

ESTIMACIÓN DE LA HABILIDAD COMBINATORIA DE HÍBRIDOS SIMPLES Y LÍNEAS DE TOMATE PARA MESA (*Lycopersicon esculentum*, Mill) EN ALAJUELA, COSTA RICA¹

Carlos R. Echandi¹, Marco A. Moreira¹

RESUMEN

Estimación de la habilidad combinatoria de híbridos simples y líneas de tomate para mesa (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en Alajuela, Costa Rica. El trabajo se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M.(EEFBM), ubicada a 84° 6' longitud oeste y 10° latitud norte en San José de Alajuela, a una elevación de 840 msnm. Los doce híbridos triples se dispusieron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los híbridos triples obtenidos por el cruce de cuatro híbridos simples ('Pik ripe 747', 'B-4769', 'Olympic' y 'DRD8108') y tres líneas avanzadas de tomate para mesa ('Neptune', 'CL-N1462A' y 'CLN1466J') se dispusieron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los híbridos simples Olympic y DRD8108 mostraron el mejor rendimiento de frutos comerciales en sus cruces. El híbrido simple Olympic mostró ser portador de una mayor cantidad de alelos favorables tanto para prolificidad como para el tamaño del fruto, mientras que el DR8108, especialmente aportó alelos favorables para mejorar el tamaño. Entre las líneas puras, Neptune fue el material de mejor comportamiento en sus cruces tanto para la producción de fruta comercial como para la sanidad de fruto. El híbrido triple Olympic x Neptune presentó el mejor rendimiento de frutos comerciales seguido por el DR8108 x Neptune. Los progenitores de ambos híbridos triples sobresalieron en cuanto a su habilidad combinatoria general para esos caracteres. Los estimadores más altos de la habilidad combinatoria específica para el híbrido triple DR8108 x Neptune, denotaron un efecto de heterosis muy importante, condición fundamental para justificar la derivación de líneas genéticamente superiores de tomate.

Palabras clave: tomate, *Lycopersicon esculentum*, habilidad combinatoria, rendimiento, *Alternaria*.

ABSTRACT

Progeny testing of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) for table use through an estimate of its combining ability for a factorial crossing in Alajuela, Costa Rica. The trial was conducted at the Fabio Baudrit Experiment Station, located at 840 masl in San Jose of Alajuela, Costa Rica. The 12 triple hybrids were set under a Complete Randomized Block experimental design with three replications. The Olympic and DRD8108 simple hybrids showed, in their crosses the highest yields of marketable fruits. Olympic drew favorable alleles for prolificity as well as for fruit size, while DRD8108 contributed favorable alleles for size improvement. The 'Neptune' purebred line was the best material for the performance of its crosses for production of marketable fruits as well as for fruit health. The Olympic x 'Neptune' triple hybrid showed the best performance as to marketable fruit yield, followed by DRD8108 x 'Neptune'. The progenitors of both triple hybrids outstood for their specific combining ability for those characters. The highest estimators of the specific combining ability for the DRD8108 x 'Neptune', denote a very important heterosis effect, a fundamental condition to justify the derivation of genetically superior tomato lines.

Keywords: tomatoes, *Lycopersicon esculentum*, combining ability, yield, *Alternaria*.

¹ Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate, tanto en Costa Rica como en el resto de América Central, depende en su totalidad de la disponibilidad de semilla importada. Esta dependencia tecnológica resulta extremadamente onerosa, tanto por el costo social que implica la fuga de divisas, como por el alto gasto económico que debe asumir el productor al adquirir el insumo. Más aún, al no disponerse de cultivares adaptados a ambientes locales específicos, se ha inducido la adopción de tecnologías que requieren un excesivo uso de insumos artificiales fuertemente contaminantes y, que a la vez, incrementan los costos de producción. La baja calidad fisiológica de las semillas que se expenden (baja germinación y vigor) responde tanto al manejo inadecuado de las mismas, como a la ausencia de programas nacionales de producción de semilla sexual que garanticen un flujo continuo de semilla fresca de óptima calidad (FAO, 1992).

En respuesta a esta situación y con miras a ofrecer a mediano plazo semilla de cultivares de alto valor agronómico y de gran aceptación por productores y consumidores, en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM) se estableció, en 1998, un programa de mejora genética del tomate para mesa, a partir de la introducción, caracterización y evaluación preliminar del comportamiento agronómico de líneas para el trópico, provenientes del "Asian Vegetable Research and Development Center" (AVRDC) y de la Asociación de Productores de Semilla de Gainesville, Florida. Las introducciones han presentado buena capacidad de rendimiento y tolerancia a virus, marchitez bacterial y tizón temprano. No obstante, estos materiales aún muestran importantes limitaciones para el mercado local, como lo es el tamaño reducido de su fruto y un inadecuado comportamiento poscosecha, fundamentalmente basado en la poca firmeza del fruto (Moreira y Ehandi, 1995).

