

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN HÍBRIDOS DE JITOMATE Y SUS RESPECTIVAS POBLACIONES F₂

J. Martínez-Solís[¶]; A. Peña-Lomelí; J. E. Rodríguez-Pérez; C. Villanueva-Verduzco;
J. Sahagún-Castellanos; M. G. Peña-Ortega

Posgrado en Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
C. P. 56230. MÉXICO. ([¶]Autor responsable) Correo-e: juanmtz91@hotmail.com

RESUMEN

Debido a que el precio de semilla híbrida de jitomate es muy alto, muchos agricultores utilizan generaciones F₂ en parcelas comerciales. Por esta razón con el propósito de evaluar el comportamiento entre genotipos de jitomate F₁ y F₂, 37 híbridos y sus respectivas generaciones F₂ fueron establecidos en invernadero. La mayoría de las generaciones F₂ presentaron menor peso total de fruto por planta y número de frutos por planta con respecto a sus F₁; sin embargo, el efecto fue estadísticamente significativo sólo en dos genotipos tipo bola de hábito de crecimiento determinado y cuatro genotipos tipo bola de hábito de crecimiento indeterminado, los cuales abatieron su producción de fruto de F₂ en al menos 20 %.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicon esculentum* Mill., mejoramiento de plantas, semillas, heterosis, segregación transgresiva.

YIELD PERFORMANCE OF TOMATO HYBRIDS AND THEIR F₂ GENERATIONS

ABSTRACT

Since the price of tomato hybrid seed is expensive, many farmers are using F₂ in commercial plots. As a result in order to evaluate the performance between F₁ and F₂ tomato genotypes, 37 hybrids and their F₂'s generations were grown under greenhouse conditions. Most of the F₂ generations had lower values for total fruit weight per plant and fruit number per plant, compared to their F₁ hybrids. However, these differences were statistically significant only in two ball fruit bush type as well as four ball fruit indeterminate genotypes, which F₂'s showed fruit production reductions over 20 %.

ADDITIONAL KEY WORDS: (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant breeding, seeds, heterosis, transgressive segregation.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor importancia en el mundo y en las últimas décadas el incremento en la popularidad de las comidas rápidas ha hecho necesaria su industrialización y transformación en subproductos utilizados por restaurantes, los cuales aparentemente consumen el 50 % de la producción (DeGiglio, 2003).

Este cultivo ha sido de mucha importancia económica para México, ya que a pesar de que Estados Unidos de Norteamérica produce junto con China el 15 % de la producción mundial (Wijnands, 2003), dicho país sigue

demandando el 90 % de las exportaciones mexicanas (González y Martínez, 2002), particularmente en la temporada invernal, ya que la producción en invernadero no puede competir en precio con el jitomate mexicano (DeGiglio, 2003).

Durante las últimas dos décadas los híbridos han jugado un papel definitivo en el incremento del rendimiento, la resistencia a diversas enfermedades, además de la mayor calidad de fruto y vida de anaquel, entre muchas otras características (Grandillo *et al.*, 1999). Sin embargo, los principales programas de mejoramiento genético de jitomate en el mundo son desarrollados principalmente por empresas transnacionales, las cuales venden semillas

híbridas a precios de tres a diez veces mayores que los de las variedades, de tal modo que cada semilla llega a cotizarse en más de 40 centavos de dólar (Anónimo, 2004). En este contexto, el costo de producción por concepto de semilla es considerable para muchos productores mexicanos de jitomate, ya que utilizan básicamente híbridos cuyos precios son mayores de 50 centavos por semilla (Juárez *et al.*, 2000).

Por este motivo existen agricultores que por ahorrar dinero, recurren al uso de la segunda generación filial (F_2) de los híbridos, bajo el supuesto de que la producción obtenida en ambas generaciones es similar. No obstante, la teoría genética indica que la segregación en la segunda generación de híbridos de autógamias provoca la reducción del rendimiento y otras características de calidad de fruto, porque el grado de heterocigosis se reduce a la mitad (Poehlman y Allen, 2003). En contraparte, diversos investigadores consideran que la heterosis en algunos genotipos de jitomate no se expresa tan intensivamente como en muchas alógamas, además de que en los individuos de la F_2 , existe segregación transgresiva en algunos genotipos (De Vicente y Tanksley, 1993; Poehlman y Allen, 2003) por lo que aparecen plantas con frutos de la misma apariencia que la de los híbridos pero con un mayor peso (Mohamed, 1998), o bien, siguen presentando resistencia a ciertas enfermedades (Foolad *et al.*, 2002), lo que explicaría en cierta manera el hecho de que algunos agricultores aseguren que los rendimientos de los híbridos y su segunda generación filial presentan un comportamiento similar.

Por esta razón el presente estudio se realizó con el objetivo de comparar la producción de híbridos comerciales de jitomate de diferente tipo de fruto y hábito de crecimiento, con respecto a sus correspondientes generaciones F_2 .

