

# Capacidad combinatoria en cruzamientos dialélicos de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill<sup>1</sup>

Pablo Alvarado V.<sup>2</sup> y René Cortázar S.<sup>3</sup>

## INTRODUCCION

El uso de híbridos  $F_1$  de tomate es, en la actualidad, la mejor perspectiva para el mejoramiento genético de esta especie. El aprovechamiento de la heterosis, la gran uniformidad de los híbridos, la dinámica que presenta este método frente a cambios bruscos en el requerimiento del mercado, procedimiento de producción o especificación de calidad, han sido razones fundamentales que han orientado la investigación en tal sentido.

En Chile el uso de variedades híbridas de tomate deberá ser realidad en un plazo relativamente breve, por lo cual se hace necesario contar con estudios básicos que apoyen los programas de investigación que en el futuro se establezcan.

La presente investigación tuvo por objeto determinar la importancia de los efectos de capacidad combinatoria general y específica para rendimiento, número de frutos por plan-

ta y peso promedio de frutos, como también, conocer el tipo de acción génica involucrada en la herencia de cada una de estas variables.

## REVISION DE LITERATURA

Los conceptos de capacidad combinatoria general y específica fueron originalmente definidos por Sprague y Tatum (1942) en los siguientes términos: "Capacidad combinatoria general es el concepto usado para designar el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas; capacidad combinatoria específica designa aquellos casos en que ciertas combinaciones tienen un comportamiento mejor o peor que el que se puede esperar sobre la base del comportamiento promedio de las líneas consideradas".

Un primer método para evaluar la capacidad combinatoria general fue descrito por Davis (1927) y consiste en comparar el comportamiento de la progenie de las líneas autofecundadas, cruzadas con una variedad probadora. El método se conoce con el nombre de "Top-cross" o "Cruzamiento de línea por variedad".

Currence, Larson y Virta (1954), y anteriormente Moore y Currence (1950) sugirieron que por ser el tomate un especie normalmente autógama, un probador adecuado sería un  $F_1$ .

Un método que permite evaluar la importancia de la contribución génica a la capaci-

<sup>1</sup>Parte de la tesis presentada por el autor principal como uno de los requisitos para optar al grado de Magister en Genética y Mejoramiento Vegetal en la Universidad de Chile.

Recepción originales: 15 de abril de 1970.

<sup>2</sup>Ing. Agr., Mag. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Profesor Auxiliar de Horticultura y Genética de la Escuela de Agronomía, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

<sup>3</sup>Ing. Agr. Ph. D. Coordinador Línea Fitotecnia, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor de las Cátedras de Genética y Mejoramiento Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile y Universidad Católica de Chile.

dad combinatoria general y específica en el rendimiento de cruzamientos simples de maíz, fue presentado por Sprague y Tatum (1942), procedimiento que involucra todas las combinaciones posibles entre un número determinado de líneas. Según estos mismos autores la varianza de capacidad combinatoria general es principalmente varianza genética aditiva, mientras que la varianza de capacidad combinatoria específica es, en gran parte, debida a dominancia. Sin embargo, esta última también puede ser resultado de varias otras causas como segregación y recombinación mendeliana, clasificación genotípica incorrecta y varios tipos de interacción de factores.

Griffing (1956) da un detallado análisis del concepto de capacidad combinatoria general y específica en relación con un sistema de cruzamientos dialélicos. En él, considera cuatro situaciones diferentes, según se incluyan, además de los cruzamientos directos, las líneas padres, los cruzamientos recíprocos o ambos. El mismo autor hace una diferenciación entre el caso en que las líneas padres o material experimental son elegidas al azar de una población de la cual se desea inferir, y aquél en que las líneas padres son deliberadamente escogidas, hecho que permite considerar a este material experimental como la población completa sobre la cual se harán las inferencias.

Gilbert (1958), haciendo un análisis de todas las evidencias disponibles en varias especies, concluyó que el valor de los cruzamientos dialélicos en mejoramiento no debería ser exagerado, ya que la información así lograda es sólo un poco mayor que la obtenida de los padres mismos. Sin embargo, Allard (1956) opina que la información derivada del análisis de cruzamientos dialélicos permite a los mejoradores de plantas investigar un número grande de líneas y dirigir sus esfuerzos a relativamente pocas combinaciones híbridas. Además, la determinación de capacidad combinatoria general y específica permite saber de qué manera están actuando los genes, si se trata de una acción aditiva o no aditiva, como también, la magnitud de éstas. Esta misma opinión es compartida por muchos otros investigadores, entre ellos Gardner y Eberhart (1966), quienes se refieren a la importancia de los cruzamientos dialélicos diciendo que éstos han probado ser de gran valor para los mejoradores cuando deben elegir el procedimiento a usar en su investigación y en la selección del material que se muestra promisorio.