El establecimiento de un diseño de cruces entre híbridos comerciales que muestren excelente comportamiento local para los componentes del

rendimiento, así como para el tamaño y la firmeza del fruto y aquellas líneas seleccionadas por su mejor adaptación a los principales agentes bióticos, podría considerarse como un paso importante para delinear un programa inicial de mejora genética. Se pretende el establecimiento de una población segregante generada por hibridización, de modo que el diseño de cruces permita la escogencia de aquellos progenitores que hayan mostrado una buena habilidad combinatoria general para los caracteres mencionados, así como de aquellos cruces que presenten una alta habilidad combinatoria específica (Vallejo, 1994).

Numerosos estudios sobre la habilidad combinatoria en diferentes variedades de tomate para mesa han sido publicados en otras latitudes ajenas a las condiciones climáticas tropicales caracterizadas por alta temperatura y precipitación pluvial (Alvarado y Cortázar, 1972; Singh y Singh, 1980; Maluf, *et al*, 1982; Pierce, 1983). Literatura reciente referente a experiencias similares en otros países del trópico americano se limitan prácticamente a los fitomejoradores cubanos y colombianos, quienes además de estimar habilidades combinatorias en variedades de tomate, tanto locales como comerciales, han explorado el comportamiento de las poblaciones segregantes F₂, obtenidas mediante autogamia de híbridos comerciales de tomate para mesa (Lobo y Marín, 1983; Moya, *et al*, 1985, García y Vallejo, 1990; Baena y Estrada, 1992; Vallejo y Estrada, 1993). El objetivo de este trabajo fue producir la semilla híbrida a partir de un diseño de cruces factorial entre cuatro híbridos comerciales y tres líneas puras de tomate para mesa en Alajuela, Costa Rica, con el fin de estimar posteriormente en el campo, la habilidad combinatoria general y específica de los progenitores y sus cruces. Esta información orientará la selección de aquellos genotipos a usar dentro de un programa de cruzamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el período enero-mayo de 1999, se obtuvo la semilla de los 12 híbridos triples de tomate para

mesa en la EEFBM ubicada a 84° 6' longitud oeste y 10° latitud norte y a una elevación de 840 msnm. Para las cruzas se utilizó un diseño factorial considerando las posibles combinaciones entre cuatro híbridos simples comerciales con tres líneas avanzadas portadoras de tolerancia a la marchitez bacterial. Los progenitores y su procedencia se describen en el Cuadro 1.

Los cuatro híbridos simples comerciales incluidos en este trabajo han mostrado un buen comportamiento local para los componentes del rendimiento, así como para el tamaño y firmeza del fruto¹. Las tres líneas se seleccionaron previamente por su adaptación, tamaño mediano a grande de fruta, rendimiento y tolerancia a marchitez bacterial (*Ralstonia solanacearum*) (Moreira y Echandi, 1995).

En el país y en la región centroamericana no se cuenta con una descripción clara de los virus que afectan al tomate². Normalmente las plantas presentan la infección por un complejo de dos o más virus (predominantemente geminivirus), por esta razón se consideró pertinente evaluar la incidencia y severidad de los síntomas virales en general, y no algún virus en forma específica.

El campo experimental presentó una adecuada concentración y distribución del inóculo natural para virus y tizón temprano debido a siembras ante-

riorios de tomate en el mismo lote, o en parcelas adyacentes que presentaron una alta incidencia de estas enfermedades. Dado que los gametos en el híbrido simple presentaron su máxima segregación genética para los principales caracteres agronómicos, se decidió evaluar en esta generación las características fenotípicas de forma, tamaño y rendimiento comercial de frutos; así como la respuesta de las plantas a síntomas virales y tizón temprano (*Alternaria solani*). Debido a la baja concentración y distribución heterogénea del inóculo de marchitez bacterial (*Ralstonia solanacearum*) y dada la importancia de esta enfermedad, se decidió evaluar la respuesta de los materiales a este patógeno en las siguientes generaciones de autofecundación.

Los cruzamientos se efectuaron dentro de un invernadero para facilitar el manejo de las plantas, protegerlas de las principales enfermedades y garantizar la integridad genética de cada cruce. Las polinizaciones se hicieron durante un período de 60 días hasta obtener el número de frutos cuajados requerido para abastecer la cantidad estimada de semilla. Se colectó una cantidad equivalente de semilla para cada cruce y su recíproco, cuya mezcla conformó la semilla de cada entrada.

