

CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS DE JITOMATE EN HIDROPONÍA *

CHARACTERIZATION OF TOMATO LINES UNDER HYDROPONICS

Adriana Ramos Ortega^{1§}, Aquiles Carballo Carballo¹, Adrián Hernández Livera¹, Tarsicio Corona Torres¹ y Manuel Sandoval Villa²

¹Instituto de Recursos Genéticos y Producción, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 carretera México-Texcoco. 56230 Montecillo, Estado de México, México. ²Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. [§] Autora para correspondencia: aramos@colpos.mx

RESUMEN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* L.) es una hortaliza importante en México por superficie sembrada y valor de la producción. El objetivo del presente estudio fue seleccionar líneas de jitomate que puedan utilizarse como progenitoras de híbridos con base en caracteres superiores de morfología de polen, flor, semilla, fruto y planta. Durante 2003 se incrementó en Montecillo, Estado de México, México, la semilla de 21 líneas de jitomate en hidroponía; en 2004 se realizó la caracterización de 16 líneas con base en características florales, morfológicas y de grano de polen en invernadero y laboratorio. El análisis de las características determinadas en flor, fruto, semilla y planta se hizo mediante ANOVA y una prueba de Tukey (0.05); para el tamaño de grano de polen se utilizó un análisis de componentes principales. Se detectaron diferencias significativas entre líneas en cuanto a la facilidad de emasculación floral y eficiencia en producción de polen y semilla; el análisis de componentes principales separó en cinco grupos a las 16 líneas evaluadas, de seis variables de grano de polen se eligió al área y longitud del eje mayor para utilizarlas como un parámetro de selección en programas de mejoramiento genético y como progenitores se seleccionaron las líneas 2-4, 8-9, 5-11, 8-12, 3-12, 3-6, 5-7 y 7-12 por su alta producción de fruto, polen y semilla.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, caracterización, emasculación, líneas.

ABSTRACT

Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) is an important horticultural crop in Mexico due to a large area planted and economic value. The objective of this study was to select lines that can be used as parents of hybrids on the basis of superior traits in pollen, flower, seed, fruit and seedling morphology. The research was conducted in Montecillo, Texcoco, State of Mexico. During 2003 the seed increase of 21 lines of tomato was carried out under an hydroponic system; in 2004 a trial with 16 lines selected from the 21 were utilized to carry out a morphological characterization under greenhouse and laboratory. Data on flower, fruit, seed and plants were analyzed by means of an ANOVA and a Tukey test (p 0.05), and for the data on pollen grains a Principal Component Analysis was performed. Results indicated differences among tomato lines in traits such as easiness for flower emasculatation and in the efficiency for the production of pollen and seeds. The PCA separated the sixteen lines in five groups and out of six traits, the area and main axes length of pollen grains were choosen and could be used as a selection criteria to be used in breeding programs; lines 2-4, 8-9, 5-11, 8-12, 3-12, 3-6, 5-7 and 7-12 were selected as parents on the basis of high production of fruits, pollen and seed.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, characterization, emasculatation, lines.

* Recibido: Agosto de 2005
Aceptado: Junio de 2006

INTRODUCCIÓN

En México, el jitomate es la segunda hortaliza en importancia después del chile, ha ocupado una superficie de 80 mil hectáreas con una producción de 19 millones de toneladas durante los últimos 10 años (1991-2000), el rendimiento medio fue de 25 t ha⁻¹ (SIAP, 2002). Su importancia radica en que posee cualidades esenciales para adecuarse a la dieta alimenticia, sea consumido en fresco o procesado. Es una hortaliza importante para el país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. Además, es el principal producto hortícola de exportación, representa 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas, y 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, sólo superado por el ganado vacuno (SIAP, 2002). Sin embargo, se carece de variedades específicas para el país y se utilizan cultivares extranjeros con alto precio de la semilla; por tal motivo, es necesario desarrollar variedades nacionales para explotación y abrir un nuevo mercado en la producción de semilla.

En el proceso de producción de semilla híbrida se requiere realizar labores con alto grado de especialización, en la etapa de los cruzamientos, donde las características de las estructuras florales al momento de emasculación y polinización son relevantes. Se ha detectado en cuanto a la producción de semilla que algunos de los problemas existentes en materiales de jitomate son: escasa producción de polen y estructuras florales pequeñas las cuales no son atractivas a los insectos para ser polinizadas (Dafni y Neal, 1997), influyen factores como la temperatura y humedad relativa; por lo tanto, una alternativa para enfrentar exitosamente los problemas en producción de semilla híbrida es la utilización de un medio hidropónico protegido, en el cual se eviten desórdenes nutricionales y condiciones climáticas adversas, además de emasculación al progenitor femenino para garantizar alta pureza en la semilla híbrida.

Peñaloza (2001) señaló que las dicotiledóneas como el jitomate presentan un sistema estilar cerrado, compuesto por un estigma y la matriz extracelular del pistilo, los cuales tienen como objetivo atraer a los insectos mismos que adhieren los granos de polen al estigma, se induce el crecimiento del tubo polínico y su penetración en los óvulos para realizar el proceso de fertilización. Además, señaló que en la producción de semillas es importante estimar la capacidad del polen para cumplir su función como gameto; así mismo, define algunas variables que indican su calidad: a) Viabilidad, indica la capacidad que presenta el polen para vivir o continuar desarrollándose, b) Fertilidad, es la medida

de la habilidad individual para producir descendencia viable y c) Esterilidad, que es la proporción de gametos anormales que no producen descendencia.

