

## EFECTOS GENÉTICOS Y HETEROSIS EN LA VIDA DE ANAQUEL DEL CHILE SERRANO

## GENETIC EFFECTS AND HETEROSIS OF SHELF LIFE IN SERRANO HOT PEPPER

Gaspar Martínez Zambrano<sup>1\*</sup>, José Roberto Augusto Dorantes González<sup>1</sup>, Moisés Ramírez Meraz<sup>2</sup>,  
Alfredo de la Rosa Loera<sup>1</sup> y Octavio Pozo Campodónico<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Ex-Hacienda de Buenavista, C. P. 25315, Saltillo Coah. Tel: 01 (844) 411-0220. gmartin@uaan.mx <sup>2</sup>Programa de Chile, Campo Experimental del Sur de Tamaulipas, Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 55 Carr. Tampico-Mante, Estación Cuauhtémoc, Tam. Tel. y Fax: 01 (836) 276-0024.

\* Autor para correspondencia

## RESUMEN

El desconocimiento de los factores genéticos de la expresión de la calidad poscosecha impide que se usen en su mejoramiento genético. En este trabajo se estiman los efectos genéticos de la duración de la vida de anaquel de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) y se caracterizan los materiales utilizados por su mayor vida de anaquel. Las cruces posibles entre siete líneas de chile serrano producidas mediante el diseño genético de cruces dialélicas y sus progenitores, se evaluaron en campo en el sur de Tamaulipas durante el ciclo otoño-invierno de 2001 bajo condiciones de riego. Las características medidas fueron: rendimiento de fruto verde, vida de anaquel (días a pérdida de valor comercial), peso individual y tasa de pérdida de peso del fruto. Los resultados mostraron que en la expresión del rendimiento participan efectos aditivos y de dominancia; la vida de anaquel y peso individual de fruto están determinados solamente por efectos de dominancia. La tasa de pérdida de peso está determinada principalmente por efectos aditivos. Se observaron efectos de heterosis altos para vida de anaquel, y heterosis de baja a moderada para rendimiento y tasa de pérdida de peso. La heterosis varió de 11 a 127 % en rendimiento; de 0.5 a 248 % en vida de anaquel; de 17 a 247 % en peso individual de fruto; y de -37 a 52 % en tasa de pérdida de peso. Se detectaron efectos significativos ( $P \leq 0.05$ ) en la aptitud combinatoria general (ACG) de los padres para rendimiento y tasa de pérdida de peso, y en los de aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruces para rendimiento. Por tanto, la vida de anaquel y el peso individual de fruto pueden ser mejorados con métodos que exploten más los efectos de dominancia para formar variedades híbridas, mientras que la tasa de pérdida de peso puede ser mejorado con métodos tradicionales de endocria y selección.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L., vida de anaquel, aptitud combinatoria general y específica, heterosis.

## SUMMARY

The knowledge of expression of the genetic factors for post-harvest quality is useful for plant breeding. In this research we estimated the genetic effects for the shelf-life duration of serrano hot pepper (*Capsicum annuum* L.), and characterized several cultivars for this trait. The diallel crosses and their seven parental lines were evaluated under field conditions in Tamaulipas, during the Fall-

Winter 2001 season. The measured traits were fresh fruit, yield of shelf-life (days to loss of marketing value), individual fruit weight and rate of fruit weight loss. Results showed that yield expression is determined by both additive and dominant gene effects, while the shelf-life and individual fruit weight are only determined by genetic effects of dominance; the rate of fruit weight loss are determined only by additive genetic effects. High heterotic effects were observed for shelf-life and individual fruit weight, while for yield they varied from low to moderate values. The heterosis ranged from 11 to 127 % for fresh fruit yield; from 0.5 to 248 % for shelf-life; from 17 to 247 % for individual fruit weight; and from -37 to 52 % for the rate of fruit weight loss. There were significant effects ( $P \leq 0.05$ ) of general combining ability for yield and rate of weight loss, and also in the specific combining ability for yield. Therefore, the shelf-life and individual fruit weight should be bred by methods exploiting the genetic dominance effects to produce hybrid varieties, whereas for fruit weight loss breeding is best by inbreeding and selection methods.