El almácigo se produjo en condiciones de ambiente protegido y se transplantó a los 25 días de edad. La evaluación de las cruzas en el campo se realizó entre el 15 de junio y el 2 de noviembre de

Cuadro 1. Progenitores de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para mesa evaluados en el experimento. Alajuela, Costa Rica, 1999.

Progenitor (Híbrido simple)	Procedencia	Progenitor (Línea pura)	Procedencia
Pik ripe 747 B-4769 (B-15) Olympic DRD-8108	Peto Seed Co. Florida Seed Co. Niagara Seeds Rutgers, Israel	Neptune CLN 1462A CLN 1466J	University of Florida AVRDC ¹ AVRDC

¹ Asian Vegetable Research and Development Center.

¹ Comunicación personal MSc Nelson Kooper, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Centro Agrícola Cantonal de Grecia

² Comunicación personal James Karkashian, Ph.D., Universidad de Costa Rica (UCR), Centro de Biología Celular y Molecular, UCR.

1999, en la EEFBM. Los datos climáticos predominantes durante el período en que se realizó el experimento se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores promedio de temperatura, precipitación y humedad relativa durante el periodo experimental. Alajuela, Costa Rica 1999.^{1/}

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
	Máxima	Mínima		
Junio	27,9	18,5	332,8	90
Julio	28,3	18,5	116,6	86
Agosto	27,5	18,2	342,0	91
Setiembre	25,4	17,6	307,8	94
Octubre	26,3	18,3	266,7	91
Noviembre	26,9	18,2	142,5	88

^{1/} FUENTE: Estación Meteorológica Central. Programa Agroambiente, EEFBM.

Los genotipos se dispusieron en el campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Dadas las características genéticas del polen del primer grupo de progenitores o híbridos simples (gametos segregantes) en relación con el segundo grupo (líneas puras: material genéticamente estable), se usaron unidades experimentales de 150 plantas para obtener una muestra genéticamente representativa para cada híbrido triple (Tigchelaar, 1986). La unidad experimental consistió de seis hileras de 25 plantas espaciadas a 1,2 m entre ellas y a 0,4 m entre plantas (72 m²). En respuesta al diseño de cruces de doble clasificación empleado (4 híbridos x 3 líneas) o diseño II de Carolina del Norte (Comstock *et al*, 1949), se estimaron los efectos de la habilidad combinatoria general y específica de los progenitores a partir de las fórmulas propuestas por Simmonds (1979). Las varianzas de los efectos principales (Habilidad Combinatoria General) y su correspondiente interacción (Habilidad Combinatoria Específica) para un modelo fijo, se estimaron de acuerdo con las fórmulas propuestas por Bailey, citado por Owens, *et al*, 1985.

El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo con las prácticas recomendadas por el Programa de Hortalizas de la EEFBM, para el manejo de plantaciones comerciales. Se obtuvieron siete cosechas espaciadas cada siete días, entre el 12 de octubre y el 1 de noviembre de 1999.

Previo a la primera cosecha, se determinó la respuesta de los materiales a los principales agentes bióticos, mediante la determinación de las siguientes variables:

- 1) Incidencia de virosis, en porcentaje.
- 2) Índice de severidad promedio por planta en la unidad experimental a síntomas virales, mediante el empleo de una escala de 1 a 5, donde 1 representó la planta sana y 5, daño severo (Villareal y Lai, 1979).
- 3) Índice de severidad al tizón temprano (*Alternaria solani*) mediante el empleo de la escala propuesta por Villareal y Lai (1979). Para estas enfermedades se trabajó en condiciones de inóculo natural.
- 4) Número y peso (kg/parcela) de frutos de primera: frutos con un diámetro mayor a 8 cm con color uniforme, sin deformaciones ni daños por enfermedades o plagas.
- 5) Número y peso (kg/parcela) de frutos de segunda: Frutos con un diámetro mayor a 5 cm y menor a 8 cm, color uniforme, sin deformaciones ni daños por enfermedades o plagas.
- 6) Número y peso de frutos totales
- 7) Incidencia de frutos enfermos, (%): frutos podridos por *Erwinia* spp. y *Alternaria* spp.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Rendimiento del fruto y prolificidad

La información consignada en el Cuadro 3 permite observar el rango de variación en el rendimiento del fruto comercial para los doce híbridos triples. Los híbridos DRD8108 x 'Neptune' y Olympic x 'Neptune' mostraron los valores más altos en el número y peso de fruto de primera y segunda categorías 231,5 y 246,5 kg/parcela (32,1 y 34,2t/ha, respectivamente), mientras que, el DR

8108 x CLN1466J presentó el rendimiento más bajo, 121,6 kg/parcela (16,9 t/ha). Es importante anotar que los rendimientos comerciales (1ª y 2ª) más altos, son significativamente muy superiores al promedio de producción comercial a nivel nacional en las condiciones de campo abierto y época lluviosa (22 a 25 t/ha) (Bolaños, 1998).