MATERIALES Y MÉTODOS

Treinta y siete híbridos comerciales de jitomate, clasificados en cuatro grupos de variedades de acuerdo a

su tipo de fruto y hábito de crecimiento (Cuadro 1), fueron cultivados en condiciones de hidroponía en el otoño-invierno del 2001 en los invernaderos del Postgrado de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 200 cavidades con "peat moss" como sustrato. Cinco plántulas por genotipo se trasplantaron 28 días después de la siembra en bolsas de polietileno negro de 17 litros de capacidad, las cuales previamente se llenaron con tezontle fino que fue usado como sustrato durante todo el experimento.

El riego fue automatizado con dos riegos por día (9:00 y 11:00 h) de cinco minutos cada uno con solución nutritiva en un sistema hidropónico sin recuperación de solución. Durante las primeras dos semanas después del trasplante, la solución nutritiva, preparada de acuerdo a lo propuesto por Pérez y Castro (1999), fue suministrada diluida al 50 %; posteriormente, la solución se aplicó al 100 % manteniendo esta condición hasta el término del cultivo.

Debido a que el jitomate es una autógama, dos frutos por planta polinizados naturalmente fueron cosechados al azar cuando alcanzaron su madurez comercial. La semilla fue extraída manualmente y se sumergió en una solución de ácido clorhídrico al 10 % durante diez minutos para separar el mucílago. Posteriormente, se lavaron con agua corriente y se secaron sobre papel secante por un período 48 horas a temperatura ambiente.

Durante febrero a julio del 2002, el segundo ciclo fue llevado a cabo también en invernadero y bajo hidroponía en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, con el mismo manejo mencionado en el ciclo anterior; no obstante, la programación automatizada del riego se hizo en dos períodos de 10 minutos cada uno (9:00 y 11:00 h) en virtud de que la temperatura durante este ciclo fue mayor.

Al considerar cada tipo de jitomate, de acuerdo con el hábito de crecimiento y tipo de fruto, se establecieron

CUADRO 1. Híbridos comerciales de jitomate de diferente tipo de fruto y hábito de crecimiento.

Tipo Saladete		Tipo Bola		
Indeterminado	Determinado	Determinado	Indeterminado	
'Ps 31212'	'Madeer'	'Sunmaster'	'Jobot'	'Kastalia'
'Italdor'	'Zuley'	'Home Sweet'	'Terrific VFN'	'Better Boy'
'Pxs5712'	'Hybrid 882'	'Ginan'	'Carnival'	'Bond'
'Sunre 6110'	'Hypeel 45'	'Equinox'	'Lemon Boy'	'Heat Master'
	'Italpec'	'Chiro'	'Park 112589'	'Ball 544191'
	'Yaki'	'W 489'	'Super Steak'	'Roquetero'
	'H 7155'	'Acclaim'	'Beef Master'	
	'Río Oro'	'Pik Ripe'	'Lucky Lady'	
	'Casa del Sol'	'Zaden'	'Galileo formely'	

cuatro experimentos, cada uno bajo un diseño en bloques al azar con tres repeticiones para la semilla híbrida comercial y trece repeticiones para la semilla F_2 producida de estos híbridos en el ciclo anterior. La unidad experimental estuvo conformada por una maceta con una planta la cual fue colocada a una distancia de 50 y de 75 cm entre hileras.

Las plántulas fueron trasplantadas a los 30 días después de la siembra y todos los genotipos fueron cultivados a seis racimos; las plantas de hábito indeterminado se manejaron a un solo tallo, mientras que las de hábito determinado se manejaron a dos tallos con tres racimos cada uno. Todas las plantas fueron tutoradas con rafia ya que alcanzaron 50 cm de altura.

La cosecha se realizó cuando el fruto alcanzó su madurez comercial. En la mayoría de los genotipos se llevaron a cabo cuatro cortes, con espaciamentos de 7 a 10 días entre cada uno, en los que se evaluó: Peso total de fruto por planta en gramos (PT); Número total de frutos por planta (FT); Peso promedio de fruto en gramos (PPF), obtenido como el cociente del peso total de fruto por planta entre el número total de frutos por planta.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza así como a una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Posteriormente, en cada uno de los cuatro experimentos, se hizo una comparación de varianzas de dos poblaciones con distribución normal mediante la prueba de F ($P \leq 0.05$) para valorar dicho estadístico entre cada híbrido F_1 y su respectiva F_2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Genotipos tipo Saladete

Los resultados del análisis de varianza mostraron que no existen diferencias significativas entre los genotipos tipo Saladete evaluados en ninguna de las variables estudiadas. Estos resultados sugieren que los híbridos o sus generaciones F_2 proporcionaron el mismo beneficio en

función de la producción total por planta, lo que indica que en algunos casos en la segunda generación se presentaron plantas con apariencia similar a las originales F_1 (Mohamed, 1998).