**Index words:** *Capsicum annuum* L., shelf-life, general and specific combining ability, heterosis.

## INTRODUCCIÓN

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de importancia comercial en México en donde la forma más popular de consumo es en fresco, por lo que la calidad del fruto y su persistencia poscosecha son factores importantes en la calidad comercial, la duración de la vida de anaquel y las pérdidas poscosecha del producto. Las pérdidas poscosecha inician desde la recolección y continúa durante la selección, empaque, transporte, almacén y exposición para venta. Se desconoce la magnitud de las pérdidas poscosecha de chiles, pero se estiman entre 25 y 50 % en todos los alimentos producidos (FAO, 1993; Gaitán, 2001).

En la mayoría de los casos, las pérdidas aumentan debido al manejo inadecuado que recibe el producto después

de que sale del campo; en particular los productos hortícolas son altamente perecederos porque las pérdidas de firmeza y peso son rápidas, y los frutos sufren cambios de color durante periodos largos de almacenamiento que aceleran el deterioro de la calidad y la pérdida de su valor comercial, por lo que se consideran de corta vida de anaquel. El conocimiento de los factores genéticos del deterioro del fruto bajo condiciones estándar de almacenamiento como el tipo de acción génica, las aptitudes combinatorias y la heterosis de los progenitores y sus cruza - es importante para la orientación y éxito de programas de mejoramiento que incluyen la calidad poscosecha como un criterio esencial de selección.

Según Joshi y Brahma (1987) y Patel *et al.* (1998), en Chile la información de los efectos genéticos y de las aptitudes combinatorias orienta sobre el uso óptimo de los progenitores para aprovechar sus efectos de heterosis en cruzamientos específicos, o bien para acumular los efectos de alelos favorables que pueden ser fijados en condición homocigótica. Es decir, esta información sirve para hacer un uso científicamente planificado de los progenitores en un programa de mejoramiento de Chile (Ahmed *et al.*, 1997).

El tipo de acción génica es la manera en que un gene manifiesta su efecto (Molina, 1992). Uno de los procedimientos más usados para el estudio de estos efectos genéticos es el análisis de cruza dialélicas; es decir, las cruza simples posibles que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de progenitores. Las cruza dialélicas permiten estimar la magnitud de los componentes genéticos de la variación entre las propias cruza (Martínez, 1983). Sprague y Tatum (1942) definen la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, mientras que la aptitud combinatoria específica (ACE) puede identificar las combinaciones específicas que son mejores o peores que lo esperado con base en la ACG de sus padres. La ACG se relaciona con efectos genéticos de aditividad y la ACE principalmente con efectos de dominancia. La heterosis es la expresión de un carácter en la progenie más allá de los límites de expresión manifiestos en sus progenitores y tiene su origen en los efectos principalmente de dominancia de los genes y en la diferencia de sus frecuencias génicas (Falconer, 1981).

Entonces, los efectos genéticos y la heterosis son datos importantes para evaluar el potencial genético de un grupo de progenitores en un programa de mejoramiento, así como de las progenies que resultan del cruzamiento entre ellos. Pero en la literatura científica no se encuentran valores estimados de estos parámetros genéticos para caracteres de calidad poscosecha en Chile serrano, particularmente

referente a vida de anaquel. Por ello, en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: a) Estimar los efectos genéticos de la duración de la vida de anaquel de Chile serrano, y b) Caracterizar los materiales utilizados por su capacidad para mantenerse en óptimas condiciones de calidad, durante más tiempo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material germoplásmico consistió de siete líneas progenitoras (CHISER 74-5, CHISER 74-26, CHISER P8-60, CHISER 21-20-13, CHISER 16-34, CHISER 28-102-13 y CHISER 29-119) del Programa de Chile del Campo Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Los cruzamientos posibles entre tales materiales se hicieron en un solo sentido, en un invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.

El experimento para la evaluación de las 21 cruza simples y los siete progenitores se estableció en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones el 22 de junio de 2001, en condiciones de riego, en el CESTAM que está situado en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas a 22° 34' LN y 98° 05' LW, a una altitud de 60 m. Dicho sitio tiene un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 24.5 °C, máxima de 32 a 50 °C en abril, y mínima de 3 a 10 °C en diciembre y enero (García, 1988); su suelo es un vertisol pélico de textura franco arcillo arenosa, con pH de alrededor de 8.2, y con escaso contenido de materia orgánica. La plántula previamente se produjo en charolas para su trasplante en campo. La parcela útil consistió de cinco plantas espaciadas a 30 cm en surcos a 90 cm, para obtener una densidad de 37 037 plantas/ha. La siembra y conducción del experimento se realizó según la tecnología de producción recomendada para la región por el CESTAM (2002).