Larson y Currence (1944) realizaron durante tres años estudios para determinar los efectos de los cruzamientos sobre la precocidad, rendimiento total y tamaño del fruto de

la primera generación de tomates híbridos, encontrando que ninguno de los padres probados para rendimiento total de la progenie  $F_1$  fue consistentemente superior a los demás, y que pocos padres de los  $F_1$  de mejor rendimiento eran de productividad alta.

Posteriormente, Currence, Larson y Virta (1954) encontraron una relación entre rendimiento varietal y capacidad combinatoria general para rendimiento, sugiriendo que las variedades más rendidoras producirían probablemente los mejores híbridos.

Moore y Currence (1950) estudiaron la capacidad combinatoria de 27 variedades de tomate, usando el primer año un top-cross con dos híbridos  $F_1$  como probadores, y un segundo año un dialélico que comprendió todos los cruzamientos posibles entre las ocho mejores variedades seleccionadas por buena capacidad combinatoria. Estos mismos autores concluyeron que una evaluación preliminar de capacidad combinatoria general mediante cruzamientos de línea por variedad, es una buena aproximación de la capacidad combinatoria general de las variedades, medida como promedio del comportamiento varietal para predecir rendimiento temprano, rendimiento total y rendimiento de fruto grande, pero parece menos útil para medir capacidad combinatoria de tamaño de fruto.

Horner y Lana (1957), quienes efectuaron estudios de capacidad combinatoria en tomates durante tres años, opinan que si los efectos de capacidad combinatoria general son grandes, puede ser posible predecir los mejores híbridos a partir de estos efectos, y si ellos guardan estrecha relación con el comportamiento de los padres, los mejores híbridos pueden predecirse en base al valor de estos últimos.

Una investigación realizada por Betlach (1965), determinó que de los cinco mejores híbridos de tomate seleccionados, cuatro provenían de la variedad Stupické Polní Rané, la que había sido escogida por su buena capacidad combinatoria general.

Stoner y Thompson (1966), estudiando el contenido de sólidos en tomate, encontraron diferencias significativas para capacidad combinatoria general, sugiriendo que algunas líneas paternas eran mejores que otras en sus combinaciones híbridas. Determinaron también que las variedades paternas de mayor contenido de sólidos no presentaban necesariamente un buen comportamiento en una serie de cruzamientos.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimen-

tal La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, durante los años 1967 y 1968.

El primer año se preparó un juego de cruzamientos dialélicos con siete variedades de tomate: ES 24, H 1445, Limachino, Pearson Improved, Rutgers, Urbana y Yellow Pear.

El material de cruzamiento junto a las líneas padres fue plantado el 31 de enero de 1968, aplicándose una dosis equivalente a 64 unidades de nitrógeno en forma de salitre potásico, y 100 unidades de anhídrido fosfórico en forma de superfosfato triple.

La cosecha se realizó con intervalos de 7 días, entre el 7 de mayo y el 11 de junio, considerándose como índice de madurez el cambio de color del fruto.

Las variables estudiadas fueron: rendimiento, expresado como peso de frutos por planta; número de frutos por planta y peso promedio de frutos, siendo esta última la razón entre las dos variables anteriores.

Se usó un diseño de látice rectangular de  $5 \times 6$ , con 3 repeticiones y 2 plantas por parcela. Las plantas se ubicaron con una separación de 1,00 m entre hileras y 0,20 m sobre la hilera.

Los promedios de tratamientos se compararon mediante la prueba de rango múltiple de Duncan y el análisis de capacidad combinatoria se realizó de acuerdo con el método 4 modelo I de Griffing (1956).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Dado que el error de bloques en el diseño de látice rectangular no fue mayor que el error intrabloques, el análisis se efectuó como el de un diseño de bloques completos aleatorizados.

En el Cuadro 1, se presenta un resumen de los análisis de capacidad combinatoria para las tres variables estudiadas y una estimación de los componentes de varianza.

Los análisis de capacidad combinatoria revelan diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) para los efectos de capacidad combinatoria general de las tres variables estudiadas.

