

## Capítulo IX

### ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS PARA EL CARACTER RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES PRIMARIOS EN UN CRUZAMIENTO DIALELICO ENTRE DIFERENTES LINEAS DE TOMATE, *Lycopersicon esculentum* Mill.

Franco Alirio Vallejo C.\*

Edgar Iván Estrada S.\*\*

#### COMPENDIO

En una población dialélica, compuesta por cuatro líneas endocriadas y todos los posibles híbridos  $F_1$ , sin incluir los recíprocos, se estimaron los principales parámetros genéticos para el carácter rendimiento y sus componentes primarios. El análisis genético-estadístico se realizó utilizando el modelo 2, método 2 propuesto por Griffing (1956). Los efectos genéticos no aditivos fueron más importantes y significativos para los caracteres rendimiento y número de frutos por planta. Para el carácter peso promedio de fruto, tanto los efectos genéticos no aditivos como aditivos fueron importantes y significativos. Se encontró correlación positiva entre rendimiento y peso promedio de fruto. El rendimiento estuvo correlacionado negativamente con el número de frutos por planta. El peso promedio de fruto estuvo correlacionado negativamente con el número de frutos por planta. Se discuten algunos métodos de mejoramiento que se pueden usar en esta especie con base en los parámetros genéticos obtenidos.

#### ABSTRACT

This paper reports the results of a study on estimation of genetic parameters of yield, number of fruits per plant and average fruit weight characters in tomato, *Lycopersicon esculentum*, Mill. the experimental material consisted of four inbred lines and all possible  $F_1$ 's from these lines (not including reciprocals). Statistical and genetic analysis were made by model 2, method 2 proposed by Griffing (1956). Non-additive gene effects which considerable higher than the additive gene effects which in turn were also significant for the characters yield and number of fruits per plant. Both non additive gene effects and additive gene effects were significant for the character average fruit weight. A positive correlation was found between yield and average fruit weight. Yield was negatively correlated with number of fruit per plant. The average fruit weight was negatively correlated with number of fruits per plant. In as much non-additive effects are important in yield and number of fruits per plant a programa exploiting heterosis should prove effective in improvement these characters. A programa designed for simultaneous improvement for both additive and non-additive gene action should provide improvement in average fruit weight.

#### INTRODUCCION

En el estudio de caracteres cuantitativos, muy influidos por el ambiente, es necesario conocer la proporción heredable de la variabilidad fenotípica y los principales tipos de acciones génicas (Vallejo, 1976).

El coeficiente de heredabilidad en sentido estrecho se considera como uno de los parámetros genéticos más importantes, por cuanto indica la proporción de la varianza fenotípica atribuible al

efecto medio de los genes y también por su papel predictivo, por expresar la confianza del valor fenotípico como guía para seleccionar un valor genético (Falconer, 1977).

El coeficiente de heredabilidad en sentido amplio superestima el valor genético, a través de la selección del valor fenotípico, por cuanto la varianza genética no aditiva está presente (Allard, 1975).

El conocimiento del tipo de acción génica que

\* Ph.D. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

\*\* M.Sc. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

gobierna un carácter determinado se torna importante en la medida en que define el genotipo ideal en términos de expresión máxima de este carácter. En caso de acción génica aditiva o dominante el mejor genotipo será un homocigoto. En caso de acción génica de tipo sobredominante, el mejor genotipo, será un heterocigoto. En caso de epistasis, se torna importante la identificación de segregantes transgresivos.

La presencia de heterosis permite destacar la hipótesis de acción génica estrictamente aditiva, por cuanto también puede ser el resultado de la dominancia parcial o completa, sobredominancia o epistasis (Falconer, 1977).

Las correlaciones entre caracteres son importantes, pues en general, el objetivo es mejorar cultivares para un conjunto de caracteres simultáneamente. La variación correlacionada de dos caracteres se puede deber a causas genéticas similares o a una respuesta similar a influencias ambientales. Si las correlaciones genéticas son altas, es posible seleccionar para uno de los caracteres a través de la selección del carácter asociado. Esto sería muy ventajoso cuando uno de los caracteres posee alto valor económico pero baja heredabilidad en comparación con la heredabilidad del carácter asociado.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades genéticas de una población dialélica a través de la estimación de:

- a. Tipos principales de acciones génicas responsables del carácter rendimiento y componentes primarios.
- b. Correlaciones genéticas y ambientales entre los caracteres considerados.

**PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

**LINEAS PARENTALES**

**Línea 21**

Selección individual por rendimiento, hecha por el ICA en un población de chonto denominada "Mata Verde". Este material ha pasado por un proceso de mejoramiento que incluye manejo masal y reselecciones hasta convertirse en una línea entregada como variedad en 1984 con el nombre de LICAPAL -21.

**Línea 6-80-A**

Selección individual por rendimiento, realizada en 1980, en una población de tomate para industria, variedad Nápoli, introducción N° 1457.

**Manapal**

Introducción 1469 de la casa comercial Keystone, USA.