La cosecha se hizo en cuatro cortes a partir del 29 de noviembre de 2001, espaciados cada 30 d, aproximadamente. La muestra para el estudio de poscosecha consistió de cinco frutos por repetición y por fecha de corte. Las características evaluadas fueron: Rendimiento de fruto verde (t ha<sup>-1</sup>), peso individual de fruto (g); tasa de pérdida de peso del fruto, en gramos por día (g d<sup>-1</sup>). Los cinco frutos elegidos al azar para medir peso de fruto, se pesaron cada 48 h hasta que perdieron su valor comercial. Los frutos fueron marcados para el seguimiento individual y se mantuvieron en condiciones estándar de almacenamiento, consistentes en temperatura y humedad del ambiente natural en bodega bajo oscuridad, durante el periodo de lectura. La pérdida de valor comercial se consideró como el número de días que tardó el fruto en cambiar de color

verde a rojo, naranja o amarillo, dependiendo de la coloración propia de los progenitores o los días en los que dichos frutos perdieron su consistencia turgente y no fueron comerciables, lo que haya ocurrido primero.

Los datos se sometieron a análisis de varianza y análisis genéticos, para estimar los efectos de ACG y ACE atribuibles a los padres y cruza en los cuatro caracteres, mediante el método II de Griffing (1956), el cual incluye los padres y las cruza posibles entre ellos. Esto último se hizo con ayuda del programa IML de SAS (SAS Institute, 1998). Las estimaciones de ACG de progenitores y los de ACE y heterosis de cruza se probaron mediante prueba de *t* a partir de sus estimados y sus errores estándar (Steel y Torrie, 1981). El efecto de heterosis de cada cruza se calculó y se expresó como proporción porcentual respecto al promedio de los padres. Las estimaciones de la varianza de ACG y ACE de cada variable se usaron para estimar las varianzas aditiva ( $\sigma^2_A$ ) y de dominancia ( $\sigma^2_D$ ), respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre cruza en todas las características evaluadas, entre las ACG de los progenitores para rendimiento y pérdida de peso, y entre las ACE de las cruza para rendimiento, peso de fruto y pérdida de valor comercial (Cuadro 1). En términos genéticos, los resultados en ACG y ACE indican que las diferencias que hay entre progenitores y cruza para peso de fruto y vida de anaquel se explican solamente por efectos genéticos no aditivos; en cambio, las diferencias genéticas en pérdidas de peso, un carácter muy importante en el deterioro del fruto y la pérdida de su valor comercial, se deben solamente a efectos aditivos, como también se infiere de los valores de los componentes de la varianza genética (Cuadro 2). El rendimiento de fruto reflejó tanto efectos aditivos como no aditivos en los cuales predominan los efectos no aditivos, por alcanzar los mayores valores de cuadrado medio (Cuadro 1) y de los componentes de varianza genética (Cuadro 2).

Cuadro 1. Grados de libertad (GL) y cuadrados medios de los análisis de varianza de rendimiento, peso individual del fruto, vida de anaquel y tasa de pérdida de peso de *chile serrano*.

FV	GL	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso individual del fruto (g)	Vida de anaquel (días)	Tasa de pérdida de peso (g d <sup>-1</sup> )
REP	2	8.58	125.42 **	258.17 **	0.055 **
CRUZAS	27	534.62 **	44.12 **	175.53 **	0.011 **
ACG	6	279.59 **	9.00	61.97	0.320 **
ACE	21	607.48 **	54.16 **	207.98 **	0.005
ERROR	54	11.04	13.21	45.15	0.004
C V (%)		6.30	37.75	63.99	24.850

\*, \*\* Significativo a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. GL = grados de libertad.

Cuadro 2. Estimación de componentes aditivo ( $\sigma^2_A$ ) y de dominancia ( $\sigma^2_D$ ) y sus errores estándar (ee) de la varianza genética de rendimiento, peso individual del fruto, vida de anaquel y tasa de pérdida de peso de *chile serrano*.