El análisis de varianza reveló diferencias importantes en el rendimiento del fruto no solo para los híbridos en sus cruces, sino también para las líneas (habilidad combinatoria general). Cabe mencionar las diferencias estadísticas observadas en

Cuadro 3. Medias para algunas de las variables de rendimiento del fruto en los doce híbridos triples de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para mesa. Alajuela, Costa Rica, 1999.

Híbrido simple	x	Línea pura	Número de frutos		Peso de frutos (kg/parcela)	
			1era	2da	1era	2da
Pik ripe '747'		'Neptune'	323	900	58,2	121,2
		CLN1462A	177	866	30,0	117,4
		CLN1466J	393	610	74,9	83,5
		Media	298	792	54,4	107,4
B4769 (B-15)		'Neptune'	349	740	61,4	103,5
		CLN1462A	218	1042	42,4	155,3
		CLN1466J	500	711	99,1	105,0
		Media	356	831	67,6	121,3
Olympic		'Neptune'	602	897	117,4	129,1
		CLN1462A	404	993	76,6	138,2
		CLN1466J	524	700	102,1	99,3
		Media	510	863	98,7	122,2
DRD 8108		'Neptune'	699	660	142,8	88,7
		CLN1462A	428	829	84,3	123,5
		CLN1466J	391	246	85,7	35,9
		Media	506	578	104,3	82,7
			----- Medias de las líneas -----			
		'Neptune'	493	799	95,0	110,6
		CLN1462A	307	932	58,2	133,6
		CLN1466J	452	567	90,4	80,9
Fuente de variación ^{1/}						
Híbrido simple (HCG)			**	**	**	**
Línea pura (HCG)			**	**	**	**
Híbrido x línea (HCE)			*	ns	*	ns
C.V. ^{2/}			24,5	20,2	24,7	18,0

^{1/} ns: Estadísticamente no significativa. *, **: Estadísticamente significativa al 5% y 1%, respectivamente

^{2/} C.V.: Coeficiente de variación.

cuanto a la habilidad combinatoria específica entre algunos híbridos simples y líneas para la producción en número como en peso de frutos de primera categoría (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se presentan los estimadores de habilidad combinatoria general para los híbridos simples en relación con la producción de frutos. Los híbridos Olympic y DRD8108 mostraron un alto rendimiento promedio, tanto en número como en peso de frutos de primera cuando se cruzaron con las tres líneas puras, lo cual se manifiesta en los estimadores altamente significativos de habilidad combinatoria general (92,5 y 88,7 frutos/parcela y 17,5 y 23 kg/parcela, respectivamente). En relación con la producción de frutos de segunda categoría, el comportamiento de estos dos híbridos fue diferente; el híbrido DRD8108 en su cruce con las líneas, presentó un número y peso de frutos inferior en relación con el Olympic, mostrando estimadores negativos de habilidad combinatoria general en relación con los positivos para el Olympic (-188 frutos y -25,7 kg/parcela en comparación con 97 frutos y 13,8 kg frutos/parcela, respectivamente). El híbrido simple 'Pik ripe 747' mostró un rendimiento promedio en sus cruces menor que los restantes tres híbridos en el número y peso de frutos de primera categoría, con estimadores estadísticamente

te diferentes de cero para la habilidad combinatoria general del orden de -119 frutos y -26,9 kg frutos/parcela, respectivamente. Por su parte, el híbrido B4769 manifestó un rendimiento promedio en peso del fruto cuando se cruzó con las tres líneas, en vista de que obtuvo un estimador negativo en el peso de frutos de primera y otro positivo en frutos de segunda categoría (13,6 y 12,9 kg fruta/parcela, respectivamente). Los resultados anteriores sugieren que en primer lugar, el híbrido DRD8108 y en segundo, el Olympic, presentaron diferencias en la concentración de alelos responsables para el mayor tamaño del fruto en comparación con el 'Pik ripe 747' y el B4769. Desde el punto de vista del comportamiento de las líneas en sus cruces, la línea 'Neptune' presentó un comportamiento promedio más favorable que la CLN1462 A para el número y peso de frutos de primera categoría, ya que mostró estimadores de habilidad combinatoria general positivos y altamente significativos (76,0 frutos y 13,7 kg frutos/parcela); mientras que la línea CLN1462A presentó estimadores negativos para estas mismas variables. Por otro lado, para la producción de frutos de segunda, la línea CLN1462A fue superior en sus cruces que la CLN1466J, con estimadores de habilidad combinatoria general positivos de 166,2 frutos y 25,2kg de frutos/parcela; mientras que la línea CLN1466J mostró estimadores negati-

