR13	41.00 fg	26.964 defg	58.50 abcdefg	6.37 abcde	5.30 a	55.25 ab
IR10XIR24	42.75 defg	28.476 bcdefg	60.00 abcdefg	6.45 abcde	4.89 abcd	53.50 abcd
IR10XIR17	47.25 cdefg	31.930 abcdefg	61.27 abcdef	7.39 a	4.65 abcd	48.25 bcdefg
IR10XIR8	36.00 g	21.865 fg	41.56 gh	5.76 def	4.93 abcd	55.50 ab
IR10XIR9	43.25 defg	22.262 fg	54.40 bcdefg	7.20 ab	4.44 d	49.50 abcdefg
IR10XIR13	37.00 g	21.237 fg	44.44 fgh	6.41 abcde	4.50 bcd	51.75 abcdef
IR24XIR17	61.00 bcdef	40.440 abcd	75.03 a	6.62 abcde	4.89 abcd	42.50 g
IR24XIR8	65.75 abc	41.570 abc	65.03 abcde	6.04 bcdef	5.34 a	49.50 abcdefg
IR24XIR9	47.75 cdefg	30.803 abcdefg	66.96 abc	7.03 abc	4.66 abcd	46.00 defg
IR24XIR13	42.00 efg	27.206 cdefg	59.76 abcdefg	5.95 cdef	5.20 abc	48.75 bcdefg
IR17XIR8	55.00 bcdefg	34.992 abcdef	65.75 abcd	6.93 abcd	5.10 abcd	46.00 defg
IR17XIR9	51.50 bcdefg	29.795 abcdefg	57.83 abcdefg	6.58 abcde	4.75 abcd	48.25 bcdefg
IR17XIR13	63.00 abcde	42.162 ab	66.58 abc	6.65 abcde	5.25 ab	49.00 bcdefg
IR8XIR9	47.00 cdefg	26.451 defg	61.64 abcdef	6.82 abcd	4.83 abcd	45.75 defg
IR8XIR13	55.50 bcdefg	29.235 abcdefg	55.28 bcdefg	6.00 bcdef	4.77 abcd	47.00 cdefg
IR9XIR13	54.00 bcdefg	28.782 bcdefg	47.92 defgh	6.59 abcde	5.03 abcd	54.25 abc

1 Número total de frutos de cinco plantas centrales

*Valor con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

CONCLUSIONES

Los caracteres de rendimiento principalmente por efectos de la aptitud combinatoria general fueron superiores a los de la aptitud combinatoria específica. Las líneas que mostraron el mayor efecto de la aptitud combinatoria general y el mayor rendimiento en la comparación de medias, podrían ser usadas en un programa de mejoramiento genético, diseñado para explotar la acción génica aditiva en forma exitosa. La línea IR17 mostró la mayor aptitud combinatoria general y las más altas combinaciones híbridas, se recomienda

para ser utilizada en un programa de mejoramiento donde se exploten principalmente los efectos aditivos para mejorar el rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Amaral, J., A.T., W., Díaz C., V.W., Damiao C., C., F. F. Luiz y S.C. Albrerto. 1997. Melhoramento do tomateiro: II. Procedimento de Gardner e Eberhart na análise heterótica de características morfoagronômicas e da qualidade dos frutos. *Bragantia*. 56 (1): 33-46.
- Cruz, C., D. e Regazzi A., J. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Segunda ed.

- Universidad Federal Vicosa. Imprenta universitaria. Brasil. 390 p.
- De la Rosa, L., A, De León C., H., Rincón S., F. y Martínez Z., G. 2006. Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados a El Bajío mexicano. *Rev. Fitotec. Mex.* (3):247-254.
- Falconer, D.S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. Segunda ed. Editorial CECSA. London. Logmans. 430 p.
- FAOSTAT. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tomato Production Statistic. Roma: FAO. <http://faostat.fao.org/> (5 de junio de 2010).
- Fehr, R.W. 1982. Applied plant breeding. Iowa State University. Ames Iowa University Press. P. 552.
- García, A., A. y Vallejo C., F.A. 1990. Habilidad combinatoria para el carácter producción por planta y sus componentes primarios en un cruzamiento dialélico de siete líneas de tomate Chonto *Lycopersicon esculentum* Mill. *Rev. Acta Agro.* 40(1-2): 32-41.
- Gardner, C.O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotec. Latinoamer.* 4(2): 1-12.
- Gardner, C.O. and Eberhart S., A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452.
- Griffing, B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Guei, R., G. and Wasson E., C. 1992. Inheritance of some drought adaptive traits in maize. Interrelationship between yield, flowering and ear per plant. *Maydica* 33: 157-164.
- Gutiérrez del Río, E, Palomo G., A., Espinoza B, A y De La Cruz L., E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(3):271-277.
- Hannan, M., M., Biswas K., M., Ahmed B., M., Hossain, M. y Islam R. 2007. Combining ability analysis of yield and yield Components in Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Rev. Turk. J. Bot.* 31(1): 559-563.
- INEGI. 2000. Marco Geoestadístico de los Estados Unidos Mexicanos.
- Martin del Campo, V., S. y Molina G., J. 1982. Aptitud combinatoria, heterosis y estabilidad en tres grupos de poblaciones de maíz en el norte-centro de México. *Agrociencia.* 47-50: 103-116.
- Martínez, P., B. A., Saint P., R. y Vallejo C., F.A. 1989. Análisis de la heterosis y de la habilidad combinatoria entre diferentes cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. a partir de un cruzamiento dialélico. *Rev. Acta Agro.* 39 (1-2): 24-33.
- Martínez, Z., G., Dorantes G., J.R.A., Ramírez M., M., De la Rosa L., A. y Pozo C.O. 2005. Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(4): 327-332.
- Mendoza, J., V., Shagún C., J., Rodríguez P., J. E, Legaria S., J. P, Peña L., A. y Pérez G., M. 2010. Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladette. *Rev. Chapingo serie horticultura.* 16(1): 57-66.
- Reyes, L., D., Molina G, J.D, Oropeza R., M.A. y Moreno P., E. C. 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1):49-56.
- Sierra, M., M., Preciado O., R.E., Alcázar A., J.J, Rodríguez M., F.A. 1991. Selección de líneas por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. *In: XXXVII Reunión Anual del PCCMCA.* Panamá, Panamá. pp. 109-116.
- Sprague, G., F. and Tatum L., A. 1942. General vs specific combining ability in single-crosses of corn. *Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Vasal, S., K., Srinivasan G., Crossa J. and Beck D., L. 1992. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperature early-maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 32:884-890.
- Zhang, Y. and Kang M.S. 2003. DIALLEL-SAS: A program for Griffing's diallel methods: Handbook of formulas and software for plant geneticists and breeders. *In: Kang, M. S. (ed).* FPP. New York. London. Oxford. 347p.