Componente	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso individual del fruto (g)	Vida de anaquel (d)	Tasa de pérdida de peso (g d <sup>-1</sup> )
$\sigma^2_A \pm ee$	-65 $\pm$ 45.4	-4.52 $\pm$ 1.7	-14.60 $\pm$ 6.9	0.0315 $\pm$ 0.0160
$\sigma^2_D \pm ee$	298 $\pm$ 87.6	10.24 $\pm$ 4.0	41.71 $\pm$ 15.5	0.0003 $\pm$ 0.0003

En términos de la aplicación de los resultados en el fitomejoramiento, lo anterior es indicativo de que los caracteres determinados principal o totalmente por efectos aditivos pueden ser mejorados mediante métodos sencillos de endocria y selección, como la selección genealógica o selección uniseminal (Márquez, 1988), para el desarrollo de variedades derivadas de una línea pura (Singh *et al.*, 1982; Joshi y Brahma, 1987; Ahmed *et al.*, 1997; Patel *et al.*, 1998); y que en caracteres que predominantemente o en su totalidad están determinados por efectos de dominancia, el aprovechamiento de la heterosis mediante la formación de variedades híbridas (Ahmed *et al.*, 1997) y el uso de métodos de selección recurrente que exploten efectos no aditivos (Patel *et al.*, 1998), son las mejores estrategias.

Los altos coeficientes de variación observados se consideran propios de la naturaleza de los caracteres estudiados, ya que al momento del corte se encuentran frutos en diferentes estados de desarrollo.

El Cuadro 3 muestra las medias de rendimiento de fruto verde, peso de fruto, pérdida de peso y vida de anaquel de cada progenitor y cruza. Ningún progenitor superó el promedio de las cruza en cuanto a rendimiento, peso de fruto y vida de anaquel, pero los progenitores P2, P4 y P7 fueron mejores que el promedio de las cruza porque presentaron menores tasas de pérdida de peso (Cuadro 3). La media de rendimiento fue de 52.739 t ha<sup>-1</sup>, y las cruza más rendidoras fueron P1xP5, P1xP7 y P6xP7; los progenitores P5 y P7 mostraron los mejores rendimientos *per se*, junto con el progenitor P3, y participaron en la formación de las mejores cruza. La media del peso individual del fruto fue de 9.629 g, variable en la que las mejores cruza fueron P6xP7, P2xP6 y P5xP6; el progenitor P6 fue el que aportó más al peso de fruto, y corresponde al de mayor peso (5.43 g) entre los progenitores. Destaca la amplia diferencia en la media de peso de fruto entre progenitores y las cruza.

La vida de anaquel promedio de progenitores y cruza fue de 18.2 d (Cuadro 3). Las mejores cruza para vida de anaquel fueron P3xP7, P3xP4 y P4xP7, y el mejor progenitor fue P4. No obstante, fue el P7 el que más veces participó en los híbridos sobresalientes, junto con el P3 que también influyó positivamente para esta variable. También

destaca la diferencia notable en vida de anaquel promedio entre progenitores y cruzas. La media general para pérdida de peso fue de 0.120 g d<sup>-1</sup>; el progenitor con mayor pérdida de peso fue el P6 con 0.165 g d<sup>-1</sup>, y el de menor pérdida fue el P2 con 0.071 g d<sup>-1</sup>. Los mejores híbridos para pérdida de peso fueron P3xP5, P2xP3 y P2xP7, en los cuales evidentemente el progenitor P2 presentó el mejor aporte.

En expresión de heterosis (Cuadro 4), las mejores cruas fueron P1xP6, P1xP5, P4xP6 y P1xP7, y los progenitores

Cuadro 3. Medias de progenitores y cruas para rendimiento, peso individual del fruto, vida de anaquel y tasa de pérdida de peso de chile serrano.