Cuadro 4. Estimadores de habilidad combinatoria general para algunas de las variables del rendimiento, sanidad de frutos y de respuesta a tizón temprano de los progenitores de los doce híbridos triples de tomate para mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill). Alajuela, Costa Rica, 1999.

Progenitor ^{1/}	Número de frutos		Peso de frutos		Porcentaje frutos enfermos	Índice severidad Tizón temprano
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a		
<u>Híbrido simple</u>						
Pik ripe '747'	-119,6 **	26,0	-26,9 **	-1,0	3,2 **	0,07
B4769 (B-15)	-61,6	65,0	-13,6 *	12,9 *	-2,8 **	-0,49
Olympic	92,5 **	97,0 *	17,5 **	13,8 *	-4,1 **	0,07
DRD8108	88,7 **	-188,0 **	23,0 **	-25,7 **	3,6 **	0,35
Error estándar	30,1	45,7	5,9	5,8	0,8	0,20
<u>Línea pura</u>						
'Neptune'	76,0 **	33,4	13,7 **	2,3	-3,8 **	0,63 **
CLN1462A	-110,8 **	166,2 **	-22,9 **	25,2 **	2,1 **	-0,46 **
CLN1466J	34,8	-199,6 **	9,2	-27,5 **	1,7 *	-0,17
Error estándar	24,6	37,3	4,8	4,7	0,7	0,16

1/ *, ** Estadísticamente diferente de cero al 5% y 1%, respectivamente.

vos (Cuadro 4). La condición particular de la línea CLN1462A de ser un material menos mejorado para la producción comercial, se refleja en su mayor tendencia a producir frutos de tamaño pequeño en sus cruces con los híbridos simples.

La información que se presenta en el Cuadro 5 permite analizar aquellas desviaciones del comportamiento de un híbrido triple específico a partir de los estimadores de habilidad combinatoria general de cada uno de sus progenitores. El diseño de cruces empleado permite identificar diferencias en frecuencias alélicas entre los progenitores de un híbrido triple en particular para la producción de frutos de tamaño grande o primera categoría, a partir de los efectos significativos de la habilidad combinatoria específica.

Los híbridos B4769 (B-15) x CLN1466J y DRD8108 x 'Neptune' presentaron estimadores positivos y significativos de habilidad combinatoria específica tanto para el número como para el peso de frutos de primera (109,6 y 116,8 frutos así como 22,3 y 24,8kg de frutos/parcela, respectivamente). Estos resultados sugieren que estos dos cruces difieren de los otros debido a efectos no aditivos, en

donde la heterosis juega un papel genético significativo. Una observación adicional interesante la constituye la manifestación simultánea de estimadores altamente significativos pero negativos de habilidad combinatoria específica para el número y peso de frutos de primera en los cruces DRD 8108 x CLN1466J y B4769(B-15) x 'Neptune' (-149,3 y -82,4 frutos/parcela así como -27,8 y -19,9kg de frutos/parcela). A diferencia de los cruces que manifestaron heterosis o habilidad combinatoria específica positiva y significativa, estos últimos no ofrecen diferencias en frecuencias alélicas para el número y peso de frutos de primera, por lo que se desprende que estos progenitores comparten alelos para estas variables. El análisis del agrupamiento de las tendencias a partir de los estimadores de habilidad combinatoria específica permite identificar a dos grupos heteróticos entre los cuatro progenitores, a saber: B4769(B-15) y 'Neptune', constituyendo un grupo, y el otro DRD8108 y CLN1466J. A pesar de que en el experimento no se incluyeron todas las combinaciones posibles entre los progenitores (dialelo), el presente análisis permite predecir indirectamente la ocurrencia de heterosis entre los híbridos simples comerciales B4769 (B-15) y DRD8108, así como entre las líneas 'Neptune' y CLN1466J.

Cuadro 5. Estimadores de habilidad combinatoria específica de algunas variables del rendimiento y sanidad del fruto para los doce híbridos triples de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para mesa. Alajuela, Costa Rica, 1999.

