

## **EFFECTOS GENÉTICOS Y HETEROSIS DE CARACTERES DE CALIDAD COMERCIAL EN CHILE SERRANO**

### **GENETIC EFFECTS AND HETEROSIS OF MARKET QUALITY TRAITS IN SERRANO PEPPER**

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

\*Autor responsable: [gmartin@uaaan.mx](mailto:gmartin@uaaan.mx)

#### **RESUMEN**

La calidad es un factor importante en la comercialización de los productos hortícolas, ya que de esta depende en buena medida la aceptación por el consumidor y el volumen de pérdidas poscosecha. En el presente trabajo obtuvieron las cruzas posibles entre siete líneas de chile Serrano (*Capsicum annum*) mediante el diseño genético de Cruzas Dialélicas y se evaluaron en campo con los objetivos de: a) estimar los efectos genéticos de tamaño, peso individual y rendimiento de fruto de chile serrano, b). estimar los efectos de heterosis para esos mismos caracteres.

La evaluación de las 21 cruzas y los siete progenitores involucrados, se realizó en el Campo Experimental del Sur de Tamaulipas (CESTAM) del INIFAP, localizado en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, en el ciclo otoño-invierno de 2001 bajo condiciones de riego, considerando el método 2 de Griffing. Los resultados mostraron que el rendimiento de fruto es un carácter determinado tanto por efectos aditivos como de dominancia, siendo los del tipo aditivo la mitad de los de dominancia. El peso, longitud y diámetro de fruto están determinados solamente por efectos de dominancia. En general, se observaron efectos de heterosis altos para longitud, diámetro y peso de fruto e intermedios para Rendimiento de fruto.

La heterosis varió, para rendimiento, de 11.69 a 127.41%; para peso de fruto de 17.80 a 247.52%; de 11.77 a 238.97% para longitud de fruto; y de 7.10 a 218.99% para diámetro de fruto. Hubo diferencias importantes ( $p \geq 0.05$ ) entre ACG de los padres para Rendimiento y entre ACE de las cruzas para todas las características estudiadas.

**Palabras Clave:** Calidad comercial, *Capsicum annum*; aptitud combinatoria general; aptitud combinatoria específica; heterosis.

<sup>1</sup> Estudiante posgraduado, Profesor Investigador y Técnico Académico, respectivamente Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<sup>2</sup> Investigador del Campo Agrícola Experimental del Sur de Tamaulipas, CIRNE-INIFAP.

## **INTRODUCCIÓN**

El chile serrano es un producto de importancia comercial tanto en México como en muchas partes del mundo, las formas en las cuales puede ser consumido son diversas aunque la más popular sea el consumo en fresco, por lo que se debe poner especial atención a las características del fruto ya que son un factor importante en la calidad comercial, la duración de la vida de anaquel y las pérdidas del producto.

La calidad comercial es un factor importante en la comercialización de productos hortícolas altamente perecederos, ya que de esta depende en buena medida la aceptación por el consumidor y su rápido consumo.

El tipo de acción génica es la manera en que un gene manifiesta su efecto, sea en forma individual o en combinación con otro u otros genes (Molina, 1992). Uno de los procedimientos mas usados en el estudio de estos efectos genéticos es el análisis de cruza dialélicas, las cuales se componen de las cruza simples posibles que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras. Las cruza dialélicas se emplean para estimar componentes genéticos de la variación entre las propias cruza, así como su capacidad productiva (Martínez, 1983).

Sprague y Tatum (1942) definen la aptitud combinatoria (AC) como el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas al cruzarse con otras líneas, aptitud combinatoria general (ACG) o bien al comportamiento de una línea al cruzarse con otra línea en particular (Aptitud Combinatoria Especifica ACE). La heterosis es el comportamiento de la progenie más allá de los límites impuestos por los progenitores (Falconer, 1981).