Las flores a utilizar como progenitor femenino deben ser emasculadas durante su etapa final de yema para preparar la polinización cruzada (George, 1989). Las anteras se eliminan con una pinza. El momento de la emasculación en relación con la apertura de las flores individuales está relacionado con la velocidad en su desarrollo; en la producción de semilla a cielo abierto las flores se emasculan a las primeras horas de la mañana el día de la polinización, en condiciones de invernadero la emasculación se realiza dos días antes de la polinización.

Es necesario establecer fechas de siembra de los progenitores de un híbrido con el fin de asegurar sincronía y poder fertilizar el mayor número de flores femeninas. La relación de plantas masculinas y femeninas depende del hábito de floración de las líneas individuales; sin embargo, se recomienda una relación aproximadamente de 1:5 (Márquez, 1991). Aunque el jitomate presenta alto nivel de autogamia, la mayoría de los países exigen distancias de separación entre genotipos que van de 30 a 200 m entre líneas, siendo la principal razón el evitar mezclas en la recolección. En el caso de la distancia entre dos progenitores cultivados para la producción de un híbrido F₁ se necesitan 1 ó 2 m aún si existen barreras físicas, tal como ocurre en invernadero (Hernández, 1983).

El objetivo del presente estudio fue seleccionar líneas de jitomate que puedan utilizarse como progenitoras de híbridos con base en caracteres superiores de morfología de polen, flor, semilla, fruto y planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en dos experimentos en el Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. En 2003 se incrementó la semilla de 21 líneas de jitomate en sistema hidropónico bajo invernadero en el ciclo otoño-invierno. En 2004 se seleccionaron 16 líneas por caracteres deseables tales como número de frutos por planta, tipo de fruto y hábito de crecimiento, para ser caracterizadas (Cuadro 1). Para ello, el ensayo se condujo bajo invernadero y en el laboratorio se realizaron diversas mediciones que se describen adelante.

Ambos experimentos, 2003 y 2004, se realizaron en un invernadero batocénico, con una superficie de 273.76

Cuadro 1. Líneas de jitomate seleccionadas para su caracterización morfológica durante el verano-otoño 2004.

Identidad Origen Mont-04	Genealogía	Hábito de crecimiento y tipo de fruto
1-2	(3 x 9) F1-61-1-3	Indeterminada, Bola
1-4	(1 x 20) F2-713-4	Indeterminada, Bola
1-7	(1 x 30) F2-7-13-7	Indeterminada, Bola
3-6	(2 x 16) F1-10-13-6	Semideterminada, Saladette
3-12	(3 x 16) F2-15-13-12	Semideterminada, Saladette
5-1	Ybesc-13-29-1	Semideterminada, Saladette
5-5	Ybesc-13-29-5	Semideterminada, Saladette
5-7	Ybesc-13-29-7	Semideterminada, Saladette
5-11	Ybesc-13-29-11	Semideterminada, Saladette
6-3	Ybesc-13-31-3	Semideterminada, Saladette
7-1	Erick-12-15-1	Indeterminada, Bola
7-2	Erick-12-15-3	Indeterminada, Bola
7-12	Erick-12-15-12	Indeterminada, Bola
8-9	Erick-12-18-9	Indeterminada, Bola
8-10	Erick-12-18-10	Indeterminada, Bola
8-12	Erick-12-18-12	Indeterminada, Bola

m², cubierto con polietileno térmico calibre 720 y 30% de sombra, con malla antiácidos y sistema de tutoreo. La siembra del material genético se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades mismas que se llenaron con el sustrato peat-moss y se regaron por la mañana con solución universal Steiner al 50% y por la tarde con agua. Un mes después, cuando las plántulas tenían cuatro hojas verdaderas se transplantaron en contenedores tubulares de polietileno negro de 40 x 40 cm llenos con tezontle rojo desinfectado. Previo al trasplante se le dio un riego al sustrato para iniciar con el establecimiento del cultivo al medio hidropónico.

Al momento del trasplante se hizo una aplicación de insecticidas y fungicidas (Actara 2 g L⁻¹, Previcur 2.5 mL L⁻¹ y Prozycar 1 g L⁻¹) al cepellón para evitar la presencia de patógenos. Durante el ciclo del cultivo se aplicaron siete riegos diarios, a partir de las 9:00 am hasta las 15:00 pm, con duración de 3 min cada uno y el control de los mismos se realizó con un programador digital con la finalidad de proporcionar humedad y nutrientes a la planta. La solución nutritiva fue almacenada en un tanque con una capacidad de 1100 L previamente desinfectado con cloro comercial (6%). El sistema de riego fue accionado con una bomba de ¼ HP. La formulación química de la solución nutritiva utilizada se originó a partir de la solución descrita por

Steiner (1961), cuya preparación se realizó de acuerdo con las recomendaciones de Sandoval (2003).