$\frac{1}{6} \sum g_i^2$  es una estimación del componente de capacidad combinatoria general  $\sigma^2g$ , mientras que  $\frac{1}{14} \sum_{i < j} \sum s_{ij}^2$  es la estimación del

componente de capacidad combinatoria específica  $\sigma^2s$ . Según Upadhyaya y Rasmusson (1967), estas estimaciones tendrían una expresión más real cuando se usa un modelo aleatorio. Sin embargo, a pesar de no cumplirse estrictamente con este requisito, los pa-

Cuadro 1 — cuadrados medios de los análisis de capacidad combinatoria y componentes de varianza para rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de frutos.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS		
		RENDIMIENTO	Nº DE FRUTOS POR PLANTA	PESO PROMEDIO DE FRUTOS
CC General	6	0,1420*	1,086,57*	449,54*
CC Específica	14	0,1175*	188,43*	27,72
Error	56	0,0393	49,76	43,33
COMPONENTES DE VARIANZIA				
	$\frac{1}{6} \sum g_i^2$	0,0205	207,36	81,24
	$\frac{1}{14} \sum_{i < j} \sum s_{ij}^2$	0,0781	138,67	0,00
	$\sigma^2$	0,0393	49,76	43,33

\*Valor F excede el 0,01 de significación.

rámetros así obtenidos proveen una información útil con referencia al material de este trabajo.

Un análisis separado de cada variable en estudio, muestra que para rendimiento, el componente de varianza debido a capacidad combinatoria específica es el más importante, alcanzando valores de casi cuatro veces el componente debido a capacidad combinatoria general y al doble del componente ambiental. Esto conduce a pensar que los genes de acción no aditiva son más importantes que los de acción aditiva.

Para el número de frutos por planta, los componentes de varianza indican que genes de acción aditiva son más importantes que los no aditivos, puesto que el componente de capacidad combinatoria general es mayor que el componente de capacidad combinatoria específica.

En cuanto al peso promedio de frutos, el componente de varianza debido a capacidad combinatoria general, indica que este carácter está gobernado por genes de acción aditiva.

Los estimadores de los efectos de capacidad combinatoria general se presentan en el Cuadro 2, donde se incluye, además, el error estándar para la diferencia entre dos efectos de un mismo carácter.

Las variedades con un efecto positivo de capacidad combinatoria general, tienen un comportamiento mejor a través de los cruza-

mientos posibles que el promedio de todos los  $F_1$  para ese carácter en particular, mientras que un valor negativo revela que dicha variedad presenta un comportamiento peor que el promedio, en sus combinaciones híbridas.

**Cuadro 2. Estimadores de los efectos de capacidad combinatoria general ( $\hat{g}_i$ ) para rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de frutos.**

VARIETADES	RENDI- MIENTO	FRUTOS POR PLANTA	PESO PROMEDIO DE FRUTOS
ES-24	-0,0308	- 5,52	6,63
H-1445	-0,1919	- 8,66	- 2,22
Limachino	0,2699	3,28	1,34
Pearson Improved	-0,1147	- 6,86	- 0,37
Rutgers	-0,1231	-10,59	7,45
Urbana	0,0136	- 3,52	6,83
Yellow Pear	0,1770	31,88	-19,66
ES ( $\hat{g}_1-\hat{g}_j$ )	0,1255	4,46	4,16

Limachino, Yellow Pear y Urbana son las únicas variedades que presentan un efecto positivo de capacidad combinatoria para rendimiento; sin embargo, sólo Limachino lo mantiene para las otras dos variables.

En el Cuadro 3 se presentan estimadores de los efectos de capacidad combinatoria específica ( $\hat{s}_{ij}$ ) para las tres variables estudiadas y, además, una estimación del error estándar para la diferencia entre dos efectos en las dos posibles situaciones: cuando tienen un padre en común y cuando todos los padres son diferentes.

Al considerar los estimadores de efectos de capacidad combinatoria específica para las tres variedades con efectos positivos de capacidad combinatoria general para rendimiento, se observa que los cruzamientos Yellow Pear por Urbana y Limachino por Urbana dan valores positivos de  $\hat{s}_{ij}$ .

Una estimación de varianza de los efectos de capacidad combinatoria específica asociada con cada padre  $\hat{\sigma}^2s_i$ , Cuadro 4, dará la pauta de la forma en que una variedad transmite cada característica a los híbridos en que interviene.

Un valor pequeño de varianza de capacidad combinatoria específica para una variedad padre señala que esa variedad padre es muy pareja para transmitir a sus  $F_1$  las caracte-

terísticas que mide esa varianza. En cambio, un valor grande de  $\hat{\sigma}^2s_i$  indica que la variedad en sus cruzamientos, produce con algunas un comportamiento considerablemente mayor de lo esperado y, con otras, peor.