Progenitor y cruz	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso individual del fruto (g)	Vida de anaquel (d)	Tasa de pérdida de peso (g d <sup>-1</sup> )
P1	26.125	3.89	6.53	0.132
P2	36.857	3.65	7.57	0.071
P3	42.890	4.02	7.90	0.105
P4	29.017	3.33	8.23	0.079
P5	42.790	3.80	5.77	0.164
P6	29.783	5.43	6.10	0.165
P7	42.133	3.31	7.83	0.085
<b>DMSp</b>	<b>6.834</b>	<b>2.21</b>	<b>3.02</b>	<b>0.119</b>
P1xP2	45.385	11.53	21.77	0.115
P1xP3	67.831	12.23	24.03	0.122
P1xP4	51.200	10.52	22.80	0.101
P1xP5	75.186	10.25	17.63	<b>0.144</b>
P1xP6	63.569	12.95	21.10	<b>0.127</b>
P1xP7	70.748	10.83	23.50	<b>0.100</b>
P2xP3	44.538	12.08	24.37	<b>0.089</b>
P2xP4	59.362	11.51	25.23	<b>0.107</b>
P2xP5	59.144	12.89	21.43	<b>0.115</b>
P2xP6	63.021	14.44	21.57	<b>0.131</b>
P2xP7	56.839	11.04	25.83	<b>0.089</b>
P3xP4	44.720	10.64	26.63	<b>0.100</b>
P3xP5	52.351	10.86	23.57	<b>0.085</b>
P3xP6	48.202	5.53	7.03	<b>0.164</b>
P3xP7	59.731	11.84	27.43	<b>0.107</b>
P4xP5	43.605	7.58	13.80	<b>0.113</b>
P4xP6	61.649	12.70	23.80	<b>0.150</b>
P4xP7	66.187	11.48	26.53	<b>0.120</b>
P5xP6	59.402	13.90	19.433	<b>0.161</b>
P5xP7	65.327	12.36	19.77	<b>0.189</b>
P6xP7	69.112	15.04	21.43	<b>0.145</b>
<b>DMSc</b>	<b>5.308</b>	<b>4.42</b>	<b>7.26</b>	<b>0.096</b>
<b>DMSg</b>	<b>5.438</b>	<b>5.95</b>	<b>11.00</b>	<b>0.098</b>
Mg	52.739	9.63	18.17	0.120
Mp	35.656	3.92	7.13	0.114
Mc	58.433	11.53	21.84	0.122
Máx	75.186	15.04	27.43	0.378
Mín	26.125	3.31	5.77	0.142

Mr, Mc, Mg = Medias de progenitores de cruas y general, respectivamente. DMSp, DMSc, DMSg = Diferencias mínimas significativas de progenitores, cruas y general, a 0.05 de probabilidad, respectivamente. Máx, Mín = Valores máximo y mínimo, respectivamente.

P1, P6 y P7 fueron los que tuvieron mayor participación en los híbridos de mayor heterosis. Para peso individual del fruto los mejores híbridos fueron P5xP7 (247 %), P2xP5 (245 %), P4xP7 (245 %) y P6xP7 (244 %), en

donde sobresalen los progenitores P2, P5 y P7. Para pérdidas de peso, los valores útiles son los valores negativos o cercanos a cero pues corresponden a las cruas que perdieron menos peso que la media de sus progenitores. Así, la mejor cruz fue P3xP5 con -37 %. Los progenitores P1 y P5 fueron los de mayor frecuencia en los híbridos sobresalientes. En la variable pérdida de valor comercial, el mejor híbrido fue P3xP7 con 248 %, en el que participan los dos mejores progenitores para días a pérdida de valor comercial, pues cada uno de ellos participó tres veces como progenitor, y en la mejor cruz aparecen juntos.

Los efectos de heterosis más altos fueron para vida de anaquel y peso individual del fruto, mientras que para rendimiento y pérdida de peso los efectos fueron moderados o bajos. Lo anterior coincide con lo señalado sobre las aptitudes combinatorias (Cuadro 1) y componentes de la varianza genética (Cuadro 2) del análisis de varianza, ya que tanto el peso individual del fruto como la vida de anaquel serían mejor aprovechados en fitomejoramiento con métodos que exploten los efectos no aditivos para la formación de variedades híbridas; en cambio, la tasa de pérdida de peso del fruto puede ser fácilmente mejorado mediante métodos tradicionales de endocria y selección, propios para la formación de variedades a partir de líneas altamente endogámicas.