En el 2004, para la evaluación de 16 genotipos se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental constó de dos plantas. Al iniciar la etapa reproductiva de las plantas se realizó la caracterización morfológica de planta, flor, polen y fruto, y consistió en lo siguiente: para el número de racimos, frutos y frutos con deficiencia de calcio (ésta sólo se cuantificó en la planta completa) se utilizaron dos plantas por repetición; la longitud y diámetro de fruto, número de lóculos y peso del fruto se evaluaron en 10 frutos por repetición; la longitud de sépalos, pétalos, estambres, ovario y estilo, número de sépalos, pétalos y estambres, y el diámetro de flor se cuantificaron en cinco flores tomadas al azar de cada repetición; mientras que para la cantidad de granos de polen, fertilidad, esterilidad, tamaño y forma del grano de polen (μm) se colectó polen de una flor por repetición. Para la esterilidad y fertilidad de granos de polen se colocó polen sobre un portaobjetos y se agregó una solución de rojo carmín propiónico al 1% de tal forma que los granos fértiles se tiñeron de rojo y en los estériles sólo se marco el contorno. En cuanto a la facilidad de emasculación floral ésta se midió en tres escalas (buena, regular y mala) empleando cinco flores por repetición. Con

respecto a la eficiencia en la polinización se determinó en el número de semillas por fruto, peso de mil semillas y el peso hectolítrico de la semilla se determinó en la semilla obtenida de 10 frutos de cada repetición.

Para el análisis de las variables medidas en flor, planta y fruto se utilizó el paquete estadístico SAS (Versión 8.0) (SAS Institute, 1999-2000) empleando el PROC ANOVA para el análisis de varianza y una prueba de Tukey, 0.05. Para la caracterización del tamaño de grano de polen se utilizó un análisis de componentes principales (ACP) en el cual se incluyeron seis características para identificar las de mayor influencia en la explicación de la varianza observada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grano de polen

Los análisis de varianza para la cantidad de polen, fertilidad y la esterilidad del mismo no mostraron diferencias estadísticas entre líneas; en cambio para la relación número de semillas por fruto/polen sí se encontraron diferencias significativas (Cuadro 2). La presencia de polen estéril en las líneas de

jitomate se debió a fallas durante la microsporogénesis; sin embargo, la cantidad de polen fértil fue suficiente para fertilizar los óvulos. Georgiady y Lord (2002) señalan que la producción de polen resulta de una combinación de la reducción en el reclutamiento de células esporógenas y la menor proliferación de esas células. En la relación semilla por fruto por polen, las líneas más eficientes fueron 8-9, 6-3 y 1-2 las cuales mostraron la mayor producción de semilla y polen.

El análisis de componentes principales de los seis caracteres evaluados en el grano de polen (área, perímetro, longitud del eje mayor, longitud del eje menor, índice de redondez y diámetro feret) indicó que con los dos primeros componentes (CP-1 y CP-2) se explicó el 100% de la variabilidad que mostraron los granos de polen (Cuadro 3).

Se observó que en el CP1, cinco de las seis variables medidas: área ($r=0.98$), perímetro ($r=0.96$), longitud del eje mayor ($r=0.98$), longitud del eje menor ($r=0.94$) y diámetro feret ($r=0.98$) fueron las que más contribuyeron a su formación. Así, valores altos del CP1 implican observaciones pertinentes a mayor tamaño del grano de polen. El CP2 presentó sólo una característica con un coeficiente >0.80 siendo ésta el índice

Cuadro 2. Producción de polen y relación número de semillas por fruto/polen de 16 líneas de jitomate desarrolladas en hidroponía e invernadero. Montecillo, Estado de México, México. 2004.

Línea	Variable										
	CPOLEN			POFER			POES			RNSPO	
1-2	992700	a		161.68	a		38.75	a		0.00010329	ab
5-1	819600	a		151.83	a		22.88	a		0.00006024	b
5-5	601800	a		234.93	a		17.88	a		0.00006906	b
5-7	1147800	a		149.55	a		21.50	a		0.00001512	b
3-12	584100	a		160.68	a		32.13	a		0.00014624	ab
2-7	441000	a		185.10	a		28.10	a		0.00021795	ab
2-4	490200	a		128.33	a		16.73	a		0.00016888	ab
7-1	550500	a		168.43	a		13.58	a		0.00022062	ab
7-2	462600	a		198.65	a		19.78	a		0.00025964	ab
7-12	594000	a		174.40	a		10.18	a		0.00021863	ab
8-9	436200	a		135.38	a		17.53	a		0.00035205	a
8-10	784200	a		142.63	a		27.30	a		0.00021804	ab
8-12	898500	a		174.10	a		18.10	a		0.00019051	ab
5-11	1282500	a		239.80	a		57.43	a		0.00000403	b
3-6	433800	a		41.63	a		8.28	a		0.00006113	b
6-3	438300	a		24.63	a		18.15	a		0.00011658	ab
CV %	65.04			70.89			10.61			105.4250	
Pr > F	<.0001										

CPOLEN= Cantidad de polen por flor; POFER= Polen fértil; POES= Polen estéril; RNSPO= Relación número de semillas por fruto/polen; Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

de redondez ($r=0.97$), relacionado con la forma esférica o elíptica del grano de polen.