Las comparaciones de medias para los genotipos tipo Saladete de hábito de crecimiento determinado (Cuadro 3), muestran que existen algunos genotipos en los que las diferencias porcentuales son importantes. Tal es el caso de 'Madeer' e 'Hybrid 882', los cuales superan en peso total de fruto (PT) a sus respectivas F_2 en 22.8 y 18.6 %, mientras que 'Zuley' y 'Rio Oro' sólo superan en 5 % a sus respectivas F_2 . Una situación similar ocurrió para el número de frutos por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) en los genotipos previamente mencionados, excepto para 'Rio Oro' donde la F_2 presentó valor 17.5 % mayor de PPF que su híbrido.

La PT de las F_2 de 'H 7155', 'Hyppel 45', 'Italpec' y 'Casa del Sol', superan en 0.5, 0.6, 1.7 y 4.8 %, respectivamente, a las F_1 ; no obstante, el patrón no es tan claro en FT y PPF, debido a que en FT sólo 'Casa del Sol' fue superado por su generación filial dos, mientras que en PPF éste último es el único de los cuatro híbridos previamente mencionados que supera a su F_2 .

En los nueve híbridos evaluados, las varianzas en PT de sus respectivas F_2 fueron mayores a las varianzas de sus correspondientes F_1 , lo que en cierta forma aporta argumentos para establecer que efectivamente hay segregación en las F_2 (Cuadro 4); no obstante, la mayor varianza no necesariamente estuvo relacionada con una mayor o menor reducción de los valores obtenidos para las variables evaluadas, lo que sugiere que el comportamiento de cada genotipo también estuvo afectado de alguna manera por las condiciones ambientales (Griffing y Zsiros, 1970).

En los jitomates tipo Saladete de hábito indeterminado, no hubo diferencias significativas entre los genotipos evaluados; no obstante se observa que en PT, los híbridos 'Pxs5712', 'Italdor' y 'Ps 31212' y 'Sunre 6110', superaron

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para tres caracteres en jitomate tipo Saladete de dos hábitos de crecimiento.

Fuente de variación	Hábito determinado				Hábito indeterminado			
	GL	PT	FT	PPF	GL	PT	FT	PPF
Repetición	12	172,691	135	103	12	276,664	198	499
Genotipos	17	323,300	234	276	17	240,464	238	286
Error	204	261,771	124	121	204	328,484	167	435
Total	343				343			
Media		1,939	44	44		1,456	33	45
CV (%)		26	25	24		39	38	45

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación; PT: producción total por planta (g); FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto (g).

CUADRO 3. Producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido tipo Saladete de crecimiento determinado y su respectiva generación filial dos.

Genotipo	PT (g)	R (%)	FT	R (%)	PPF (g)	R (%)
'Madeer'	2,596.7 a ^z		52.6 a		49.0 a	
'Madeer' F ₂	2,003.3 a	- 22.8	45.0 a	- 14.4	46.6 a	- 4.9
'Zuley'	2,243.7 a		49.0 a		46.3 a	
'Zuley' F ₂	2,131.2 a	- 5.0	47.4 a	- 3.1	45.9 a	- 0.7
'H 7155'	2,159.3 a		48.3 a		46.1 a	
'H 7155' F ₂	2,170.9 a	+ 0.5	47.0 a	- 2.7	46.4 a	+ 0.7
'Hypeel 45'	2,001.0 a		49.3 a		41.2 a	
'Hypeel 45' F ₂	2,013.6 a	+ 0.6	48.0 a	- 2.7	41.8 a	+ 1.4
'Hybrid 882'	1,972.7 a		55.6 a		35.5 a	
'Hybrid 882' F ₂	1,605.0 a	- 18.6	48.3 a	- 13.0	33.1 a	- 6.7
'Italpec'	1,899.3 a		46.3 a		42.2 a	
'Italpec' F ₂	1,932.0 a	+ 1.7	41.8 a	- 9.6	44.0 a	+ 4.3
'Yaki'	1,861.3 a		43.3 a		43.4 a	
'Yaki' F ₂	1,849.5 a	- 0.6	46.3 a	+ 6.8	40.1 a	- 7.7
'Río Oro'	1,840.3 a		46.6 a		40.0 a	
'Río Oro' F ₂	1,740.3 a	- 5.4	39.0 a	- 16.4	47.1 a	+ 17.5
'Casa del Sol'	1,730.3 a		31.0 a		57.4 a	
'Casa del Sol' F ₂	1,813.9 a	+ 4.8	33.4 a	+ 7.9	55.3a	- 3.6
DMSH	1,170.0		25.5		25.2	

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; R: reducción porcentual entre F₁ y F₂.

CUADRO 4. Comparación de varianzas entre F₁ y F₂ mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo Saladete de crecimiento determinado.