**Miguel Pereira**

Introducción del Brasil N° 1942.

**MATERIAL HIBRIDO F<sub>1</sub>**

En invernaderos del Centro de Investigaciones del ICA en Tibaitatá, se realizaron los respectivos cruzamientos en todos los sentidos, con el fin de asegurar la mayor cantidad de semilla.

**MATERIAL EXPERIMENTAL**

El material experimental estuvo compuesto por los diez genotipos, resultantes de los seis cruzamientos simples y los cuatro parentales, según la siguiente tabla dialélica:

		L-6-80 (1)	L-21 (2)	Manapal (3)	M.P.(4)
L-6-80	(1)	1.1	1.2	1.3	1.4
L-21	(2)		2.2	2.3	2.4
Manapal	(3)			3.3	3.4
M.P.	(4)				4.4

**DISEÑO EXPERIMENTAL**

La evaluación de la población  $F_1$  y sus respectivas parentales se efectuó en el lote de experimentación del Programa de Hortalizas del ICA en Palmira, utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Cada parcela consistió de una hilera doble de tres metros de largo con 12 plantas en total, sembradas a 50 centímetros entre sí. Los datos se tomaron de las 8 plantas centrales de cada parcela. Al experimento se le dió un manejo similar a un cultivo comercial.

**CARACTERES EVALUADOS**

**Rendimiento**

Estuvo representado por el peso total de los

frutos de las 8 plantas de la parcela efectiva, durante las 8 semanas que duró la cosecha y ejecutando una semanal.

**Número de frutos por planta**

Se hizo conteo directo de los frutos en cada parcela efectiva y durante toda la cosecha.

**Peso promedio de fruto**

Relación entre el peso total de los frutos de cada parcela y el número de frutos de la misma.

**ANALISIS DE LOS DATOS**

**Heterosis relativa (H.R.)**

Se calculó con base al comportamiento promedio de las tres repeticiones, para cada genotipo

$$H.R. = \frac{F_1}{\bar{X}P} \times 100 ; \bar{X}P \text{ Promedio parental}$$

**Heterobeltiosis (H.B)**

Se estimó también con base al comportamiento promedio de las tres repeticiones para cada genotipo

$$H.B. = \frac{F_1}{PMC} \times 100; = PMC \text{ Padre de mejor comportamiento}$$

$$Y_{ik} = \mu + G_i + B_k + e_{ik} \text{ (No se considera la interacción genotipo por bloque)}$$

Donde :

- $Y_{ik}$  = Valor fenotípico del genotipo (i) en el bloque K
- $\mu$  = Media poblacional
- $G_i$  = Efecto verdadero del genotipo "i" esimo
- $B_k$  = Efecto verdadero del bloque "K" esimo
- $e_{ik}$  = Error experimental

**Heterosis promedio de cada padre**

Se promediaron los comportamientos de cada línea en los cruzamientos donde intervinieron.

**Varianzas genéticas y ambientales**

Se siguió la metodología propuesta por Griffing (1953), donde se parte del siguiente modelo con sus respectivas restricciones:

Restricciones:  $G_i \sim N(0, \sigma^2 G)$   
 (Supuestos)  $E_{ij} \sim N(0, \sigma^2 e)$

**Habilidad combinatoria general y específica**

Se siguió el esquema de Griffing (1956) correspondiente al Modelo 2, método 2, el cual tiene el siguiente modelo y supuestos:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + B_k + l_{ijk}$$

Para  $i, j = 1, 2, \dots, P$  Padres  
 $k = 1, 2, \dots, K$  Repeticiones

Donde

- $\mu$  = Media poblacional
- $g_i$  = Efecto de habilidad combinatoria general de la línea "i"
- $g_j$  = Efecto de habilidad combinatoria general de la línea "j"
- $s_{ij}$  = Efecto de habilidad combinatoria específica entre las líneas "i" y "j" con  $s_{ij} = s_{ji}$
- $B_k$  = Efecto verdadero del bloque "k"
- $e_{ijk}$  = Error ambiental asociado con la observación (i,j)
- $Y_{ijk}$  = Valor fenotípico observado del carácter en estudio para el genotipo (i,j) en el bloque k.

**Andeva para las variables (Griffing, 1953).**

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	C.M. Esperados
Bloques	r-1	SCr	CMB	$\sigma_e^2 + g \sigma^2 B$
Genotipos	G-1	SCg	CMG	$\sigma_e^2 + r \sigma^2 G$
Error	(G-1)(r-1)	SCE	CME	$\sigma^2 e$
Total	gr - 1	SCT		

$$\sigma^2 F = \hat{\sigma}^2 G + \hat{\sigma}^2 B + \hat{\sigma}^2 e$$

$$H = \frac{\hat{\sigma}^2 G}{\hat{\sigma}^2 F}$$

Donde

$\hat{\sigma}^2 F$  = Varianza fenotípica estimada

$\hat{\sigma}^2 G$  = Varianza genética estimada

H = Heredabilidad en sentido amplio

Andeva para Habilidad Combinatoria General (hcg) x Específica (hce) en bloques completos al azar según el Modelo 2, Método 2 de Griffing (1953).