En la Figura 1 se observa la dispersión de las 16 líneas sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales, pudiendo definirse cinco grupos. El CP1 separa claramente a los grupos I y II de los grupos IV y V, quedando el grupo III intermedio. Los grupos I y II presentan los granos de polen más grandes y de forma menos esférica, incluso los del grupo I tienden a ser elípticos; mientras que en los grupos IV y V sus líneas presentan granos de polen con menores dimensiones en área, perímetro, longitud del eje mayor, longitud del eje menor y diámetro feret y de forma redonda; estos últimos grupos se distinguen por estar dentro del rango promedio en producción de granos de polen, semilla y fruto en comparación de los grupos I y II. Al respecto, Picken (1984) señaló que la producción, fertilidad y tamaño de polen son caracteres sensibles a períodos de baja luminosidad, los cuales causan deficiencia de carbohidratos que ocasionan variación en la forma y tamaño en los granos de polen en desarrollo, teniendo como consecuencia una reducción en la producción de semilla y cuajado del fruto.

La distribución de las líneas en la Figura 1, obtenida con los componentes principales concuerda estrechamente con el análisis de conglomerados (Figura 2), ya que a una distancia euclidiana de 0.60 se identificaron cinco grupos, cada uno de ellos formados por las líneas de jitomate con características similares de grano de polen.

Entre los conglomerados, el Grupo I lo conforman las líneas de jitomate 3-6 y 3-12, que se caracterizan por presentar valores promedios altos en área (494.45 μm^2), perímetro (84.17 μm), longitud del eje mayor (26.64 μm), longitud del

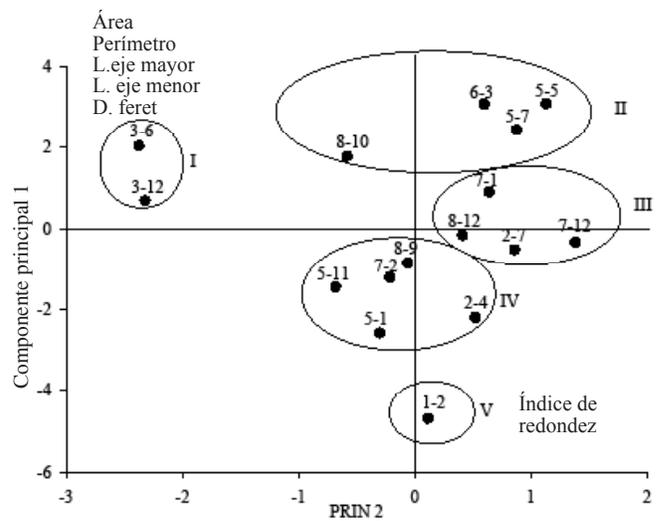


Figura 1. Dispersión de 16 líneas de jitomate con base en los componentes principales 1 y 2.

eje menor (23.15 μm) y diámetro feret (24.97 μm), excepto en el índice de redondez que es el valor más bajo (0.87 μm). El Grupo II se integró por cuatro líneas (5-5, 6-3, 5-7 y 8-10) que mostraron las mayores dimensiones en los caracteres medidos.

El Grupo III está constituido por cuatro líneas (2-7, 7-12, 8-12 y 7-1) y fue el más próximo a la media general de ambos componentes principales. El Grupo IV se formó por cinco líneas (5-1, 2-4, 7-2, 8-9 y 5-11), donde los valores de las variables área, perímetro y longitud del eje menor están por debajo de la media general. El Grupo V formado por una sola línea (1-2), fue el que presentó los valores más bajos del CP1 y con un valor alto del CP2.

Cuadro 3. Vectores propios y coeficientes de correlación del análisis de componentes principales de características evaluadas en el grano de polen de 16 líneas de jitomate. Montecillo, Estado de México, México 2004.

Variable	Componentes principales			Coeficientes de correlación		
	CP1	CP2	CP3	CCP1	CCP2	CCP3
ARE	0.451	0.142	0.071	0.985*	0.155	0.011
PER	0.442	-0.222	0.401	0.966*	-0.243	0.063
LEMA	0.448	-0.164	0.308	0.980*	-0.179	0.048
LEME	0.432	0.278	-0.777	0.944*	0.303	-0.121
IR	-0.090	0.895	0.377	-0.197	0.978*	0.059
DFE	0.451	0.151	0.042	0.985*	0.165	0.006

ARE= Área; PER= Perímetro; LEMA= Longitud del eje mayor; LEME= Longitud del eje menor; IR= Índice de redondez; DFE= Diámetro feret; *= Nivel de significancia estadística, $\alpha=0.05$.

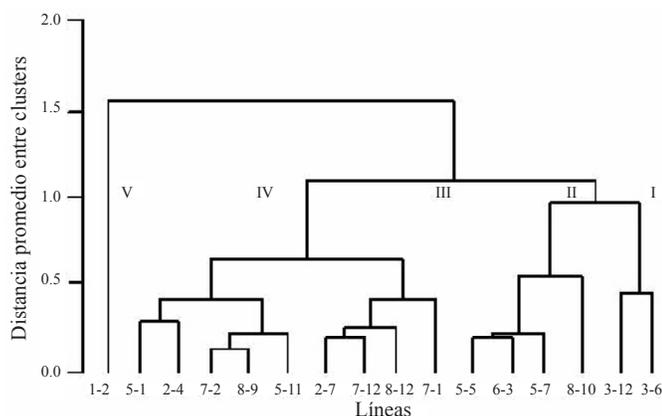


Figura 2. Dendrograma del tamaño de grano de polen de 16 líneas de jitomate evaluadas en hidroponía e invernadero.