Los efectos genéticos y la heterosis son datos importantes para evaluar el valor del potencial genético de un grupo de progenitores en un programa de mejoramiento, así como de las progenies que resultan del cruzamiento entre ellos; sin embargo, en la literatura científica no se encuentra esta información para caracteres de calidad comercial en chile serrano. Por lo anterior, se planteó el presente trabajo con los objetivos de: a). estimar los efectos genéticos del rendimiento y la calidad comercial, y b). estimar los efectos de heterosis para esos mismos caracteres.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los cruzamientos se realizaron en invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. La evaluación se realizó en el Campo Agrícola Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM), del Centro de Investigación Regional del Noreste dependiente del INIFAP; localizado en el Km. 55 de la carretera Tampico-Mante. Se usaron siete líneas progenitoras: CHISER 74-5, CHISER 74-26, CHISER P8-60, CHISER 21-20-13, CHISER 16-34, CHISER 28-102-13, CHISER 29-119.

Las características evaluadas fueron:

Rendimiento: se tomó el rendimiento total en ton ha<sup>-1</sup> de fruto obtenido en cuatro cortes que se hicieron de Diciembre del año 2001 a Febrero del 2002.

Longitud del fruto: se midieron 5 frutos representativos de cada una de las muestras de repeticiones y cortes para obtener la longitud del fruto con la finalidad de obtener la longitud promedio de fruto en cm.

Diámetro de fruto: el diámetro promedio de fruto en cm, se midió en los mismos 5 frutos usados para obtener la longitud promedio. Peso por fruto: se tomó el peso (en gr.) de cada uno de los 5 frutos utilizados para longitud y diámetro y se pesaron al momento de arribo de la muestra.

Las 21 cruzas simples y los siete progenitores se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La siembra se realizó en charolas para su posterior trasplante, la parcela útil consistió de 5 plantas espaciadas a 30 cm entre plantas y 90 cm entre surcos, para obtener una densidad de 37,037 plantas por hectárea

Se estimaron los efectos genéticos de los diferentes caracteres, mediante el método II de Griffin (Martínez, 1983) con ayuda de el Programa Diallel (Burow y Coors, 1994). Este método incluye a los padres y a las cruzas posibles entre ellos, con el cual se estimó ACE, ACG y heterosis para cada una de las características a evaluar. El análisis se realizó bajo el modelo genético estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau + \lambda_k + \delta_i + \delta_j + \xi_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde.

i, j = 1, 2, 3, ... p = Progenitores

k = 1, 2, 3, ... r = Repeticiones

$Y_{ijk}$  = Valor fenotípico de la i jésima craza o progenitor en la késima repetición.

$\mu$  = Media Poblacional.

$\delta_i$  = Efecto de ACG del iésimo progenitor.

$\delta_j$  = Efecto de ACG del jésimo progenitor.

$\xi_{ij}$  = Efecto de ACE de la craza entre el iésimo progenitor con el jésimo progenitor.

$\lambda_k$  = Efecto de la késima repetición.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio inherente a la ijésima craza en la késima repetición.

La heterosis se calculó con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{F_1 - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100$$

Donde:

$F_1$  = Expresión del carácter en estudio en la progenie, obtenida de la craza entre dos padres, para la cual se calcula la heterosis.

$\bar{P}$  = Expresión promedio del carácter en estudio en los padres de la craza para la cual se calcula la heterosis.

La significancia estadística de las estimaciones de la aptitud combinatoria se probó mediante una prueba de t o diferencia mínima significativa como indican Chaudary y Sing (1977):

$$DMS_{\alpha} = EE[t_{(\alpha, g/e)}]$$

Donde:

$DMS_{\alpha}$  = diferencia mínima significativa a una probabilidad  $\alpha$  del 0.05.

EE = error estandar para una comparación de medias.