Híbrido simple	Línea x pura ^{1/}	Frutos primera		Porcentaje frutos enfermos
		Número	Peso	
Pik ripe '747'	'Neptune'	-50,4	-9,9	-3,9 **
	CLN1462A	-10,2	-1,4	1,2
	CLN1466J	60,6	11,3	2,8 *
B4769 (B-15)	'Neptune'	-82,4	-19,9 *	3,3 **
	CLN1462A	-27,2	-2,4	-3,7 **
	CLN1466J	109,6 *	22,3 *	0,5
Olympic	'Neptune'	16,0	5,0	2,9 *
	CLN1462A	4,8	0,8	-1,8
	CLN1466J	-20,8	-5,8	-1,1
DRD 8108	'Neptune'	116,8 *	24,8 **	-2,3
	CLN1462A	32,6	3,0	4,4 **
	CLN1466J	-149,3 **	-27,8 **	-2,2
Error estándar		42,6	8,4	1,1

^{1/} *, ** Estadísticamente diferente de cero al 5% y 1%, respectivamente.

Es interesante anotar que en el presente experimento un 56% de la variabilidad en los cruces correspondiente al rendimiento comercial de frutos (peso de frutos de primera y segunda categorías) se atribuyó a aquella correspondiente a la habilidad combinatoria general; mientras que, el 44% remanente correspondió a la habilidad combinatoria específica. Estos resultados son similares a los obtenidos por Vallejo y Estrada (1993), quienes trabajaron con otros cultivares de tomate para mesa en Colombia. Por su parte, García y Vallejo (1990) y Moya *et al.* (1986), usando genotipos diferentes de tomate para mesa, encontraron mayores porcentajes dentro de la variabilidad en los cruces, atribui-

bles a la habilidad combinatoria específica. Para estos autores una fracción importante de la variabilidad en los cruces se debió a efectos genéticos no aditivos en vez de los aditivos.

2. Respuesta de los materiales a los agentes bióticos

2.1 Incidencia de frutos enfermos

En el Cuadro 6 se presenta el comportamiento de los doce híbridos triples en respuesta a algunos de los principales agentes bióticos. Para las condi-

Cuadro 6. Medias para las variables de respuesta a los principales agentes bióticos en los doce híbridos triples de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para mesa. Alajuela, Costa Rica, 1999.

Híbrido simple	Línea pura	Porcentaje		Índice de severidad	
		Frutos enfermos	Incidencia de virus	Virus	Tizón temprano
Pik ripe '747'	'Neptune'	7,1	15,5	3,0	2,5
	CLN1462A	18,0	4,7	2,0	0,8
	CLN1466J	19,3	8,2	2,2	1,5
	Media	14,8	9,5	2,4	1,6
B4769 (B-15)	'Neptune'	8,2	5,3	2,0	1,8
	CLN1462A	7,1	5,5	1,0	0,7
	CLN1466J	11,0	8,9	1,7	0,7
	Media	8,8	6,6	1,6	1,1
Olympic	'Neptune'	6,6	7,1	2,0	2,2
	CLN1462A	7,8	6,5	2,3	1,0
	CLN1466J	8,1	14,2	3,0	1,7
	Media	7,5	9,3	2,4	1,6
DRD 8108	'Neptune'	9,1	11,8	2,5	2,2
	CLN1462A	21,7	5,8	2,2	1,8
	CLN1466J	14,7	16,6	2,0	1,7
	Media	15,2	11,4	2,2	1,9
----- Medias de las líneas -----					
	'Neptune'	7,8	9,9	2,4	2,2
	CLN1462A	13,6	5,6	1,9	1,1
	CLN1466J	13,3	12,0	2,2	1,4
Fuente de variación ^{1/}					
Híbrido simple (HCG)		**	ns	ns	ns
Línea pura (HCG)		**	ns	ns	**
Híbrido x línea (HCE)		**	ns	ns	ns
C.V. ^{2/}		24,3	67,9	44,6	45,1

^{1/}ns: Estadísticamente no significativa. **: Estadísticamente significativa al 1%

^{2/}C.V.: Coeficiente de variación

ciones del presente experimento, se observaron diferencias bastante importantes entre los materiales en relación con el porcentaje de frutos enfermos, con valores que variaron entre 6,6 y 21,7%, para el material más tolerante (Olympic x 'Neptune') y el más susceptible (DR8108 x CLN1462A), respectivamente. Para esta variable se detectaron también diferencias estadísticas altamente significativas para el comportamiento de los progenitores en sus cruces, así como para la habilidad combinatoria específica.