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	C.M. Esperados
Bloques	r-1	Sb	Mb	$\sigma_e^2 + g \sigma^2 B$
Genotipos	G-1	SG	MG	$\sigma_e^2 + r \sigma^2 G$
-hcg P-1		Sg	Mg	$\sigma_e^2 + r \sigma^2 S + r(P+2)\sigma^2 g$
-hce P $\frac{(p-1)}{2}$		Ss	Ms	$\sigma_e^2 + r \sigma^2 S$
Error	(G-1)(r-1)	Se	Me	$\sigma_e^2$
Total	Gr - 1	St		

Donde los estimadores serán:

$P = 4, C = 6$

$$C = \frac{P(P-1)}{2}$$

$G = P + C$

$$\hat{\sigma}^2_g = \frac{Mg - Ms}{r(P + 2)}$$

G= Número total de genotipos

P= Número Padres empleados

$$\hat{\sigma}^2_S = \frac{Ms - Me}{r}$$

C= Número de cruzamientos simples

Estimación de componentes de Varianza Genética del tipo aditivo ( $\hat{\sigma}^2 A$ ) y Dominante ( $\hat{\sigma}^2 D$ )

Es posible tener algunos estimativos de la contribución aditiva y dominante en la variación

genética con los datos suministrados por la tabla dialélica utilizando las relaciones suministradas por Kempthorne y Curnow, citados por Martínez (1975), en términos de Covarianzas entre parientes, así:

$$\hat{\sigma}^2_g = \text{Cov (M-H)} \quad \begin{array}{l} \text{(M-H) = medios hermanos} \\ \text{(H-C) = hermanos completos} \end{array}$$

$$\text{Cov (M-H)} = \frac{1 + F}{4} \hat{\sigma}^2_A \quad \text{Cuando } F = 1 \text{ (líneas endogámicas)}$$

$$\text{Cov (M - H)} = \frac{1}{2} \hat{\sigma}^2_A$$

$$\hat{\sigma}^2_g = \frac{1}{2} \hat{\sigma}^2_A$$

$$2 \hat{\sigma}^2_g = \hat{\sigma}^2_A$$

$$\hat{\sigma}^2_S = \text{Cov (H - C)} - 2 \text{Cov (H - M)}$$

$$\hat{\sigma}^2_S = \frac{1 + F}{2} \hat{\sigma}^2_A + \left( \frac{1 + F}{2} \right)^2 \sigma^2_D - 2 \left( \frac{1 + F}{4} \hat{\sigma}^2_A \right)$$

$$\hat{\sigma}^2_S = \hat{\sigma}^2_D \text{ Cuando } F = 1 \text{ (Líneas endogámicas)}$$

**Correlaciones genotípicas y ambientales para el rendimiento (X<sub>1</sub>) y sus componentes principales número de frutos (X<sub>2</sub>) y peso promedio de frutos (X<sub>3</sub>).**

Con base a los componentes de varianza y covarianza, se procedió a determinar las correlaciones siguiendo la metodología propuesta por Griffing (1953).

La correlación genotípica entre variables se calculó usando la fórmula siguiente:

$$ij \hat{\rho}_g = \frac{ij \hat{\sigma}_g^2}{\sqrt{(i \hat{\sigma}^2_g) (j \hat{\sigma}^2_g)}} = \hat{\rho}_g(ij) = \frac{\text{Cov}_g(i,j)}{\sqrt{\hat{\sigma}^2_g(i) \hat{\sigma}^2_g(j)}}$$

La correlación ambiental se estimó a partir de la siguiente fórmula:

$$ij \hat{\rho}_e = \frac{ij \hat{\sigma}_e^2}{\sqrt{(i \hat{\sigma}^2_e) (j \hat{\sigma}^2_e)}} = \hat{\rho}_e(ij) = \frac{\text{Cov}_e(i,j)}{\sqrt{\sigma^2_e(i) \sigma^2_e(j)}}$$

**Cálculo de regresiones**

Haciendo uso de los componentes de varianza x covarianza se procedieron a estimar las regresiones para las anteriores variables.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**HETEROSIS**

**Heterosis para rendimiento**

En el Cuadro 1 se observan los rendimientos obtenidos en los 6 híbridos y sus respectivas líneas parentales. Los rendimientos promedios de las líneas oscilaron entre 7.05 (22.8 t/ha) y 17.22 kg/parcela (53.80 t/ha). Se destacó la línea Manapal como la más productiva y la línea

6-80 como la de más baja producción. El bajo rendimiento de la línea 6-80 puede explicarse en parte a que ésta es una variedad de crecimiento determinado y la poda a dos ramas puede haberla afectado sensiblemente.