$t_{(\alpha, g/e)}$  = valor de las tablas para t apropiado a los grados de libertad del error experimental a una probabilidad  $\alpha$  del 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para el análisis genético mediante el método II de Griffin (Martínez, 1983) se muestran en el Cuadro 1, en el cual se indica que para rendimiento son importantes tanto, efectos genéticos aditivos como no aditivos; en cambio para peso por fruto, longitud y diámetro de fruto son importantes solamente los efectos no aditivos. Es importante señalar que el rendimiento, el cual tiene tanto efectos aditivos como no aditivos, está principalmente determinado por efectos no aditivos.

Se observaron diferencias significativas ( $P \geq 0.01$ ) para cruzas en todas las características evaluadas; se presentaron además diferencias significativas ( $P \geq 0.01$ ) para ACG para rendimiento, diferencias significativas ( $P \geq 0.01$ ) para ACE para las características rendimiento, peso por fruto, longitud y diámetro de fruto.

El rendimiento presentó el coeficiente de variación mas bajo con 6.3% mientras que las otras características presentaron coeficientes altos dada la naturaleza de los mismos, ya que se encuentran frutos en diferentes estados de madurez fisiológica al momento de el corte y, en consecuencia, los tamaños de los frutos son muy variables en la muestra (largo, ancho y peso por fruto), además, esas mismas diferencias produjeron que algunos frutos maduraran con mayor rapidez que otros. En el Cuadro 2 se aprecia las medias, heterosis, ACG y ACE para rendimiento, peso por fruto, longitud y diámetro de fruto.

**Cuadro. 1 Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento, peso por fruto, longitud de fruto, diámetro de fruto, vida de anaquel y pérdida de peso.**

Fuente	G.L.	Rend. (t ha <sup>-1</sup> )		Peso por fruto (g)		Longitud (cm)		Diametro (cm)	
REP	2	8.582	ns	125.418	**	33.430	**	1.561	**
CRUZAS	27	534.619	**	44.124	**	11.705	**	0.4303	**
ACG	6	279.593	**	9.000	ns	3.322	ns	0.070	ns
ACE	21	607.484	**	54.160	**	14.101	**	0.533	**
ERROR	54	11.036		13.212		3.393		0.148	
C.V.(%)		6.299		37.75		36.492		38.570	

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente

La media para rendimiento fue de 52.739 t ha<sup>-1</sup> ninguno de los progenitores fue superior al promedio, el progenitor con mayor rendimiento fue el tres con 42.890 t ha<sup>-1</sup> siendo la craza 1x5, con 75.186 t ha<sup>-1</sup>, la mejor, misma que superó al progenitor mayor con 32.296 t ha<sup>-1</sup>. Los progenitores uno y siete fueron los que en más ocasiones participaron en los híbridos sobresalientes, con una participación de tres ocasiones cada uno y participaron juntos en uno de los híbridos.

En peso por fruto fue de 9.63 g, ninguno de los progenitores superó a la media, la mejor craza para peso por fruto fue 6x7 15.04 g, se puede observar que uno de los progenitores que aportó más al peso por fruto fue el progenitor seis. La media de longitud de fruto fue de 5.05 cm, el valor mayor fue de 2.4267 cm del progenitor 2. El mejor híbrido fue el 2x5 con valor de 7.360, cm; El progenitor dos fue el de mayor media de longitud de fruto lo que indica que influyó positivamente en la longitud de los híbridos en los que participo. La media de diámetro de fruto fue de 0.997 cm, el mayor valor fue del progenitor seis con 0.62 cm; el mejor híbrido fue el 2x6 con 1.46 cm. El progenitor seis, además de ser el que mayor diámetro presentó, participó en todos los híbridos sobresalientes.

En cuanto a la heterosis para rendimiento, cuatro de las cruzas superaron el 100 % de heterosis. La mejor craza fue 1x6 con 127.406%, al igual que en rendimiento los progenitores uno y seis fueron sobresalientes. En peso por fruto, el mejor híbrido fue 5x7 con 247.52%. Los progenitores dos, cinco y siete presentaron buen número de participaciones entre los híbridos sobresalientes. Para longitud de fruto el mejor híbrido fue el 6x7 con 238.97%. Los progenitores que más veces participaron en los mejores híbridos para heterosis fueron el dos y el siete con tres participaciones cada uno. En diámetro, el mejor híbrido fue 2x4 con 218.99%, los progenitores que mas veces aparecieron como padres en las cruzas sobresalientes fueron el dos, tres y cinco.