De acuerdo con los datos mostrados en los Cuadros 4 y 5, los híbridos simples Olympic y B-15 manifestaron en promedio una menor incidencia de frutos enfermos en sus cruces en relación con el Pike ripe '747' y DRD8108, ya que mostraron estimadores de habilidad combinatoria general negativos y altamente significativos; mientras que los híbridos Pike ripe '747' y DRD8108 presentaron un comportamiento deficiente en sus cruces, al presentar estimadores positivos y altamente significativos.

Asimismo, al analizar el comportamiento de las líneas puras, se observó que el material 'Neptune' presentó la menor incidencia de frutos enfermos en sus cruces, mientras que la línea CLN1462A, al cruzarse con los cuatro híbridos, mostró el mayor porcentaje de incidencia de frutos enfermos, con valores de estimadores de habilidad combinatoria general de -3,8 y 2,1, respectivamente. La línea CLN1466J manifestó un comportamiento intermedio, con un valor de habilidad combinatoria general de 1,7 (Cuadro 4).

No se observó una relación definida entre la incidencia de frutos enfermos con la severidad del tizón temprano en el follaje; mientras que, sí es importante destacar que los progenitores que mostraron los más altos rendimientos de fruto comercial en sus cruces, también presentaron la menor cantidad de frutos enfermos (Cuadros 3 y 6). Con referencia a los estimadores de habilidad combinatoria específica consignados en el Cuadro 5, los progenitores Pike ripe '747' x 'Neptune' y B4769 (B-15) x CLN1462A mostraron una menor inciden-

cia de frutos enfermos en relación con la esperada en función de los estimadores de habilidad combinatoria general de sus progenitores (con estimadores negativos y significativos de -3,9 y -3,7, respectivamente). Esto sugiere la presencia de frecuencias alélicas distintas entre los pares de progenitores mencionados que favorecen la sanidad del fruto en respuesta a los agentes bióticos presentes en este experimento. Por otro lado, el híbrido DRD8108 x CLN1462 A mostró un comportamiento más deficiente del esperado en respuesta al mostrado por sus progenitores. Valores intermedios se encontraron en los cruces B-15 x 'Neptune', Olympic x 'Neptune' y Pike ripe '747' x CLN1466J.

2.2 *Virosis*

La incidencia de plantas enfermas con virus fue baja con rangos entre el 5 al 17% (Cuadro 6). Sin embargo, a pesar de que las diferencias no fueron estadísticamente significativas, los híbridos triples que mostraron los valores más altos fueron el Pike ripe '747' x 'Neptune' y el DRD8108 x CLN1466J (15,5 y 16,6 %, respectivamente); mientras que, el Pike ripe '747' x CLN1462A presentó la incidencia menor (4,7 %). En general, se observó una menor incidencia de virus en las cruces de todos los híbridos comerciales con la línea CLN1462A; esta tendencia no fue tan clara en el caso del índice de severidad a virus.

2.3 *Respuesta al tizón temprano*

La información consignada en el Cuadro 6 permite observar un efecto importante en el daño foliar causado por el tizón temprano (*A. solani*) para los doce híbridos triples evaluados en el experimento. El índice de severidad varió entre 0,7 y 2,5 para los híbridos Pike ripe 747 x 'Neptune' y para el B-15 en sus cruces con las líneas CLN1462A y CLN1466J. De acuerdo con el análisis de varianza, la mayor variabilidad de la suma de cuadrados para las entradas se concentró en el comportamiento de las líneas en sus cruces. Al igual que para la incidencia de fru-

tos enfermos, los valores negativos para los estimadores de la habilidad combinatoria general en el índice de severidad al tizón temprano, indican una concentración mayor de alelos responsables para una mayor tolerancia. Los estimadores de habilidad combinatoria general consignados en el Cuadro 4, permiten observar que la línea CLN1462A presentó un comportamiento promedio más favorable en sus cruces con los cuatro híbridos comerciales que la línea Neptune, ya que mostró un estimador de habilidad combinatoria general negativo y altamente significativo del orden de -0,46; mientras que la línea 'Neptune' presentó un estimador positivo para esta misma variable (0,63). Estos resultados indican una mayor acumulación de alelos favorables en forma aditiva para la tolerancia en la línea CLN1462A en relación con la 'Neptune'.

Conclusiones y recomendaciones:

Los híbridos simples Olympic y DRD8108 mostraron el mejor rendimiento de frutos comerciales en sus cruces. El híbrido simple Olympic concentra alelos favorables tanto para prolificidad como para el tamaño del fruto, mientras que el DR8108, especialmente aporta alelos favorables para mejorar el tamaño.

Entre las líneas puras 'Neptune' fue el material de mejor comportamiento en sus cruces tanto para la producción de fruta comercial como para la sanidad de fruto.