En ACG (Cuadro 4), cinco de los siete progenitores mostraron efectos diferentes de cero para rendimiento, pero solamente los progenitores P5 y P7 mostraron efectos favorables. Para peso de fruto y vida de anaquel, ninguno de los progenitores mostraron efectos significativos de ACG, pero para la tasa de pérdida de peso cinco de los siete progenitores dieron valores significativos y los más bajos fueron en los progenitores P6 y P7 con valores de -0.038 y -0.054 g d<sup>-1</sup>, respectivamente, que contrastan con los progenitores P2 y P4 que tuvieron los valores más altos, con 0.039 y 0.026 g d<sup>-1</sup>, respectivamente. Los efectos de ACE fueron, en general, no significativos en la mayoría de las cruas, para las variables peso individual de fruto, vida de anaquel y tasa de pérdida de peso, pero fueron significativos para rendimiento de fruto fresco, variable en que la mayoría de las cruas mostraron efectos de ACE significativamente diferentes de cero (Cuadro 4).

En términos de su aplicación en fitomejoramiento, estos resultados indican que para el caso de rendimiento los efectos de dominancia expresados en ACE son importantes contribuyentes a la expresión de su heterosis; en cambio, para el peso individual del fruto y la vida de anaquel sus altos valores de heterosis parecen deberse, en teoría (Falconer, 1981), a las diferencias genéticas entre frecuencias

Cuadro 4. Heterosis, aptitud combinatoria general (ACG) de progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) de cruza para rendimiento, peso individual del fruto, vida de anaquel y tasa de pérdida de peso de chile serrano.

Progenitor y cruza	Rendimiento		Peso individual del fruto		Vida de anaquel		Tasa de pérdida de peso	
	Heterosis (%)	ACG o ACE	Heterosis (%)	ACG o ACE	Heterosis (%)	ACG o ACE	Heterosis (%)	ACG o ACE
P1		0.47	---	-0.11	---	-0.16	---	-0.002
P2		-2.21 *	---	0.42	---	1.1	---	0.039 *
P3		-2.08 *	---	-0.65	---	0.40	---	0.019 *
P4		-4.13 *	---	-0.66	---	1.11	---	0.026 *
P5		2.08 *	---	-0.18	---	-2.02	---	-0.038 *
P6		0.29	---	0.93	---	-2.08	---	-0.054 *
P7		5.59 *	---	0.24	---	1.65	---	0.010
P1xP2	44.1 *	-5.61 *	205.9 *	1.59	208.8 *	2.65	13.1	0.026
P1xP3	96.6 *	16.703 *	209.4 *	3.35	233.0 *	5.63	3.2	0.021
P1xP4	85.7 *	2.12	191.5 *	1.65	208.8 *	3.69	-4.2	-0.015
P1xP5	118.2 *	19.90 *	166.7 *	0.91	186.7 *	1.64	-2.9	0.006
P1xP6	127.4 *	10.07 *	178.1 *	2.49	234.0 *	5.18	-14.2	-0.042
P1xP7	107.3 *	11.95 *	201.0 *	1.07	227.2 *	3.84	-8.2	-0.034
P2xP3	11.7 *	-3.90 *	215.0 *	2.68	215.1 *	4.70	0.7	-0.005
P2xP4	80.3 *	12.96 *	229.8 *	2.12	219.4 *	4.85	43.0	0.038
P2xP5	48.5 *	6.54 *	245.8 *	3.02	221.5 *	4.17	-2.1	-0.010
P2xP6	89.1 *	12.20 *	218.3 *	3.46	215.6 *	4.37	11.2	0.006
P2xP7	43.9 *	0.72	217.2 *	0.75	235.5 *	4.91	14.0	-0.014
P3xP4	24.4 *	-1.81	189.4 *	2.31	230.2 *	6.97 *	8.8	0.004
P3xP5	22.2 *	-0.38	177.6 *	2.05	244.9 *	7.03 *	-37.1	-0.090 *
P3xP6	32.7 *	-2.74	17.1	-4.39 *	0.5 *	-9.44 *	21.5	0.052
P3xP7	40.5 *	3.49 *	223.0 *	2.61	248.7 *	7.23 *	12.4	0.002
P4xP5	21.5 *	-7.08 *	112.4	-1.22	97.1	-3.45	-6.6	-0.027
P4xP6	109.7 *	12.75 *	190.5 *	2.82	232.1 *	6.61	23.0	0.030
P4xP7	86.0 *	11.99 *	245.7 *	2.27	230.3 *	5.61	45.9	0.034
P5xP6	63.7 *	4.30 *	201.2 *	3.51	227.5 *	5.37	-2.13	-0.011
P5xP7	53.8 *	4.92 *	247.5 *	2.67	190.7 *	1.97	52.2 *	0.110 *
P6xP7	92.2 *	10.50 *	244.4 *	4.24 *	207.7 *	3.70	15.8	0.004