Para la ACG de rendimiento, tres de los progenitores presentaron valores negativos, el dos, tres, cuatro, siendo el progenitor cuatro el que mostró el valor mas bajo con -4.128 de ACG, los progenitores uno, cinco, seis y siete fueron positivos, el progenitor que mostró el mejor valor fue el siete con 5.588 de ACG. En peso por fruto, cuatro de los progenitores presentaron valores negativos, siendo el progenitor cuatro con -0.66 de ACG el que presentó el valor mas bajo, el mejor progenitor para peso por fruto fue el seis con 0.9336 de ACG. Con lo que se confirma su buena actitud combinatoria general. Para longitud, cuatro de los progenitores mostraron valores negativos, el mas bajo de los valores fue -0.3478 de ACG correspondiente al progenitor seis, y el mejor de los progenitores fue el progenitor dos con 0.5925 de ACG con lo que podemos confirmar que el progenitor dos es el mejor en lo referente a longitud de fruto.

En diámetro de fruto, cuatro progenitores mostraron valores negativos, el progenitor tres mostró el valor mas bajo con -0.0642 de ACG y el progenitor que mostró el mejor valor fue el seis con 0.0875 de ACG lo que corrobora al aparecer en todos los híbridos sobresalientes para diámetro de fruto.

**Cuadro 2. Medias, heterosis, ACG y ACE para rendimiento, peso, longitud y diámetro de fruto.**

Cruza	Rendimiento			Peso por Fruto			Longitud de Fruto			Diámetro de Fruto		
	t ha <sup>-1</sup>	Heterosis %	ACE ACG*	g	Heterosis %	ACE ACG*	cm	Heterosis %	ACE ACG*	cm	Heterosis %	ACE ACG*
1x1	26.125	---	0.472*	3.887	---	0.106*	2.127	---	0.095*	<b>0.393</b>	---	-
1x2	45.385	44.120	-5.614	11.527	205.880	1.587	<b>6.797</b>	<b>198.540</b>	1.061	1.177	200.430	0.147
1x3	67.831	96.568	16.703	12.230	209.360	3.354	<b>6.453</b>	<b>203.210</b>	1.601	1.237	202.860	0.311
1x4	51.200	85.701	2.117	10.517	191.450	1.653	<b>5.877</b>	<b>194.820</b>	1.052	1.187	199.160	0.223
1x5	75.186	118.198	19.898	10.253	166.670	0.907	<b>5.523</b>	<b>148.430</b>	0.381	1.023	156.900	0.070
1x6	63.569	127.406	10.067	12.950	178.100	2.493	6.037	<b>198.350</b>	1.242	1.383	175.750	0.306
1x7	70.748	107.293	11.947	10.830	200.970	1.066	<b>6.297</b>	<b>209.170</b>	0.885	<b>1.117</b>	<b>182.700</b>	<b>0.120</b>
2x2	36.857	-----	-	3.650	---	0.416*	2.427	---	0.592*	<b>0.390</b>	---	0.039*
2x3	44.538	11.699	-3.904	12.080	214.990	2.681	<b>6.723</b>	<b>195.100</b>	1.373	<b>1.270</b>	<b>212.300</b>	<b>0.298</b>
2x4	59.362	80.226	12.963	11.510	229.800	2.124	<b>6.260</b>	<b>192.070</b>	0.937	<b>1.260</b>	<b>218.990</b>	<b>0.249</b>
2x5	59.144	48.516	6.542	12.887	245.800	3.018	<b>7.360</b>	<b>210.110</b>	1.719	<b>1.257</b>	<b>216.810</b>	<b>0.257</b>
2x6	63.021	89.139	12.204	14.443	218.250	3.464	<b>6.723</b>	<b>209.360</b>	1.431	<b>1.460</b>	<b>192.000</b>	<b>0.336</b>