Calidad física de la semilla

Para la calidad física de la semilla expresada como peso hectolítrico se tuvo que la línea 3-6 seguida de las 6-3, 5-11, 3-12 y 5-1 superaron al resto; en este caso 7-2 y 1-2 resultaron con el peso más bajo. Respecto al parámetro peso de mil semillas se observó que las líneas 8-10, 8-12 y 8-9 superaron a las demás, mientras que las 3-6, 3-12, 5-7 y 5-5 presentaron el menor peso. Las semillas obtenidas en el incremento de líneas de 2003 presentaron mayor peso de mil semillas; aunque fueron menos densas, lo que puede explicarse por el incremento en peso y tamaño de la semilla. En relación con lo anterior, Hasley citado por Folquer (1976) menciona que las semillas más pesadas dan plantas más vigorosas y con mayores rendimientos.

Cuando las líneas presentaron mayor peso de mil semillas se dio una relación directamente proporcional con el tamaño, de tal manera que al determinar el peso hectolítrico estas ocupan espacios grandes; en el caso de las líneas 5-11, 6-3 y 3-6 que presentaron un peso de mil semillas bajo, mostraron mayor peso hectolítrico. George (1989) señaló que los cultivares de invernadero con un peso de 3.3 g por 1000 granos producen semillas más grandes que la mayoría de los producidos en campo, cuyos 1000 granos pesan 2.5 g; cabe señalar que en el experimento se obtuvieron 344 semillas por gramo, lo cual indica que bajo sistema hidropónico se obtiene más semilla de calidad.

Las materiales que produjeron mayor número de semillas por fruto corresponden a líneas de tipo bola y hábito indeterminado como son: 8-9, 8-12 y 8-10, las que

obtuvieron, 136.68, 119.43 y 113.23 semillas por fruto en promedio, mientras que para las líneas de tipo de fruto saladette de hábito semideterminado 5-7 y 5-11 sólo produjeron en promedio 12.88 y 3.75 semillas por fruto. Sivori *et al.* (1984) consideran que un factor importante que afecta el proceso de formación de semillas y frutos en invernadero es la elevada humedad prevaleciente, la cual aglutina los granos de polen, evitando que se desprendan de los estambres y alcancen el estigma floral.

Caracteres morfológicos de flor

Hubo diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas (Cuadro 4). Las líneas 1-2 y 2-7 fueron superiores en número de pétalos y sépalos, mientras que la 3-6 presentó el menor número en ambos caracteres. Así mismo, se encontró variación en el número de estambres, donde la línea 6-3 superó a las demás, en tanto que la 3-6 presentó menor número de estambres. Respecto a la longitud de los pétalos, sépalos y estambres, la 1-2 superó al resto de las líneas, mientras que la 3-6 presentó la menor longitud de estambres. Las 5-11 y 8-9 mostraron la mayor y menor longitud del ovario respectivamente; para la variable diámetro de flor las 1-2, 5-7 y 2-4 presentaron los promedios más altos y la 3-6 el menor.

Se detectaron diferencias significativas en la longitud del estilo. La línea sobresaliente en longitud de estilo fue la 7-12 (Cuadro 4). De acuerdo con Georgiady y Lord (2002) en *Lycopersicon pimpinelifolium*, las diferencias encontradas en la longitud del estilo se atribuyen a diferencias en el número de células o al lento crecimiento celular, por tanto, un estilo extremadamente pequeño evita la buena germinación del grano de polen.

Por otra parte, las diferencias en el número de pétalos y de estambres dentro de la flor juegan un papel importante en la polinización abierta ya que entre más grande sea la estructura floral, mayor es la atracción de insectos polinizadores; en este caso, las líneas sobresalientes en número de pétalos fueron 1-2, 5-11, 5-7 y 5-5 mientras que para el número de estambres fueron las 6-3, 2-7, 8-12 y 1-2 (Cuadro 4).

En cuanto a la facilidad de emasculación, en el Cuadro 5 se observa que hubo variación en cuanto al desprendimiento de estructuras masculinas, donde las líneas 8-9, 7-12, 8-12, 8-10, 5-11 y 1-2 mostraron mayor facilidad de remoción de anteras sin dañar las estructuras femeninas, mientras que las 5-5, 3-12, 6-3 y 2-7 presentaron dificultad en

Cuadro 4. Comparación de medias para los caracteres morfológicos evaluados en flor de 16 líneas de jitomate desarrolladas en hidroponía e invernadero. Montecillo, Estado de México, México. 2004.