De los 6 híbridos evaluados, 3 expresaron heterosis para rendimiento (Cuadro 2). Los valores de heterosis relativa (HR) fluctuaron entre 113.9% (L-21 x MP) hasta 166.1% (L-6-80 x MP). Con respecto al padre de mejor comportamiento (Hetero-beltiosis), los valores de heterosis se encontraron entre 140.8% y 109.8% para los híbridos anteriormente considerados. La línea 6-80 presentó mejor comportamiento con un promedio de 127.7% y 105% para HR y HB respectivamente (Cuadro 3).

**CUADRO 1. Rendimiento (kg/parcela) de cuatro líneas (variedades de tomate y sus híbridos sencillos.**

	L-6-80	L-21	MP	Manapal
L-6-80	7.05	10.46	14.30	10.97
L-21		9.46	11.26	12.71
MP			10.16	12.74
Manapal				17.22

Las manifestaciones heteróticas que exhibieron algunos de los cruzamientos pueden deberse a que se establece una complementación entre los loci que tienen que ver con el rendimiento. La acción génica involucrada puede explicarse en términos de que a las contribuciones individuales (aditivas) favorables de cada material, se agrega un suplemento de dominancia, sobredominancia (acción intraalélica) ó de epistasis (acción interalélica), como consecuencia de la unión de genomas contrastantes. Este tipo de acción génica involucrada en heterosis es ampliamente discutida por Ohta y Kimura, Seyffer y Forkman, citados por Mayo (1980).

En términos generales se ha considerado que en poblaciones de tomate las manifestaciones de Heterosis son casos aislados, directamente relacionados con el grado de parentesco ó distanciamiento genético entre los materiales cruzados.

Valores Heteróticos para rendimiento en tomate son reportados por investigadores como Lobo (1973), Peter y Rai (1978), Singh (1979), Sharma (1976).

Desde el punto de vista práctico los mejoradores han escogido la heterobeltiosis como la medida de mayor interés cuando se quiere pensar en una

**CUADRO 2. Heterosis relativa (HR) y Heterobeltiosis (HB) para rendimiento y sus componentes principales en 6 híbridos de tomate.**

	RENDIMIENTO		N° DE FRUTOS		PESO PROM.FRUTOS	
	HR	HB	HR	HB	HR	HB
L-6-80 x L-21	126.7	110.8	121.3	106.2	99.7	77.6
L-6-80 x Manapal	90.3	63.7	86.4	68.7	86.8	53.6
L-6-80 x MP	166.1	140.8	91.9	75.0	165.5	118.7
L-21 x Manapal	95.3	73.8	103.0	91.9	88.8	63.1
L-21 x MP	113.9	109.8	151.5	139.4	75.7	37.5
Manapal x MP	93.0	74.0	124.5	120.4	73.7	56.6

**CUADRO 3. Heterosis promedio de cada línea de tomate, para el rendimiento y sus componentes primeros.**

	RENDIMIENTO		N° DE FRUTOS		PESO PROM.FRUTOS	
	HR	HB	HR	HB	HR	HB
L-6-80	127.7	105.1	99.9	83.3	117.3	83.3
L-21	112.0	98.1	125.5	112.5	88.1	69.4
Manapal	92.9	70.5	104.6	93.7	83.1	57.8
MP	124.3	108.2	122.6	111.6	105.0	80.9

posible explotación comercial del vigor híbrido. Lo anterior hace pensar que los híbridos que exhibieron este comportamiento y en especial el formado entre las líneas 6-80 x MP (140 % HB), deberían evaluarse más ampliamente con el fin de conocer el comportamiento agronómico y comercial en parcelas mayores, observar si mantienen la expresión heterótica en relación con distintos ambientes, además de los estudios complementarios que tengan que ver con el cultivo y aceptación comercial.

**Heterosis para número de frutos**

El comportamiento de cada uno de los genotipos evaluados se pueden observar en el Cuadro 4. El híbrido L-80 x L-21 sobresalió por su alta producción de frutos (192), seguida por otro de los híbridos donde la L-21 interviene (L-21 x MP). La línea Manapal se comportó como el material de más baja producción de frutos (107); sin embargo como se presenta más adelante este último material fue el que alcanzó el más alto peso promedio de fruto, lo que viene a confirmar lo encontrado por Vallejo (1976) y Lobo (1973) respecto a la asociación negativa entre estos dos caracteres.

Se encontró vigor híbrido para esta variable (Cuadro 2). En lo que respecta a Heterosis relativa (HR) se destacaron los cruzamientos L-21 x MP (151.5%), Manapal x MP (124.3%) y L-6-80 x L-21 (121.3%). Los valores de Heterobeltiosis oscilaron entre 139.4) y 106.2%, sobresaliendo de nuevo los híbridos L-21 x MP

(139.4%) y Manapal x MP (120.4%) como los que manifestaron mejor comportamiento heterótico.