Nombre	PT (x 10 ³)			FT			PPF		
	F ₁	F ₂	F _c	F ₁	F ₂	F _c	F ₁	F ₂	F _c
'Madeer'	145.4	237.2	0.61	49.3	146.7	0.33	7.3	169.8	0.04
'Zuley'	78.1	130.6	0.59	100.0	82.2	1.21	14.6	75.9	0.19
'H 7155'	38.6	374.8	0.10	4.3	236.0	0.01*	22.8	112.0	0.20
'Hypeel 45'	97.8	234.4	0.41	41.3	105.0	0.39	95.2	25.5	3.73
'Hybrid 882'	108.8	380.6	0.28	122.3	244.4	0.50	60.2	184.9	0.32
'Italpec'	10.6	625.1	0.01*	60.3	175.8	0.34	72.7	65.8	1.10
'Yaki'	45.9	253.3	0.18	177.3	87.8	2.01	63.8	50.2	1.27
'Río Oro'	79.3	229.7	0.34	89.3	49.4	1.8	41.7	379.4	0.10
'Casa del Sol'	135.2	146.5	0.92	76.0	71.2	1.06	221.6	97.7	2.26

PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; F_c: F calculada; *: significancia a una $P \leq 0.05$.

a sus generaciones F₂ en, 8.5, 6.8, 5.7 y 4.2 %, respectivamente; no obstante, este patrón no se repite en FT y PPT, ya que en el primer caso sólo 'Ps 31212' e 'Italdor' produjeron más frutos que las F₂, en un 18.2 y 30.4 %, respectivamente; en PPF los híbridos 'Sunre 6110' y 'Pxs5712' son los únicos que promedian más que sus F₂, en porcentajes de 24.5 y 13.4, respectivamente (Cuadro 5).

En los tres caracteres estudiados, sólo hubo diferencia significativa para 'Italdor' en PPF; las varianzas de los cuatro híbridos fueron similares en PT a sus respectivas F₂ (Cuadro 6) lo que explica que el comportamiento de la

producción de fruto por planta entre F₁ y F₂ haya sido similar.

Los resultados del estudio indicaron que aparentemente no existen diferencias genéticas importantes entre los genotipos tipo Saladete estudiados, en función de su rendimiento máximo. En este contexto, varias investigaciones han establecido que la diversidad de *Lycopersicon esculentum* Mill. se ha reducido como respuesta a su domesticación y a los años de mejoramiento genético aplicado (Villand *et al.*, 1998), aunado a que es una especie autógama lo que también influye en su poca

CUADRO 5. Producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido tipo Saladete de crecimiento indeterminado y su respectiva generación filial dos.

Genotipo	PT (g)	R (%)	FT	R (%)	PPF (g)	R (%)
'Italdor'	1,791.0 a ²		46.6 a		38.5 a	
'Italdor' F ₂	1,667.9 a	- 6.8	32.4 a	- 30.4	50.5 a	+ 31.7
'Pxs5712'	1,568.7 a		27.6 a		55.9 a	
'Pxs5712' F ₂	1,435.3 a	- 8.5	29.3 a	+ 6.2	48.4 a	- 13.4
'Ps 31212'	1,496.3 a		45.3 a		32.5 a	
'Ps 31212' F ₂	1,410.4 a	- 5.7	37.0 a	- 18.2	42.6 a	+ 30.7
'Sunre 6110'	1,294.7 a		25.0 a		55.1 a	
'Sunre 6110' F ₂	1,239.5 a	- 4.2	34.8 a	+ 39.3	41.5 a	- 24.5
DMSH	697.4		26.3		42.5	

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; R: reducción porcentual entre F₁ y F₂.

CUADRO 6. Comparación de varianzas entre F₁ y F₂ mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo Saladete de crecimiento indeterminado.

Nombre	PT (x 10 ³)			FT			PPF		
	F ₁	F ₂	F _c	F ₁	F ₂	F _c	F ₁	F ₂	F _c
'Italdor'	265.3	741.0	0.35	142.3	101.9	1.37	9.7	1,652.4	0.01*
'Pxs5712'	900.6	326.4	0.03	6.3	31.2	0.20	16.1	172.9	0.09
'Ps 31212'	219.8	163.2	1.34	34.3	37.9	0.90	33.80	58.7	0.57
'Sunre 6110'	343.0	162.2	0.21	84.0	595.3	0.14	232.9	162.6	1.43

PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; F_c: F calculada; *: significancia a una $P \leq 0.05$.

variabilidad; si a ello se le añade el hecho de que a nivel mundial son pocas las empresas productoras de semillas que manejan el mercado (Anónimo, 2004), estas consideraciones podrían explicar que la segregación encontrada no fuera tan grande. Si bien no hubo diferencias estadísticas entre genotipos, la producción total de fruto por planta (PT) de las F₂ fue numéricamente menor en cinco de los nueve genotipos estudiados de hábito determinado y en 100 % de los de hábito indeterminado. Aunque para la mayoría de las F₂ de ambos hábitos de crecimiento la reducción de la producción total de fruto por planta fluctuó entre 1.0 y 8.5 %, en los casos de 'Hybrid 882' y 'Madeer', la PT de sus respectivas F₂ fue por abajo del 18 %; en este sentido, el comportamiento de frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF), que también se abatieron, explicarían en cierta forma los resultados obtenidos en 'Hybrid 882' y 'Madeer', en virtud de que FT y PPF están estrechamente relacionados con la producción total por planta (Bartkaite, 2000). Adicionalmente, cuatro híbridos ('H 7155', 'Hyppel 45', 'Italpec' y 'Casa del Sol') tipo Saladete de hábito determinado produjeron menos que sus F₂, en donde el último híbrido es quizás el caso más relevante, debido a que la producción total de fruto por planta del F₁ disminuyó 4.8 % y los frutos totales por planta un 7.9 %. En este particular evento, las diferencias entre las varianzas de F₁ y F₂ no son tan grandes como en otros genotipos, sin embargo, se ha observado que durante la segregación en F₂