La varianza de los efectos de capacidad combinatoria específica asociada con las tres variedades de mayor capacidad combinatoria general, señala que de la variedad Yellow Pear y de Urbana se espera la mayor variación de efectos de capacidad combinatoria específica y, por lo tanto, mayor es la posibilidad de encontrar en sus cruzamientos los mejores híbridos para rendimiento.

Las variedades Yellow Pear y Limachino, que muestran un valor positivo de capacidad combinatoria general, al cruzarse entre ellas no reflejan la esperanza de producir una buena combinación, debido al efecto negativo de capacidad combinatoria específica.

La varianza estimada de los efectos de capacidad combinatoria específica asociada con cada una de estas variedades, indica que es más probable encontrar entre los híbridos de Yellow Pear, combinaciones con mayor número de frutos por planta, mientras que Limachino es más uniforme para transmitir a sus descendientes esta característica.

## CONCLUSIONES

El uso de sistemas de cruzamientos dialélicos para obtener información genética, ha recibido en los últimos años considerable atención en muchos programas de mejoramiento, llenando ciertas necesidades específicas de los mejoradores. El análisis provee una aproximación sistemática en la detección de padres y cruzamientos superiores, al mismo tiempo que ayuda a elegir métodos de selección más eficientes, determinando la magnitud y relativa importancia de varios parámetros genéticos.

La estimación de capacidad combinatoria general en un sistema de cruzamientos dialélicos será tanto más consistente cuanto mayor sea el número de líneas o variedades que participen; sin embargo, no siempre es posible ni recomendable usar una cantidad muy grande de progenitores, pues el elevado número de individuos  $F_1$  resultantes puede dificultar su manejo.

En el presente trabajo se detectaron variedades con mejor comportamiento a través de sus combinaciones híbridas, al observarse diferencias altamente significativas entre efectos de capacidad combinatoria general para rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de frutos. Diferencias signifi-

Cuadro 3. Estimadores de los efectos de capacidad combinatoria específica ( $\hat{s}_{ij}$ ) para X1 = rendimiento, X2 = número de frutos por planta y X3 = peso promedio de frutos. Se incluye error estándar para la diferencia entre dos efectos.

VARIETADES		H-1445	LIMACHINO	PEARSON IMPROVED	RUTGERS	URBANA	YELLOW PEAR
ES-24	X1	0,18	— 0,12	— 0,03	0,21	— 0,58	0,34
	X2	3,13	— 9,47	— 3,33	9,73	—17,67	17,60
	X3	1,00	— 5,74	1,81	—11,72	5,42	— 2,26
H-1445	X1		0,19	— 0,12	0,03	0,02	— 0,31
	X2		15,00	— 4,20	1,87	— 0,20	—15,60
	X3		— 5,23	2,29	1,35	— 1,30	1,88
Limachino	X1			0,30	— 0,08	0,26	— 0,55
	X2			13,87	— 5,40	4,20	—18,20
	X3			— 3,10	4,52	— 2,78	0,84
Pearson Improved	X1				0,05	— 0,07	— 0,13
	X2				3,07	— 1,33	— 8,07
	X3				2,80	— 6,62	2,81
Rutgers	X1					— 0,26	0,04
	X2					— 9,27	0,00
	X3					5,80	— 2,75
Urbana	X1						0,62
	X2						24,27
	X3						— 0,53

  

ERROR ESTANDAR	RENDIMIENTO	FRUTOS POR PLANTA	PESO PROMEDIO DE FRUTOS	OBSERVACIONES
ES ( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}$ )	0,25	8,92	8,33	$i \neq j, k; j \neq k$
ES ( $\hat{s}_{ij} - s_{kl}$ )	0,22	7,73	7,21	$i \neq j, k, l; j \neq k, l; k \neq l$

Cuadro 4 — Estimación de varianza de capacidad combinatoria específica asociada con cada padre,  $\hat{\sigma}_i^2$ , para rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de frutos.

VARIETADES	RENDIMIENTO	FRUTOS POR PLANTA	PESO PROMEDIO DE FRUTOS
ES-24	0,0766	125,62	7,14
H-1445	0,0052	60,06	0,00
Limachino	0,0728	137,18	0,00
Pearson Improved	0,0000	19,65	0,00
Rutgers	0,0000	4,72	7,04
Urbana	0,1442	161,45	0,00
Yellow Pear	0,1527	267,75	0,00

cativas para efectos de capacidad combinatoria específica sólo fueron observadas para rendimiento y número de frutos por planta.