Los promedios de cada línea en los cruzamientos en que intervinieron se presentan en el Cuadro 3. En las dos evaluaciones de Heterosis sobresalieron las líneas 21 y MP, con valores similares y cercanos a 125% y 112% para HR y HB, respectivamente. Es de anotar que además de combinar muy bien estas dos líneas con todos los padres, el híbrido específico formado por ellas fue el que manifestó la máxima heterosis (139.4% de HB).

Individualmente, la línea MP se caracterizó por presentar bajo número de frutos posiblemente porque no contiene en sus genotipos homocigotos y para los loci en particular, todos los genes favorables para el carácter, pero que al ocurrir la fusión de gametos diversos se consiguen mejores combinaciones genotípicas las cuales mejoran la expresión de este componente.

La línea 21, en condiciones de cultivo comercial, presentó alto número de frutos. Este comportamiento se vió favorecido cuando entró en cruzamiento con otros materiales.

La heterosis para este carácter tuvo la misma tendencia observada en el rendimiento del cual es uno de sus componentes primarios y donde MP y L-21 también fueron las líneas que expresaron mejor respuesta heterótica en todos los cruzamientos.

**CUADRO 4** Número total de frutos por parcela de cuatro líneas (variedades) y sus híbridos sencillos.

	<b>Manapal</b>	<b>MP</b>	<b>L-21</b>	<b>L-6-80</b>
Manapal	107.0	138.0	125.3	124.6
MP		114.6	190.0	136.0
L-21			136.3	192.6
L-6-80				118.3

**Heterosis para peso promedio de frutos**

Los resultados obtenidos en la evaluación de este componente primario aparecen en el Cuadro 5. Manapal fue el genotipo que presentó el mayor peso promedio de fruto (165.5 g) lo cual hace de este material una excelente variedad para la mesa. En contraste, la línea 6-80 fue la que presentó menor peso promedio (38.7 g) correspondiendo a un tipo de tomate para industria.

En el Cuadro 2 se presentan las heterosis para cada uno de los cruzamientos. Un solo híbrido (L-6-80 x MP), exhibió heterosis (118.7%), con respecto al padre superior. En cuanto a comportamiento general, la línea L-6-80 presentó mejor promedio (117.3%), seguida por MP con (105%) (Cuadro 3). El resto de líneas no exhibieron ningún tipo de heterosis.

**CUADRO 5**      **Peso promedio de fruto (g) de cuatro líneas de tomate y sus respectivos híbridos sencillos.**

	L-6-80	L-21	MP	Manapal
L-6-80	38.68	53.96	105.43	88.62
L-21		69.54	59.94	104.28
MP				88.77 93.72
Manapal				165.40

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por algunos investigadores en el sentido de que la línea que muestra mejor heterosis promedio para este componente es la que menores valores heteróticos manifiesta para el carácter número de frutos Lobo (1973), Vallejo (1976) Rick (1958) y Griffing (1959) mencionan que estos dos caracteres están gobernados por un mismo conjunto de genes con efectos pleitrópicos y que los potenciales fisiológicos se interfieren una vez alcanzados los valores máximos, de tal manera que se establece una competencia entre estos dos factores a favor de uno y en detrimento del otro.

Otra explicación para la ausencia de heterosis en la mayoría de los cruzamientos, tienen que ver con lo propuesto por Makthur y Butler, citados por Mayo (1980), los cuales indican que para el tamaño de los frutos en tomate, cuando los padres difieren mucho en este carácter, los híbridos tendrán un comportamiento muy cercano a la media geométrica de los parentales y que esta última se aproxima hacia el padre de menor comportamiento. Como consecuencia las eva-

luaciones de heterosis con base en el promedio aritmético o al mejor padre serán de bajo o reducido valor.

**ESTIMACION DE COMPONENTES DE VARIANZA**

Los cuadrados medios para las diferentes variables se presentan en el Cuadro 6. Las evaluaciones permitieron establecer diferencias estadísticamente significativas entre los materiales para los caracteres considerados. Lo anterior significa que existe comportamiento diferencial entre los genotipos (líneas e híbridos) cuando se les comparó con base en los fenotipos expresados.

Las diferencias encontradas confirmaron una vez más que mediante cruzamientos dialélicos es posible dilucidar los efectos genéticos de líneas e híbridos para caracteres cuantitativos, en donde, además de las contribuciones aditivas a la varianza genética, se establecieron complementos de tipo dominante estrechamente ligados a la respuesta heterótica de los cruzamientos.

Los efectos de repeticiones para todas las variables fueron significativos lo cual demostró que el criterio de bloqueo fue efectivo para disminuir el error experimental. Consecuentemente, los coeficientes de variación (CV) están dentro de valores comunes y aceptables para experimentos en tomate realizados en estas condiciones.

La descomposición de la varianza fenotípica a partir de los cuadrados medios esperados se puede observar en el Cuadro 7. Debido a que cada componente se expresa en valores relativos respecto a la variación total (fenotípica), los datos correspondientes a varianza genotípica estimada ( $\hat{\sigma}^2G$ ), son equivalentes a la heredabilidad en sentido amplio.