2x7	56.839	43.913	0.724	11.037	217.150	0.750	<b>7.000</b>	<b>220.120</b>	1.090	<b>1.127</b>	<b>186.440</b>	<b>0.083</b>
3x3	42.890	---	-	4.020	---	0.647*	<b>2.130</b>	---	0.290*	<b>0.423</b>	---	0.064*
3x4	44.720	24.382	-1.806	10.637	189.430	2.314	<b>5.763</b>	<b>188.890</b>	1.322	<b>1.173</b>	<b>185.020</b>	<b>0.266</b>
3x5	52.351	22.201	-0.379	10.860	177.630	2.054	<b>6.110</b>	<b>174.610</b>	1.351	<b>1.137</b>	<b>175.000</b>	<b>0.240</b>
3x6	48.202	32.656	-2.742	5.530	17.080	-4.386	<b>2.263</b>	<b>11.770</b>	-2.147	<b>0.553</b>	<b>7.100</b>	<b>-0.467</b>
3x7	59.731	40.506	3.488	11.837	222.960	2.613	<b>6.200</b>	<b>204.170</b>	1.174	<b>1.180</b>	<b>187.800</b>	<b>0.240</b>
4x4	29.017	-----	-	3.330	---	0.660*	<b>1.860</b>	---	0.318*	<b>0.400</b>	---	0.026*
4x5	43.605	21.451	-7.081	7.577	112.430	-1.216	<b>3.980</b>	<b>90.430</b>	-0.750	<b>0.793</b>	<b>97.510</b>	<b>-0.141</b>
4x6	61.649	109.690	12.749	12.700	190.520	2.817	<b>5.573</b>	<b>194.840</b>	1.191	<b>1.353</b>	<b>167.990</b>	<b>0.295</b>
4x7	66.187	86.047	11.988	11.477	245.680	2.266	<b>6.350</b>	<b>233.630</b>	1.351	<b>1.177</b>	<b>195.400</b>	<b>0.199</b>
5x5	42.790	---	2.075*	3.803	---	0.177*	<b>2.320</b>	---	0.001*	<b>0.403</b>	---	<b>0.036*</b>
5x6	59.402	63.704	4.298	13.900	201.190	3.514	<b>6.263</b>	<b>195.440</b>	1.563	<b>1.390</b>	<b>174.340</b>	<b>0.342</b>
5x7	65.327	53.849	4.924	12.360	247.520	2.667	<b>6.507</b>	<b>205.000</b>	1.190	<b>1.240</b>	<b>210.000</b>	<b>0.273</b>
6x6	29.783	---	0.289*	5.427	---	0.934*	<b>1.920</b>	---	0.348*	<b>0.610</b>	---	<b>0.087*</b>
6x7	69.112	92.203	10.495	15.043	244.370	4.239	<b>6.553</b>	<b>238.970</b>	1.585	<b>1.403</b>	<b>178.810</b>	<b>0.312</b>
7x7	42.133	-----	5.588*	3.310	---	0.241*	<b>1.947</b>	---	0.268*	<b>0.397</b>	---	<b>0.007*</b>
Med	52.739			9.629			5.048			0.997		
dms	5.438			5.950			3.015			0.629		
Max	75.186			15.043			7.360			1.460		
Min	26.125			3.310			1.860			0.390		

Para la ACE de rendimiento, seis de las cruzas presentaron valores negativos, la crusa con valor mas negativo fue la 4x5 con -7.081 de ACE. Las mejores cruzas fueron : 1x3, 1x5, 2x4, 2x6 y 4x6 con 16.703, 19.898, 12.963, 12.204 y 12.749 de ACE respectivamente, la mejor crusa fue la 1x5 cabe mencionar que la mejor crusa para ACE y rendimiento fue la 1x5 y que también tuvo buena heterosis. Para la ACE de peso por fruto se presentaron dos cruzas con valores negativos, siendo la crusa 3x6 con -4.3862 de ACE la de menor valor, las cinco mejores cruzas fueron 1x3, 2x5, 2x6, 4x6 y 6x7, con valores de 3.3537,

3.0178, 3.4637, 2.8167 y 4.2393 de ACE respectivamente, siendo la craza 6x7 la mejor. Es importante mencionar que tanto para rendimiento como para peso por fruto la craza 6x7 fue de las mas sobresalientes.