Para las condiciones de la presente investigación, las variedades Limachino y Urbana fueron las que presentaron un mejor comportamiento en sus combinaciones híbridas. Ambas mostraron un valor positivo de capacidad combinatoria general para las dos más importantes variables estudiadas: rendimiento y peso promedio de frutos.

Genes de acción no aditiva predominaron en la expresión de rendimiento, mientras que genes de acción aditiva fueron más importantes que los no aditivos para número de frutos por planta. Por otra parte, en el peso promedio de frutos, se detectó solamente acción génica aditiva.

## RESUMEN

Un sistema de cruzamientos dialélicos con siete variedades de tomate, fue reparado y establecido bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimental La Platina, durante los años 1967 y 1968, con el objeto de investigar la relativa importancia de la capacidad combinatoria general y específica, y el tipo de acción génica involucrada en el rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de frutos.

Los datos obtenidos fueron analizados según el diseño de bloques completos aleatorizados, sus promedios, comparados mediante la prueba de rango múltiple de Duncan y para el estudio de capacidad combinatoria se usó el método 4 modelo 1 de Griffing.

Se observó diferencias altamente significativas para capacidad combinatoria general en las 3 variables consideradas, y para capacidad específica de rendimiento y número de frutos por planta.

Se aislaron los componentes de varianza para conocer el tipo de acción génica, y se calcularon efectos y varianza de los efectos de capacidad combinatoria general y específica.

De las variedades estudiadas, Limachino y Urbana ofrecen la mayor seguridad de transmitir a sus híbridos buen rendimiento y tamaño adecuado de fruto.

#### SUMMARY

A system of diallel crossing with seven tomato varieties was prepared and established under green-house conditions at La Platina Experiment Station during 1967-1968. The purpose was to determine the relative importance of general and specific combining ability and the type of gene action involved in yield, number of fruits per plant and average fruit weight.

Data were analyzed by the randomized block design, averages were compared by Duncan's Multiple Range Test, and the study of the combining ability was made by Griffing's experimental method Nº 4, model 1.

Significative differences ( $P < 0.01$ ) for general combining ability were found for the three variables considered, and also between specific combining ability for yield and number of fruits per plant.

Non-additive gene effects were predominant for yield, while additive gene action was more important than non-additive for number of fruits per plants. Average fruit weight showed only additive gene effects.

Among the varieties studied, Limachino and Urbana seem to offer greater security to transmit to its hybrids, good yields and adequate fruit size.

#### LITERATURA CITADA

- ALLARD, R. W. 1956. Estimation of prepotency from Lima bean diallel cross data. *Agronomy Journal*. 48: 537-543.
- BETLACH, J. 1965. Investigation of the combining ability of some selected tomato varieties. *Boslinná Vyroba*. 2: 61-70. (Original no consultado. Compendiado en *Plant Breeding Abstract*. 35: 5364. 1965).
- CURRENCE, T. M., LARSON, R. E. and VIRTA, A. A. 1954. A comparison of six tomato varieties as parents of  $F_1$  lines resulting from the fifteen possible crosses. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 45: 349-352.
- DAVIS, R. L. 1927. Report of the plant breeder. Puerto Rico. *Agr. Exp. Sta. Ann. Rept.* 14-15.
- GARDNER, C. O. and EBERHART, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*. 22: 439-452.
- GILBERT, N. E. 1958. Diallel cross in plant breeding. *Heredity*. 12: 477-492.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*. 9: 463-493.
- HORNER, T. W. and LANA, E. P. 1957. A three year study of general and specific combining ability in tomatoes. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 69: 378-387.
- LARSON, R. E. and CURRENCE, T. M. 1944. The extent of tomato hybrid vigor in  $F_1$  and  $F_2$  generation of tomato crosses. *Minnesota. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 164.
- MOORE, J. F. and CURRENCE, T. M. 1950. Combining ability in tomatoes. *Minnesota. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 188.
- SPRAGUE, G. F. and TATUM, L. A. 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Am. Soc. Agron.* 34: 923-952.
- STONER, A. R. and THOMPSON, A. E. 1966. The potential for selecting and breeding for solids content in tomatoes. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 89: 505-511.
- UPADHYAYA, B. R. and RASSMUSSEN, D. C. 1957. Heterosis and combining ability in barley. *Crop Science* 7: 644-647.