**CUADRO 6** Valores y significancia de los cuadrados medios y coeficiente de variación del análisis de varianza, del carácter rendimiento y sus componentes primarios en tomate.

F de V.	G.L.	Rendimiento	Nº frutos por planta	Peso Promedio del fruto
Genotipos	9	23.51**	2.995.02**	3.766.43**
Bloques	2	18.03**	1.887.70*	74.40
Error	18	2.96	575.58	279.05
C.V.		14.80	16.59	19.23

\*\* Significativo a nivel de 1%, por la prueba de F

\* Significativo a nivel de 5%, por la prueba de F

**CUADRO 7** Estimativos de los componentes de la varianza, expresados en porcentaje, del carácter rendimiento y sus componentes primarios, en una población dialélica de tomate.

Carácter	Estimativos de los componentes de varianza (%)		
	$\hat{\sigma}^2G$	$\hat{\sigma}^2B$	$\hat{\sigma}^2e$
Rendimiento	60.51	13.34	26.15
Nº Frutos/planta	53.29	8.65	38.03
Peso promedio fruto	79.11	1.89	18.99

El rendimiento presentó una heredabilidad del (60.51%), valor que puede considerarse relativamente alto ya que es el carácter más complejo y como tal se ve afectado por sus respectivos componentes primarios y secundarios. Dada su condición de carácter poligénico se espera que

en buena parte de su expresión fenotípica influya el ambiente y sus respectivas interacciones.

El número de frutos tuvo menor heredabilidad (53.3%) que el peso promedio de fruto (79.1%), confirmándose que en este último carácter la

fracción genética hizo una importante contribución a la varianza fenotípica total de las poblaciones. La alta heredabilidad para el peso promedio de fruto indica que se espera una estrecha relación de padres a hijos y que en la búsqueda de individuos sobresalientes en poblaciones segregantes éste carácter podría ser usado como buen criterio de selección dada su alta correlación positiva con el rendimiento.

En general los valores de heredabilidad para el rendimiento y sus dos componentes primarios ligeramente menores a los encontrados por Vallejo (1976), Singh (1979) y Powers (1941), pero concordaron con los determinados por Griffing (1953) y Prasad (1970). Las ligeras diferencias con otras investigaciones se pueden explicar por el material genético estudiado y muy posiblemente por el manejo comercial que se le dió al cultivo en el cual alguna parte del potencial genético productivo no fue evaluado o excluído con las podas y selección de frutos.

#### DESCOMPOSICION DE LA VARIANZA GENETICA EN HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA

##### Rendimiento y sus dos componentes principales

Tanto para h.c.g como para h.c.e, se presentan los cuadrados medios en el Cuadro 8. En lo que respecta a la hcg, sólo hicieron diferencias significativas entre los genotipos para la variable peso promedio de fruto. Con respecto a la hce, hubo diferencias significativas para rendimiento, número de frutos y peso promedio de fruto.

Los anteriores resultados indicaron que sobresale la variación entre genotipos debida a efectos de habilidad combinatoria específica. El predominio de la variación para hce en el rendimiento y sus dos componentes, concordaron con los resultados analizados por Alvarado (1972) y Lobo (1973), pero discreparon con investigaciones realizadas por Singh (1974), y Mital (1978), en las cuales reportan como superior las varianzas de hcg para estos tres caracteres. De acuerdo con este comportamiento, las líneas presentaron importantes diferencias en cuanto a la acción

génica no aditiva como componente de la variación genética total.

Con el fin de obtener algunos estimativos de las contribuciones aditivas y dominantes para cada carácter, se encontraron los componentes de varianza de los cuadrados medios (Cuadro 9). Como puede observarse la suma de componentes debidos a la hcg ( $\sigma^2g$ ) y a la hce ( $\sigma^2S$ ), no reflejan siempre el total del valor de la contribución genética total, indicando ésto que hay un faltante de la varianza genética por estimar y que posiblemente pueden ser las pertenecientes a las relaciones interalélicas que se pueden establecer en cada caso.

Convertidos estos estimadores a varianza aditiva y varianza dominante mediante las relaciones de covarianza entre hermanos, Cuadro 10, se encontró que tanto para rendimiento como para número de frutos predominan las contribuciones asociadas con la varianza dominante, coincidiendo con el análisis estadístico que determinó diferencias significativas para hce en los dos caracteres. Para el carácter peso promedio de fruto la contribución de la varianza aditiva fue el doble de la dominante, situación que también coincide con el hecho de que fue el único componente significativo para los efectos de hcg.

Se concluye entonces que en la variación genética total del rendimiento y del número de frutos predomina la acción génica no aditiva, mientras que para el peso promedio de fruto prima el aporte aditivo. Una posible explicación a estos resultados puede ser el hecho de que las líneas escogidos son materiales con avanzado proceso de mejoramiento (selección) y la evaluación se hace en la generación híbrida ( $F_1$ ) en donde gran parte de los aportes individuales se confunden con las manifestaciones heteróticas. Es posible que en generaciones segregantes de estos mismos híbridos ya entren a primar las contribuciones aditivas en los valores fenotípicos de las progenies.