se pueden presentar combinaciones genéticas que generan genotipos que en promedio se comporten mejor que el híbrido comercial (De Vicente y Tanksley, 1993); al respecto, en algunos estudios se ha encontrado que las F₂ producen algunas veces frutos parecidos al híbrido pero con mayor peso (Mohamed, 1998).

Genotipos tipo Bola

Los resultados del análisis de varianza indicaron que existen diferencias significativas entre los genotipos evaluados para cada una de las variables estudiadas en ambos hábitos de crecimiento (Cuadro 7).

Para los genotipos tipo bola de hábito de crecimiento determinado, los híbridos 'Pik Ripe', 'Sunmaster', 'Zaden', 'W 489', 'Home Sweet' y 'Equinox' superaron en PT a sus respectivas filiales dos, en porcentajes de 19.0, 12.7, 12.2, 0.9, 45.7 y 30.8 %, respectivamente; pero sólo hubo diferencia estadística en los dos últimos (Cuadro 8); en FT sólo 'Equinox' superó estadísticamente a su F₂ (35.7 %), pero 'Pik ripe', 'Chiro' y 'Home Sweet' produjeron, respectivamente, 14.8, 8.6 y 39.8 % más FT que sus F₂; la reducción de FT en 'Home Sweet' (39.8 %) y 'Equinox' (35.7 %), correspondieron a los mayores abatimientos de PT (30.8 y 45.7 %, respectivamente).

La F₂ de 'Sunmaster' presentó estadísticamente el

CUADRO 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para tres caracteres en jitomate tipo Bola de dos hábitos de crecimiento.

Fuente de Variación	Hábito determinado				Hábito Indeterminado			
	GL	PT	FT	PPF	GL	PT	FT	PPF
Repetición	12	260,672	57	643	12	477,781	64	655
Genotipos	17	1'275,281*	794*	1,771*	29	1'265,132*	517*	2,719*
Error	204	398,074	71	515	348	360,374	67	452
Total	343				390			
Media		2,129	29	78		2,104	26	86
CV (%)		29	29	28		28	31	24

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación; PT: producción total por planta (g); FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto (g); *: significancia a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 8. Producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido tipo Bola determinado y su respectiva generación filial dos.

Genotipo	PT (g)	R (%)	FT	R (%)	PPF (g)	R (%)
'Equinox'	3,129.3 a ^z		38.3 b		81.9 ab	
'Equinox' F ₂	2,162.6 b	- 30.8	24.6 c	- 35.7	85.8 ab	+ 4.6
'Ginan'	2,165.7 b		25.3 c		86.1 ab	
'Ginan' F ₂	2,567.3 ab	+ 18.5	30.6 bc	+ 20.8	85.3 ab	- 0.9
'Pik ripe'	2,541.0 ab		31.0 bc		83.2 ab	
'Pik ripe' F ₂	2,055.7 b	- 19.0	26.3 c	- 14.8	78.4 ab	- 5.7
'Sunmaster'	2,525.7ab		29.0 bc		95.8 a	
'Sunmaster' F ₂	2,202.9 b	- 12.7	32.5 bc	+ 12.2	68.0 bc	- 29.0
'W 489'	2,327.7 b		26.6 c		91.2 ab	
'W 489' F ₂	2,305.4 b	- 0.9	27.0 c	+ 1.2	88.3 ab	- 3.2
'Zaden'	2,232.3 b		25.6 c		85.7 ab	
'Zaden' F ₂	1,959.8 b	- 12.2	26.7 c	+ 4.2	79.1 ab	- 7.7
'Chiro'	2,034.3 b		56.3 a		37.1 d	
'Chiro' F ₂	2,199.4 b	+ 8.1	51.4 a	- 8.6	43.6 cd	+ 17.5
'Acclaim'	2,037.3 b		23.6 c		83.4 ab	
'Acclaim' F ₂	2,196.4 b	+ 7.8	24.7 c	+ 4.6	91.0 ab	+ 9.1
'Home sweet'	2,019.3 b		22.0 cd		95.8 a	
'Home sweet' F ₂	1,094.9 c	- 45.7	13.2 d	- 39.8	83.8 ab	- 12.5
DMSH	767.8		10.2		27.6	

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; R: reducción porcentual entre F₁ y F₂.