Línea	Variable										
	NPET	NSEP	NEST	LPET	LSEP	LEST	LESTL	LOV	DF		
1-2	6.95 a	6.70 a	7.05 abcd	25.85 a	22.00 a	14.72 a	8.70 ab	3.25 abc	4230 a		
5-1	5.95 bc	5.65 bcd	6.25 bcd	23.75 abcde	15.12 cd	13.75 abc	8.87 ab	3.55 abc	39.20 ab		
5-5	6.00 bc	5.90 abcd	6.20 bcd	24.40 abc	13.30 cd	13.60 abcd	8.85 ab	3.62 abc	39.30 ab		
5-7	6.15 abc	5.90 abcd	6.25 bcd	24.72 abc	16.35 bc	13.90 ab	8.90 ab	3.87 ab	41.90 a		
3-12	5.95 bc	5.30 cd	5.95 cd	19.47 de	11.10 d	12.00 e	8.29 abcd	2.94 c	32.12 bc		
2-7	6.95 a	6.70 a	7.35 ab	22.72 abcde	22.55 a	13.20 bcde	7.50 d	3.09 bc	36.30 abc		
2-4	6.70 ab	6.55 ab	6.85 abcd	23.86 abc	20.89 ab	13.20 bcde	7.57 cd	3.02 bc	40.52 a		
7-1	6.20 abc	6.30 abc	6.30 bcd	19.52 de	12.82 cd	11.88 e	8.63 abc	2.89 c	35.35 abc		
7-2	6.20 abc	6.25 abcd	6.40 bcd	20.72 bcde	14.67 cd	12.15 de	8.96 ab	2.98 bc	36.15 abc		
7-12	6.25 abc	6.15 abcd	6.40 bcd	21.08 bcde	15.20 cd	12.61 bcde	9.06 ab	3.03 bc	36.62 abc		
B-9	6.35 abc	6.35 abc	6.50 abcd	20.65 bcde	14.77 cd	12.17 de	8.21 bcd	2.81 c	35.65 abc		
B-10	6.65 ab	6.45 ab	6.85 abcd	19.62 de	14.45 cd	11.95 e	8.50 abcd	2.89 c	35.42 abc		
B-12	6.30 abc	6.25 abcd	7.20 abc	20.42 cde	14.22 cd	12.31 cde	8.17 bcd	3.05 bc	35.55 abc		
5-11	5.90 bc	5.85 abcd	6.10 bcd	25.10 ab	15.52 cd	14.05 ab	9.32 a	4.02 a	39.55 ab		
3-6	5.65 c	5.35 d	5.80 d	19.31 e	10.75 d	12.30 cde	8.25 abcd	2.88 c	29.36 c		
6-3	6.25 abc	6.00 abcd	7.70 a	21.13 bcde	12.28 cd	13.14 bcde	6.12 e	3.40 abc	35.23 abc		
CV %	5.62	6.03	7.70	8.04	12.22	4.57	5.07	11.26	8.37		
Pr > F	<.0001										

NPET= Número de pétalos; NSEP= Número de sépalos; NEST= Número de estambres; LPET= Longitud de pétalos; LSEP= Longitud de sépalos; LEST= Longitud de estambres; LESTL= Longitud de estilo; LOV= Longitud del ovario; DF= Diámetro de flor; Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

cuanto al desprendimiento de estructuras masculinas. Esta información será de utilidad al realizar cruzamientos.

Cuadro 5. Facilidad de emasculación floral de 16 líneas de jitomate desarrolladas en invernadero e hidroponía. Montecillo, Estado de México, México. 2004.

Línea	Escala		
	1 (Buena)	2 (Regular)	3 (Mala)
1-2	10	10	0
5-1	7	7	6
5-5	0	13	7
5-7	6	9	5
3-12	2	11	7
2-7	5	9	6
2-4	6	10	4
7-1	6	11	3
7-2	5	13	2
7-12	13	7	0
8-9	14	6	0
8-10	12	8	0
8-12	13	7	0
5-11	10	6	4
3-6	6	10	4
6-3	3	11	6

Caracteres morfológicos del fruto

Se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre líneas para las variables evaluadas en fruto. La comparación de medias indica que en la longitud de fruto las líneas 1-2 y 5-5 fueron superiores a las demás, en tanto que las 7-12 y 2-4 presentaron la menor longitud (Cuadro 6). Para la variable diámetro de fruto, 8-12, 7-1 y 8-10 superaron al resto de las líneas. Respecto al peso de fruto, las 7-1 y 8-10 resultaron sobresalientes con 230.88 y 218.10 g, respectivamente, siendo la 3-6 la de menor peso. Las líneas 6-3 y 3-6 presentaron el mayor y menor número de lóculos respectivamente. Con relación al número de semillas por fruto, 8-9 fue la de mayor producción en comparación con las demás, mientras que la de menor producción de semilla fue la 5-11.

En las variables evaluadas en fruto se observó que la longitud de fruto se correlacionó con la relación largo/diámetro, al mismo tiempo indicó el tipo de fruto al que corresponde, ya que al haber un incremento en la longitud la relación largo/diámetro se identifica a un fruto tipo saladette (Cuadro 7).

Se identificó una correlación positiva entre el peso del fruto con número de lóculos y semillas por fruto, lo cual coincide con las investigaciones de González y Álvarez (1984) y Marković *et al.* (1997), quienes aseveraron que los frutos más largos poseen mayor número de lóculos. Una situación similar ocurrió al correlacionar positivamente el diámetro de fruto con semillas por fruto, ya que cuando el diámetro del fruto se incrementó, tendió a aumentar el peso del fruto, el número de lóculos y en algunos casos, principalmente en los frutos tipo bola, tendió a aumentar el número de semillas.