En relación con la respuesta al índice de severidad al tizón temprano y los componentes del rendimiento en las líneas puras, se determinó una gradación del nivel de mejora genética. Por un lado los materiales menos mejorados, en su orden el CLN 1466A y CLN 1466J, mostraron estimadores favorables de habilidad combinatoria general para el tizón temprano; mientras que la línea Neptune mostró mejor rendimiento comercial de fruta en sus cruces y mayor susceptibilidad a este patógeno.

El híbrido triple Olympic x 'Neptune' presentó el mejor comportamiento en cuanto a rendimiento de frutos comerciales seguido por el DR8108 x 'Neptune'. Los progenitores de ambos híbridos triples sobresalieron en cuanto a su habilidad combinatoria general para esos caracteres. En el caso del híbrido Olympic x 'Neptune' se recomienda la generación de líneas puras, básicamente por la concentración de alelos favorables en sus progenitores. Los estimadores más altos de la habilidad combinatoria específica para el híbrido triple DR8108 x 'Neptune', denotan un efecto de heterosis muy importante, condición fundamental para justificar la derivación de líneas genéticamente superiores de tomate.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO, P.V.; CORTAZAR, R.S. 1972. Capacidad combinatoria en cruzamientos dialélicos, en tomate *Lycopersicon esculentum*, Mill. Agricultura Técnica 32(2):65-70.
- BAENA, D. ; ESTRADA, E.I. 1992. Análisis del comportamiento de poblaciones segregantes en la primera generación de autogamia de híbridos comerciales de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Acta Agronómica 42(1-4):7-13.
- BOLAÑOS, A. 1998. Introducción a la olericultura. EUNED. San José, Costa Rica. 380 p.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F.; HARVEY, P.H. 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. J. Amer.Soc. Hort. Sci. 41:360-367.
- GARCIA, A.A.; VALLEJO, F. A. 1990. Habilidad combinatoria para el carácter producción por planta y sus componentes primarios en un cruzamiento dialélico de siete líneas de tomate "Chonto" *Lycopersicon esculentum*, Mill. Acta Agronómica 40(1-2):32-41.
- LOBO, M.; MARIN, D.V. 1973. Heterosis y habilidad combinatoria en tomate *Lycopersicon esculentum*

- Mill. Rev. Inst. Colomb. Agropecu (Colombia) 10(1):1-10.
- MALUF, W.; MIRANDA, J.E.C; CORDINO, C.M.T. 1982. Correlacoes entre as médias do híbrido F₁ e médias parentais em tomate. Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brasil) 17(8):1170-1176.
- MOREIRA M.A.; ECHANDI, C. 1997. Evaluación de líneas tropicalizadas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para mesa, en Alajuela, Costa Rica. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit (Costa Rica) 30(1):27-40.
- MOYA, C.; AUCHET, F.; AMORES, H.; LÓPEZ, T. 1986. Estimación de las habilidades combinatorias general y específica en nueve variedades de tomate. Ciencias de la Agricultura 28:60-69.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). 1992. Informe de la consulta regional de expertos en hortalizas. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 46 p.
- OWENS, K.W.; BLISS, F.A.; PETERSON, C.E. 1985. Genetic variation within and between two cucumber populations derived via the inbred backcross line method. J. Amer.Soc. Hort. Sci. 110(3):437-441.
- PIERCE, L.C. 1983. Relationships on parental combining ability and test cross segregation to breeding productivity in tomato. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 108(8):487-491.
- SIMMONDS, N.W. 1979. Principles of crop improvement. Longman, London. 408 p.
- SINGH, R.R.; SINGH, H.M.W. 1980. Note on variance components in tomato. Indian Journal for Agricultural Science (India) 50(4): 361-363.
- TIGCHELAAR, E. 1986. Tomato Breeding. In: Breeding Vegetable Crops. Ed. Mark Bassett. AVI Publishing Company. Connecticut. 584 p.
- VALLEJO, F.A.; ESTRADA, E.I. 1993. Estimación de parámetros genéticos para el caracter rendimiento y sus componentes primarios en un cruzamiento dialélico entre diferentes líneas de tomate, *Lycopersicon esculentum*, Mill. Acta Agronómica 43(1-4):30-43.
- VALLEJO, F.A. 1994. Consideraciones generales sobre el mejoramiento genético del tomate, *Lycopersicon esculentum*, Mill. Acta Agronómica 44(1-4):11-24.
- VILLAREAL, L.; S.H. LAI. 1979. Procedures for tomato evaluation trials. International Cooperator's Guide. Asian Vegetable Research and Development Center. s.p.