mayor abatimiento de PPF (29.0 %) con respecto a su F₁. Cabe destacar que la F₂ del híbrido 'Ginan', fue porcentualmente mayor a F₁ en PT y FT en 18.5 y 20.8 %, respectivamente, mientras que en PPF el híbrido la superó en 0.9 %. Las generaciones F₂ de 'Acclaim' y 'Chiro' produjeron más PT que sus F₁ en 7.8 y 8.1 %, respectivamente; una situación similar se observó en PPF para ambos casos, pues presentaron valores mayores en 9.1 y 17.5 %. Este comportamiento puede explicarse por segregación transgresiva que ocurre por combinaciones genéticas al azar (De Vicente y Tanksley, 1993) y en donde las variables frutos totales por planta y peso promedio de fruto influyeron en forma conjunta o independiente según la oportunidad en cuestión, de acuerdo con los argumentos ya descritos por De Vicente y Tanksley (1993) y Bartkaite (2000).

En la mayoría de los genotipos ensayados y en cada una de las variables estudiadas, las varianzas de las F₂ siempre fueron mayores que las de sus respectivos híbridos, no obstante, exceptuando 'Equinox' en PPT, no existen diferencias estadísticas significativas entre ellas (Cuadro 9), de ahí que el tamaño de muestra puede tener un papel importante en dichos resultados, ya que, dependiendo de las características de los progenitores, Phoelman y Allen (2003) indican que se requieren desde 1000 hasta 10,000 plantas para tener mejor exploración de la segregación técnica esperada.

Con excepción de 'Kastalia', los 14 híbridos de hábito de crecimiento indeterminado restantes superan en PT y FT a sus correspondientes F₂ en porcentajes que van desde

CUADRO 9. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo Bola de crecimiento determinado.

Nombre	PT ($\times 10^3$)			FT			PPF		
	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c
'Equinox'	206.3	193.5	1.06	60.9	17.1	3.56	2,389.4	173.3	13.78*
'Ginan'	43.8	848.4	0.05	31.0	102.0	0.30	604.61	2,107.6	0.28
'Pik ripe'	88.2	364.2	0.24	2.3	64.5	0.03	265.98	111.2	2.39
'Sunmaster'	232.6	659.7	0.35	16.3	69.0	0.23	159.73	513.4	0.31
'W 489'	5.3	155.5	0.03	134.3	118.1	1.13	55.6	62.4	0.89
'Zaden'	207.6	541.4	0.38	32.3	82.0	0.39	891.2	702.6	1.26
'Chiro'	243.7	725.0	0.33	30.3	51.5	0.58	415.8	307.8	1.35
'Acclaim'	134.4	317.4	0.42	49.0	44.7	1.09	76.8	184.9	0.41
'Home sweet'	356.3	527.1	0.67	44.3	121.8	0.36	54.3	554.4	0.09

PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; F_c : F calculada; *: significancia a una $P \leq 0.05$.

5.2 hasta 31.8 % y de 6.0 a 42.7 %, respectivamente. Las generaciones F_2 de los híbridos 'Heat Master', 'Beef Master', 'Carnival', 'Lemon Boy', 'Ball 544191', 'Jobot', 'Bond' y 'Galileo Formely', redujeron al menos 20 % PT con respecto a las F_1 , aunque sólo las reducciones de los últimos cuatro híbridos fueron estadísticamente significativas al 5 % (Cuadro 10); asimismo, 'Heat Master' y 'Beef Master' tuvieron significancia al 10 % ($P \leq 0.1$) para PT en la misma prueba (resultados no mostrados), lo que explica el que hayan superado a sus F_2 en 30.5 y 27.7 %, respectivamente.

Los resultados de la prueba de comparación de medias indican que existió una reducción significativa de FT en las generaciones F_2 de 'Park 112589' y 'Terrific VFN' (42.7 y 36.6 %, respectivamente), no obstante, la reducción de PT en sus generaciones F_2 no fue mayor del 10 % en ambos casos, debido a que los buenos valores de PPF en las generaciones F_2 evitó una mayor diferencia en PT; del mismo modo, 'Lucky Lady' F_2 y 'Super Steak' F_2 presentan numéricamente mejor PPF que sus F_1 , por lo cual la PT de las generaciones filiales dos se redujo mas de 15 %. De acuerdo con la misma prueba recomparaciones de medias, el PPF de 'Heat Master' F_2 se abatió significativamente en un 27 % en relación a F_1 , lo cual se reflejó en la reducción de un 30.5 % de PT en F_2 . Estos ejemplos hacen evidente que FT y/o PPF son componentes de rendimiento importantes del PT (Bartkaite, 2000).

No hubo diferencia significativa entre las varianzas de las generaciones F_1 y F_2 en ninguno de los caracteres evaluados en los jitomates tipo bola de hábito indeterminado; sin embargo, con excepción de 'Terrific VFN' y 'Ball544191', en todos los casos en PT la F_2 mostró una mayor varianza que la F_1 (Cuadro 11).