Caracteres morfológicos de planta

Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre materiales para el número de racimos, altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la producción de frutos por racimo y el número de frutos dañados por deficiencia de calcio (Figura 3). Estos resultados señalan que a los 93 días de desarrollo vegetativo hubo diferencias entre líneas para el número de racimos y número de frutos por racimo, lo cual indica que el potencial productivo de cada línea es diferente. Las deficiencias de calcio observadas, las cuales ocasionaron pudrición apical de los frutos, no se atribuye a déficit hídrico pues las plantas siempre estuvieron hidratadas. Sin embargo, se presentó un desbalance nutricional en la fase de transpiración cuando las temperaturas excedieron de los 30 °C, situación en la cual se eliminaba el calcio que circulaba internamente (Takano, 1987).

Respecto al número de frutos por racimo, las líneas más productivas fueron las 2-7, 2-4 y 7-2 con hábito de crecimiento indeterminado y tipo de fruto bola, y 5-7 de hábito de crecimiento semideterminado y tipo de fruto bola. Esta variable se recomienda para la selección de progenitores en un programa de mejoramiento según Srivastava y Sachran (1973), quienes al realizar coeficientes de sendero en los componentes de rendimiento en jitomate encontraron que el número de frutos por planta dio el máximo efecto directo positivo sobre el rendimiento seguido por el diámetro de fruto. Mosqueda y Molina (1974) sugieren que la selección indirecta a través del número de frutos por planta podría ser más efectiva que la selección directa para rendimiento,

Cuadro 6. Comparación de medias para los caracteres morfológicos evaluados en fruto de jitomate desarrollado en hidroponía e invernadero. Montecillo, Estado de México, México. 2004.

Líneas	Variables											
	LON		DIF		RLD		PESO		NLOC		SEPFU	
1-2	71.77	a	65.30	cd	1.09	cd	155.65	cdef	3.65	cdefg	81.98	bcd
5-1	71.54	ab	56.64	ef	1.26	abc	132.05	efg	3.40	efg	23.25	fg
5-5	72.47	a	56.82	ef	1.28	ab	127.85	efg	3.52	defg	20.20	fg
5-7	70.63	abc	55.16	ef	1.28	ab	116.70	fg	3.47	efg	12.88	g
3-12	67.60	abcd	53.61	ef	1.26	abc	111.65	fg	3.20	fg	48.10	defg
2-7	59.58	de	59.25	de	1.01	de	125.43	efg	2.72	gh	83.83	abcd
2-4	57.03	e	58.49	de	0.97	def	122.74	efg	2.92	gh	64.30	cdef
7-1	65.10	abcde	77.57	a	0.83	fg	230.88	a	4.92	ah	79.10	bcde
7-2	60.51	cde	71.63	abc	0.84	efg	183.98	abcd	4.27	bcde	100.48	abc
7-12	57.04	e	70.95	abc	0.80	g	166.97	bcde	4.60	abc	89.33	abcd
8-9	61.00	bcde	73.54	ab	0.83	fg	202.08	abc	4.02	bcdef	136.68	a
8-10	62.47	abcde	75.82	a	0.82	fg	218.10	a	4.75	ah	113.23	abc
8-12	60.99	bcde	75.84	a	0.80	g	211.25	ab	4.50	bcd	119.43	ab
5-11	67.67	abcd	55.43	ef	1.22	bc	113.61	fg	3.30	efg	3.75	g
3-6	70.57	abc	50.82	f	1.39	a	105.55	g	2.15	h	18.95	fg
6-3	63.18	abcde	66.59	bc	0.95	defg	151.90	defg	5.50	a	30.58	efg
CV %	6.34		4.31		6.20		12.09		10.03		31.03	
Pr > F	<.0001											

LON= Longitud de fruto; DIF= Diámetro de fruto; RLD= Relación largo/diámetro; PESO= Peso de fruto; NLOC= Número de lóculos; SEPFU= Semillas por fruto; Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 7. Correlaciones para las variables de fruto de 16 líneas de jitomate desarrolladas en hidroponía e invernadero. Montecillo, Estado de México, México. 2004.

Variable	LON	DIF	RLD	PESO	NLOC	SEPFU
LON	1.00000	-0.38147	0.76066	-0.24027	-0.23477	-0.49538
DIF		1.00000	-0.88319	0.96113	0.76876	0.77076
RLD			1.00000	-0.77509	-0.65475	-0.78143
PESO				1.00000	0.71516	0.75918
NLOC					1.00000	0.38796
SEPFU						1.00000

LON= Longitud de fruto; DIF= Diámetro de fruto; RLD= Relación largo/diámetro; PESO= Peso de fruto; NLOC= Número de lóculos; SEPFU= Semillas por fruto.