Para longitud de fruto, dos de las cruzas presentaron valores negativos de ACE, siendo la craza 3x6 con  $-2.1467$  de ACE la que presentó el valor más bajo. Las mejores Cruzas para ACE fueron : 1x3, 2x5, 2x6, 5x6, 6x7 con valores de 1.6006, 1.7195, 1.430, 1.5632 y 1.5847 de ACE respectivamente, siendo la mejor craza la 2x5, dos de las cruzas tienen como progenitor al dos, dos de ellas al progenitor cinco y tres mas al progenitor seis. Para diámetro de fruto, dos de las cruzas mostraron valores negativos la craza 3x6 mostró el menor valor con  $-0.4668$  de ACE, las cinco mejores cruzas fueron: 1x3, 1x6, 2x6, 5x6 y 6x7 con valores de 0.3112, 0.3061, 0.3361, 0.3420 y 0.3120 de ACE respectivamente, la mejor craza fue la 5 x6. Aquí se vuelve a observar que el progenitor seis se presenta en cuatro de los cinco híbridos sobresalientes, se observa también además que el híbrido 6x7 se encuentra presente en los seleccionados para longitud de fruto y para diámetro de fruto.

## CONCLUSIONES

Del análisis y discusión de los resultados del presente trabajo, es posible arribar a las siguientes conclusiones:

1. El rendimiento de fruto es un carácter determinado tanto por efectos aditivos como de dominancia, siendo los del tipo aditivo 50% de los de dominancia.
2. El peso, longitud y diámetro de fruto están determinados solamente por efectos de dominancia.
3. En general, se observaron efectos de heterosis altos para longitud, diámetro y peso de fruto e intermedios para Rendimiento de fruto. La heterosis varió, para rendimiento, de 11.69 a 127.41%; para peso de fruto de 17.80 a 247.52%; de 11.77 a 238.97% para longitud de fruto; y de 7.10 a 218.99% para diámetro de fruto.
4. Hubo diferencias importantes ( $p \geq 0.05$ ) entre ACG de los padres para Rendimiento y entre ACE de las cruzas para todas las características estudiadas.
5. Los mejores progenitores para ACG del rendimiento fueron 7, 5 y 1; para peso por fruto 6, 2 y 7; para longitud de fruto 2, 7 y 1, y para diámetro de fruto 6, 2 y 7.
6. Las tres mejores cruzas para ACE fueron: 1x5, 1x2 y 2x4 para rendimiento; 6x7, 5x6 y 2x6 para peso de fruto; 2x5, 6x7 y 5x6 para longitud de fruto ,y para diámetro de fruto 5x6, 2x6 y 6x7.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Burow, M. D. And J. G. Coors. 1994. DIALLEL: A microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. Crop Sci. 86: 154-158.

2. Falconer, D. S. 1971. Introducción a la Genética Cuantitativa Compañía editorial Continental, México. pp 303-304.
3. Martínez G., A. 1983. Diseño y Análisis de Experimentos de Cruzas Dialélicas. Colegio de Postgraduados. pp13.
4. Molina G., J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa. Editorial AGT EDITOR, S.A. pp. 151.
5. Sing, R. K. and B. D. Chaudhary. 1979. Biometrical methods in quantitative genetics analysis. Kalyani Publ. 2<sup>nd</sup> Edition Revised. India. P 197-200.
6. Sprague, G. F. and L.A. Tatum. 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34. pp. 923-932.