**CUADRO 8** Valores y significancia de los cuadrados medios del análisis de varianza, de la habilidad combinatoria, del carácter rendimiento y sus componentes primarios en una población dialélica de tomate.

F de V.	Caracteres			
	G.L.	Rendimien.	Nº frutos del fruto	Peso Promed. de fruto
Habilidad combinatoria general (h.c.g)	3	42.40 <sup>N.S</sup>	4.582.60 <sup>N.S</sup>	8.556.60*
Habilidad combinatoria específica (h.c.e.)	6	14.00*	2.801.20*	1.371.30**
Error	18	2.90	575.60	279.10

\*\* Significativo a nivel de 1% , por la prueba de F

\* Significativo a nivel de 5% , por la prueba de F

<sup>N.S</sup> No significativo a nivel de 5%, por la prueba de F

**CUADRO 9** Valores estimados de los parámetros para varianza genética  $\hat{\sigma}^2G$  y sus componentes de habilidad combinatoria general ( $\hat{\sigma}^2g$ ) y específica ( $\hat{\sigma}^2S$ ) para el carácter rendimiento y sus componentes primarios en tomate.

F d V.	Rendimiento	Nº frutos por planta	Peso Promedio del fruto
$\hat{\sigma}^2G$	6.85	806.48	1.162.46
$\hat{\sigma}^2g$	1.57	98.96	399.20
$\hat{\sigma}^2S$	3.71	741.90	364.10

**RELACIONES GENOTIPICAS Y AMBIENTALES PARA EL RENDIMIENTO ( $X_1$ ) NUMERO DE FRUTOS ( $X_2$ ) Y PESO PROMEDIO DE FRUTO ( $X_3$ ).**

Los cuadrados medios y productos cruzados medios para las tres variables se presentan en el Cuadro 11. En el rendimiento y sus dos componentes primarios, se presentaron diferencias debidas al genotipo en forma significativa.

Haciendo uso de la metodología propuesta por Griffing (1953) se estimaron con estos datos los coeficientes de correlación simple, Cuadro 12.

Se presentó una correlación negativa entre el rendimiento y el número de frutos  $\hat{\rho}_{1,2}$  (-0.54-1). Esta misma asociación negativa fue encontrada por Powers (1941), Vallejo (1976) y otros. Esta situación difícilmente se podría explicar individualmente, ya que el número de frutos está estrechamente ligado al peso de los mismos y éstas dos variables con el rendimiento. Es posible que la asociación negativa se deba a que cualquier variación en el incremento del número de frutos cause una baja en el peso de los mismos  $\hat{\rho}_{2,3}$  (-0.795) y que

**CUADRO 10** Valores estimados de varianza aditiva ( $\hat{\sigma}^2A$ ) y dominante ( $\hat{\sigma}^2D$ ) asociadas con el caracter rendimiento y sus componetes primarios en tomate.

F d V.	Rendimiento	Nº frutos por planta	Peso Promedio del fruto
$\hat{\sigma}^2A$ ( $2\sigma^2g$ )	3.14	197.92	789.40
$\hat{\sigma}^2D$ ( $\sigma^2S$ )	3.71	741.90	364.10
$h^2$ (EE)	0.28	0.13	0.54

los incrementos logrados por ese mayor número de frutos no compense las pérdidas en rendimiento por la reducción del tamaño de los mismos.

A pesar de que el grado de asociación no es alto, suministra un indicativo de que el conjunto de genes que determinan estas variables actúan con acción pleiotrópica y que los potenciales productivos se ven competidos cuando se presentan aumentos en cualquiera de los dos casos.

Como ha sido determinado por muchos investigadores es sobresaliente la asociación positiva entre el rendimiento y el peso promedio de fruto,  $\hat{\rho}_{1,3}$  (0.918), el cual permite predecir que una adecuada selección para peso promedio de fruto, necesariamente conlleva a una selección de genes favorables para el rendimiento y

por consiguiente un incremento en este último carácter.

Por otra parte se confirma una vez más la alta asociación negativa entre componentes genéticos que tienen que ver con el número de frutos y el peso promedio de los mismos. Lo anterior indica que un incremento genotípico para el peso de los frutos, está asociado con el decremento genotípico del número de frutos. Este comportamiento es explicado por Vallejo (1976), quien se apoya en lo sugerido por Griffing y Powers que la estrecha asociación entre estos dos componentes se debe a que el mismo conjunto de genes lo están determinando pero con acción contraria, en tal forma que necesariamente se compiten genéticamente a favor de uno y en detrimento del otro.

**CUADRO 11** Cuadrados medios y productos cruzados medios para los caracteres rendimiento, número de frutos por planta y peso promedio de fruto en una población dialélica de tomate.