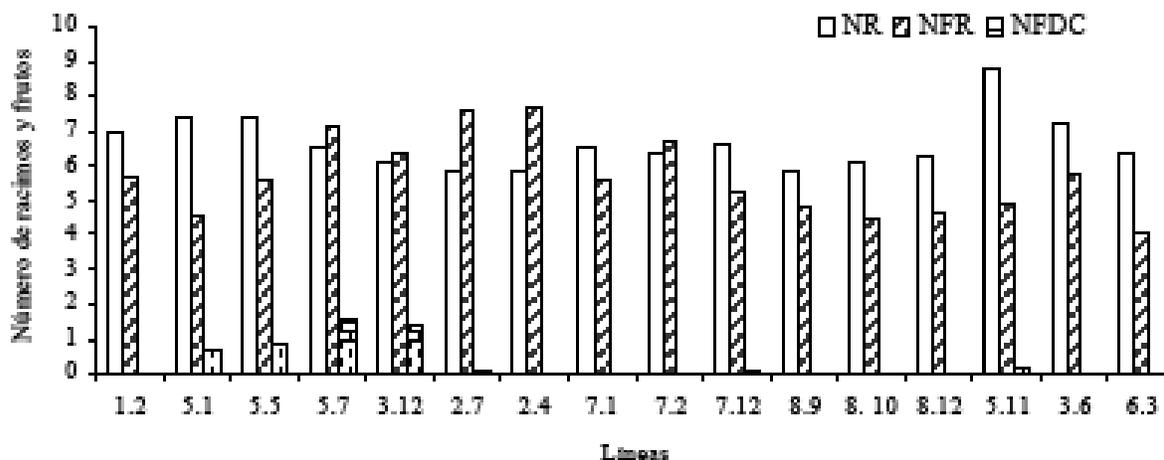


Figura 3. Número de racimos (NR), número de frutos por racimo (NFR) y número de frutos con deficiencia de calcio (NFDC) en plantas de 16 líneas de jitomate en el ciclo 2004 a los 93 días del trasplante. Montecillo, Estado de México, México. 2004.

ya que el número de frutos presenta mayor heredabilidad y variación genética potencial que el rendimiento *per se*.

CONCLUSIONES

El análisis de componentes principales separó en cinco grupos a las 16 líneas evaluadas, de seis variables se eligieron sólo dos características del polen que son el área y la longitud del eje mayor para caracterización morfológica y ésta a su vez utilizarla como un parámetro de selección en programas de mejoramiento.

Por atributos de alta producción de fruto, cantidad de polen y de semilla fueron seleccionadas las líneas 2-4, 8-9, 5-11 y 8-12 como progenitores macho y por su facilidad de emasculación y producción de fruto, las líneas 3-12, 3-6, 5-7 y 7-12 como progenitores hembras.

Debido a que las condiciones ambientales varían y que los materiales presentan diferente potencial y respuesta al medio ambiente, es necesario realizar cruza dialélicas con las líneas seleccionadas para determinar su grado de aptitud combinatoria general y específica para obtener nuevos materiales mejorados para ciclo abierto y protegido.

LITERATURA CITADA

Dafni, A. and Neal, P. R. 1997. Size and shape in floral advertisement: measurement, concepts and

implications. *In*: Institute of Evolution University of Haifa. Richards, K.W. (ed.). International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae Number 437: VII International Symposium on Pollination. Haifa, Israel. p. 121-140.

Folquer, F. 1976. El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 104 p.

George, R. A. T. 1989. Producción de semillas de plantas hortícolas. Mundi-Prensa. Madrid, España. 238 p. Disponible en <http://www.ag.ohio-state.edu>.

Georgiady, M. S. and Lord, M. E. 2002. Evolution of the inbred form in the currant tomato, *Lycopersicon pimpinellifolium*. *Int. J. Plant Sci.* 163:531-541.

González M., C. y Álvarez M., C. 1984. Análisis de correlaciones entre diferentes variedades morfológicas y el peso de fruto en un grupo de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Cultivos tropicales* 6:579-588.

Hernández, E. 1983. Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 167 p.

Marković, J. Z.; Zdravković, M. and Damjanović, M. 1997. Correlation between the morphological characteristics and the biochemical components of tomato fruit quality. *In*: Agricultural Research Institute "Serbia", Center for Vegetable Crops. Acta Horticulturae Number 462. Proceedings of the first Balkan Symposium on vegetables and potatoes.

- Jevtić, S.; Lasić, B. (eds.). Belgrade, Yugoslavia. ISHS Vol. 1. p. 151-155.
- Márquez S., F. 1991. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 380 p.
- Mosqueda V., R. y Molina G., J. 1974. Estudio de caracteres correlacionados y análisis de componentes de rendimiento empleando coeficientes de sendero en *Carica papaya* L. *Agrociencia* 11:3-4.
- Peñaloza A., P. 2001. Semillas de hortalizas. Manual de producción. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. Chile. 89 p.
- Picken, A. J. F. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *J. Hortic. Sci.* 59(1):1-13.
- Sandoval V., M. 2003. Cultivos hidropónicos. Cuatrimestre de verano. Colegio de Postgraduados, Centro de Edafología. Montecillo, Estado de México. 125 p.
- Statistical Analysis System Institute Inc (SAS Institute). 1999-2000. The SAS System. Release V. 8.1. Cary. N. C. USA. 830 p.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). 2002. Análisis del jitomate (Disponible en <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/index.html>).
- Srivastava, L. S. and Sachran, S. C. P. 1973. Genetics parameters, correlation coefficient and path. Coefficient analysis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Indian J. Agric. Sci.* 43(6):604-607.
- Sivori, M.; Montaldi, M. y Caso, P. 1984. Fisiología vegetal. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 681 p.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solution. Of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15:134-154.
- Takano, T. 1987. On an anionic balance in plant organic nutrition. *J. Plant Nutr.* 10:1605-1611.