• Significativamente diferente de cero a 0.05 de probabilidad.

génicas en los progenitores, más que a los efectos de dominancia generados en el cruzamiento y expresados a través de valores irrelevantes de ACE. En el caso de pérdidas de peso, parece claro que sus bajos valores de heterosis indican que son pobres contribuyentes tanto en los efectos de dominancia (ACE) como en las diferencias en frecuencias génicas entre los progenitores.

## CONCLUSIONES

El diseño dialélico permitió detectar que la vida de anaquel y el peso individual de fruto están determinados principalmente por efectos no aditivos mientras que la tasa de pérdida de peso solamente se debe a efectos aditivos, y el rendimiento de fruto fresco por ambos tipos de efectos.

La vida de anaquel y el peso individual del fruto mostraron altos valores de heterosis, mientras que en el rendimiento fue moderada, y en tasa de pérdida de peso la heterosis fue baja.

Entonces, la vida de anaquel y el peso individual del fruto pueden ser mejorados más fácilmente y mejor aprovechados con métodos que exploten principalmente los efectos no aditivos para la formación de variedades híbridas. En cambio, la tasa de pérdida de peso conviene ser mejorada mediante métodos tradicionales de endocria y

selección, que conduzcan a la generación de variedades derivadas de una línea pura o altamente endogámica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed N, S H Khan, M I Tanki (1997) Combining ability analysis for fruit yield and its component characters in sweet pepper (*Capsicum annuum* L). *Capsicum and Eggplant Newsletter* 16:72-75.
- CESTAM (2002) Paquetes Tecnológicos para la Producción Agrícola en el Sur de Tamaulipas. Documento Técnico para Productores. Campo Experimental Sur de Tamaulipas CIRNE-INIFAP. 53 p.
- Falconer D S (1981) Introducción a la Genética Cuantitativa. Compañía Editorial Continental, México. 457 p.
- FAO (1993) Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: Frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Colección FAO: Capacitación No. 17/2. Roma, Italia. 135 p.
- Gaitán G J (2001) Diseño de un programa de desarrollo de proveedores de chiles secos en Zacatecas, México como estrategia de integración de la cadena productiva agroindustrial. Programa de Alianzas Estratégicas para el Desarrollo Rural. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 30 p.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Cuarta Edición. México., D. F. Ed. Offset Larios, S. A. 219 p.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Joshi S, N Brahma (1987) Results of the combined ability studies in sweet pepper (*Capsicum annuum* L). *Capsicum and Eggplant Newsletter* 6:49-50.
- Márquez S F (1988) Genotecnica Vegetal. Métodos, Teoría, Resultados. Tomo II. AGT Editor, S. A. México 665 p.

- Martínez G A (1983)** Diseño y Análisis de Experimentos de Cruzas Dialélicas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 252 p.
- Molina G J D (1992)** Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa. Editorial AGT Editor, S.A. México. 351 p.
- Patel J A, M R Shukla, K M Doshi, B R Patel, S A Patel (1998)** Combining analysis for green fruit yield & yield components in chilli (*Capsicum annuum* L). Capsicum and Eggplant Newsletter 17:34-37.
- SAS Institute Inc (1998)** SAS/IML Software: Usage and reference, Version 8, First ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Singh J, N Ahmed, D S Virk (1982)** Inheritance of some quantitative characters in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). I. Fruit yield, number and size. Capsicum and Eggplant Newsletter 1:31.
- Sprague G F, L A Tatum (1942)** General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-932.
- Steel R G D, J H Torrie (1981)** Principles and Procedures of Statistics. 2nd Ed. McGraw-Hill International. Singapore. pp:177-178.