De los 24 híbridos tipo Bola estudiados en sólo seis existió diferencia significativa de PT entre F_1 y F_2 ; sin embargo, 20 mostraron mejor producción total de fruto por planta que las F_2 , de los cuales 17 produjeron al menos 10

% más, y de ellos 10 superaron en la misma variable en por lo menos 20 % a sus respectivas generaciones filiales dos, situación que de alguna manera indica que en los genotipos tipo bola la segregación afectó en mayor medida la producción por planta. Se ha mencionado que teóricamente con la segregación que ocurre en F_2 el grado de heterocigosis en híbridos de autógamas se reduce a la mitad (Poehلمان y Allen, 2003), pero es probable encontrar entre la descendencia plantas que superen a los progenitores por la segregación transgresiva (De Vicente y Tanksley, 1993), lo que explicaría el que en este estudio algunos híbridos fueron superados por sus generaciones filiales dos.

Por otra parte, el hecho de que la mayoría de los híbridos tipo Bola, particularmente los de hábito indeterminado, hayan superado a sus respectivas F_2 , puede obedecer a que en las últimas décadas la demanda de productos elaborados de jitomate se ha incrementado por los cambios en hábitos de consumo mundiales y en este contexto, los genotipos intermedios entre bola y elongados se hacen más atractivos para la industria por mayor rendimiento y calidad de fruto (Giordano *et al.*, 1999), de tal forma que muchos de los programas de mejoramiento genético que trabajan con estos objetivos son relativamente nuevos, por lo que se esperaría que su germoplasma tenga mayor variabilidad.

CONCLUSIONES

La producción de fruto por planta, el número de frutos por planta y el peso promedio de fruto, mostraron un comportamiento estadísticamente similar entre los híbridos tipo Saladete y sus respectivas filiales dos; en los tipo bola los efectos negativos de la segregación en F_2 redujeron en al menos 20 % la producción de fruto por planta en 10 de los 24 híbridos estudiados, no obstante, el efecto sólo fue estadísticamente significativo en los híbridos 'Equinox', 'Home sweet', 'Ball 544191', 'Jobot', 'Bond' y 'Galileo Formely'.

CUADRO 10. Producción total por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso producción de fruto por planta promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido tipo Bola indeterminado y su respectiva generación filial dos.

Genotipo	PT (g)	R (%)	FT	R (%)	PPF(g)	R (%)
'Bond'	3,196.3 a ^c		31.0 abcdef		103.1 abcd	
'Bond' F ₂	2,496.5 bcdef	- 21.8	26.0 cdef	- 15.8	97.3 bcdef	- 5.6
'Jobot'	3,096.3 ab		41.3 abc		75.8 efg	
'Jobot' F ₂	2,398.4 cdefg	- 22.5	38.8 abcde	- 6.0	62.7 g	- 17.2
'Roquetero'	3,066.0 abc		38.6 abcdef		81.3 defg	
'Roquetero' F ₂	2,454.2 bcdefg	- 19.9	29.3 abcdef	- 24.2	83.7 cdefg	+ 3.0
'Galileo formely'	2,774.0 abcd		47.3 ab		59.3 g	
'Galileo form.' F ₂	1,918.2 fghij	- 21.0	39.5 abcd	- 6.9	49.7 g	- 15.2
'Better boy'	2,663.7 abcde		26.6 cdef		101.4 bcd	
'Better boy' F ₂	2,171.3 defghi	- 18.4	23.3 cdef	- 12.5	94.6 bcdefg	- 6.7
'Lemon boy'	2,572.0 abcdef		26.3 cdef		98.4 bcde	
'Lemon boy' F ₂	2,035.5 efghij	- 20.8	20.1 def	- 23.4	98.3 bcde	- 0.1
'Park 112589'	2,472.3 bcdefg		49.0 a		66.1 g	
'Park 112589' F ₂	2,342.3 cdefg	- 5.2	28.0 bcdef	- 42.7	94.7 bcdefg	+ 30.3
'Lucky lady'	2,376.0 cdefg		30.3 abcdef		78.6 defg	
'Lucky lady' F ₂	2,058.8 efghij	- 13.3	25.0 cdef	- 17.3	87.5 cdefg	+ 11.2
'Terrific VFN'	2,310.0 defg		39.5 abcd		68.4 g	
'Terrific VFN' F ₂	2,091.5 defghij	- 9.4	19.0 ef	- 36.3	96.6 bcdefg	+ 29.2
'Super steak'	2,235.0 defgh		19.6 def		116.3 ab	
'Super steak' F ₂	2,091.7 defghij	- 6.4	16.3 f	- 16.6	128.7 a	+ 10.6
'Beef master'	2,226.0 defgh		19.0 ef		103.5 abcd	
'Beef master' F ₂	1,609.7 hij	- 27.7	18.5 f	- 17.6	89.6 cdefg	- 13.4
'Ball 544191'	2,177.3 defgh		24.3 cdef		90.9 bcdefg	
'Ball 544191' F ₂	1,484.7 ij	- 30.7	17.7 f	- 26.9	88.2 cdefg	- 3.0
'Heat master'	2,054.3 efghij		20.3 def		109.2 abc	
'Heat master' F ₂	1,426.2 j	- 30.5	20.0 def	- 1.4	72.3 fg	- 27.0
'Carnival'	2,020.3 efghij		23.0 cdef		90.0 cdefg	
'Carnival' F ₂	1,578.9 hij	- 21.8	19.6 def	- 14.7	84.3 cdefg	- 6.3
'Kastalia'	1,817.7 ghij		29.6 abcdef		58.4 g	
'Kastalia' F ₂	2,125.1 defghi	+16.9	33.9 abcdef	+ 7.2	63.4 g	+ 1.5
DMSH	692.1		20.0		25.8	

^aMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; R: reducción porcentual entre F₁ y F₂.