		Rendimiento	Nº frutos por planta	Peso Promedio fruto
Rendimiento	Genotipos	23.51**	-143.74**	273.31**
	Bloque	18.06**	101.01	-37.17
	Error	2.96	28.24	13.59
Nº Frutos por planta	Genotipos		2.995.02**	-2.672.13
	Bloque		1.887.70*	-105.94
	Error		575.58	-208.62
Peso Promedio de fruto	Genotipos			3.766.43**
	Bloque			74.40
	Error			279.05

**CUADRO 12** Coeficientes de correlación simples basados en componentes de varianza y covarianzas para el caracter rendimiento ( $X_1$ ), número de frutos ( $X_2$ ) y peso promedio de fruto ( $X_3$ ).

	$\hat{r}_{12}$	$\hat{r}_{13}$	$\hat{r}_{23}$
Coeficientes de correlación genética	-0.541	0.918	-0.795
Coeficiente de correlación ambiental	0.684	0.742	-0.520

Según las situaciones discutidas anteriormente se prevee que al practicar selección a favor de uno de los componentes primarios, necesariamente se está influyendo en el otro y que los incrementos en el rendimiento serán más lentos si se consideran simultáneamente los dos componentes. Tal como lo han recomendado investigadores como Singh (1976), Hana (1979) y Vallejo (1976) entre otros, si el objetivo es incrementar el rendimiento debe dársele una mayor importancia al componente peso promedio de fruto.

En cuanto a los coeficientes de correlación ambiental son positivos entre el rendimiento y sus dos componentes  $\hat{\rho}_{1,2}$  (0.684) y  $\hat{\rho}_{1,3}$

(0.472) indicando que un ambiente que le es favorable a las relaciones entre un componente y el rendimiento lo es para la otra relación. Por el contrario entre los dos componentes primarios se establece una relación negativa en la cual un ambiente que permite una mejor expresión para una variable es desfavorable para la otra.

## BIBLIOGRAFIA

ALVARADO, P.; CORTAZAR, R. Capacidad combinatoria en cruzamientos dialélicos de tomate. Agricultura Técnica. Vol. 32, No. 2(1972); p. 65-70.

ALLARD, R. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. José Montoya. 2 ed. Barcelona : Omega, 1975. 498 p.

FALCONER, D. Introducción a la genética cuantitativa. 4 ed. México : Continental, 1977. 340 p.

GRIFFING, B. Analysis of tomato yield components in terms of genotypic and environmental effects. Iowa State College, 1953. p. 327-379. (Res. Bull. no. 397).

----- Concept of general and specific combining ability in relation to diallel - crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. Vol. 9, No. 4 (1956); p. 463-493.

----- Combining ability of tomato for fruit quality trials. Iowa. Agric. State Res., 1959. 31 p. (Bull. no. 956).

----- A generalised treatment of the use diallel cross in qualitative inheritance. Heredity. 10: 31-50. 1956.

HANNA, Y.; HERNANDEZ, T. Heterosis and inheritance of fruit shape in the tomato. Hort Science. Vol. 14: No. 2 (1979); p. 15-23.

LOBO, M. Heterosis y habilidad combinatoria en tomate. Tesis (M.Sc.). Bogotá, 1973. 129 p. Universidad Nacional de Colombia; ICA, 1973. 129 p.

MARTINEZ, A. Diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. México : Escuela Nacional de Agricultura, 1975. 228 p.

MAYO, O. The theory of plant breeding. Oxford University, 1980. 293 p.

MITAL, R; SING, H. Genetics of yield and its components in tomato. Indian Journal of Agricultura Sciences. Vol. 48, No 3 (1978); p. 159-162.

PETTER, K; RAI, B. Heterosis as a function of genetics distances in tomato. Indian J. Genet. Plant Breeding. Vol. 38, No. 2 (1978); p. 173-178.

PRASAD, A.; PRASAD, R. Variability and correlation studies in tomato. Indian J. of Agric. Sc. Vol. 47, No. 2 (1977); p. 77-80.

POWERS, L. Inheritance of qualitative characters in crosses involving two species of *Lycopersicon*. J. of Agric. Res. Vol. 63 (1941); p. 149-174.

RICK, C.; BUTLER, L. Cytogenetics of the tomato. Advances in Genetics. Vol. 8 (1958); p. 267-382.

SHARMA, K.; VERMA, I. Production and economics of hybrid tomato. Indian J. Agric. Sc. Vol. 47, No. 4 (1976); p. 184-187.

SINGH, H.; SINGH, R.; MITAL, R. Genotypic and phenotypic variability in tomato. Indian J. Agric. Sc. Vol. 44, No. 12 (1974); p. 807-811.

-----; RAWAT, P.; PLANT, P. Heterosis for ascorbic acid in tomato. Indian J. of Agric. Sc. Vol. 49, No. 3 (1979); p. 117-118.

VALLEJO, F.A. Heredabilidad de los componentes de rendimiento en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Tesis (M.Sc.). Bogotá, 1976. 93 p. Universidad Nacional de Colombia; ICA.