CUADRO 11. Comparación de varianzas entre F₁ y F₂ mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo Bola de crecimiento indeterminado.

Nombre	PT (x 10 ³)			FT			PPF		
	F ₁	F ₂	F _c	F ₁	F ₂	F _c	F ₁	F ₂	F _c
'Bond'	64.7	194.5	0.33	144.4	68.7	2.10	112.6	133.8	0.84
'Jobot'	123.4	304.3	0.40	44.3	33.7	1.31	283.6	363.7	0.77
'Roquetero'	75.8	105.7	0.71	11.9	29.2	0.41	574.1	448.8	1.27
'Galileo formely'	118.0	639.3	0.18	24.3	39.1	0.62	87.3	261.9	0.33
'Better boy'	301.9	278.3	1.08	931.0	168.5	5.5	1,425.5	878.2	1.62
'Lemon boy'	111.1	410.2	0.27	26.3	31.4	0.83	246.0	482.3	0.50
'Park 112589'	252.0	273.3	0.92	40.4	45.4	0.89	362.5	563.6	0.64
'Lucky lady'	398.5	624.6	0.63	8.3	170.9	0.04	408.5	399.3	1.02
'Terrific VFN'	309.1	266.0	1.16	72.3	79.6	0.90	174.4	85.7	2.03
'Super steak'	205.4	263.6	0.77	1.9	39.0	0.05	128.4	188.3	0.68
'Beef master'	428.4	479.1	0.08	10.3	44.7	0.23	413.3	443.5	0.93
'Ball 544191'	401.3	348.3	1.15	56.9	11.5	4.92	22.3	752.7	0.02
'Heat master'	145.2	268.8	0.54	1.9	33.7	0.05	434.2	400.3	1.08
'Carnival'	28.5	393.2	0.07	20.3	35.3	0.57	171.1	904.7	0.18
'Kastalia'	69.6	321.4	0.21	96.3	29.7	3.24	146.8	101.3	1.44

PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; F_c: F calculada.

Debido a que existen híbridos comerciales cuya producción de fruto por planta, el número de frutos por planta y el peso promedio de fruto son similares a sus respectivas F_2 , el uso de estas generaciones es una buena opción para agricultores de recursos económicos limitados.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 2004. Texas A & M University System. San Antonio, Texas, U.S.A. Avoidance of TSWV by using a resistant hybrid Tomato 444. <http://www.plantanswers.com/tomato444.htm>. Mayo, 2004.
- BARTKAITE, O. 2001. Evaluation of tomato heterosis expression. Scientific works. Horticulture and Vegetable growing. Lithuanian Institute of Horticulture. Babtai, Kaunas district, Lithuania. [Http://www.lsdil.lt/t20\(2\)_eng/T20\(2\)_eng:6.htm](Http://www.lsdil.lt/t20(2)_eng/T20(2)_eng:6.htm). Mayo, 2004.
- DE VICENTE, M. C.; TANKSLEY, S. D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-589.
- DEGIGLIO, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae* 611: 91-92.
- FOOLAD, M. R.; SUBBIAH, P.; GHANGAS, G. S. 2002. Parent-offspring correlation estimate of heritability for early blight resistance in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica* 126(2): 291-297.
- GIORDANO, I.; PENTANGELO, A.; CASTALDO, D.; VILLARI, G.; CARBONI, A. 1999. Bio-morphological and productive characterization of several accessions of small 'Pomodoro di corbara' tomatoes. *Acta Horticulturae* 487: 343-348.
- GONZÁLEZ S., R. F.; MARTÍNEZ D., M. A. 2002. Dumping: El caso del jitomate, México 1996. *Comunicaciones en Socioeconomía Estadística e Informática* 6(1): 1-30.
- GRANDILLO, S.; ZAMIR, D.; TANKSLEY, S. D. 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: A 20 years perspective. *Euphytica* 110(2): 85-97.
- GRIFFING, F.; ZSIROS, E. 1970. Heterosis associated with genotype-environment interactions. *Genetics* 68: 443-445.
- JUÁREZ L., G. F.; SÁNCHEZ DEL C., F.; CONTRERAS M., E. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 19-23.
- MOHAMED, M. F. 1998. Characteristics and inheritance of natural facultative parthenocarpic fruit-set in 'Nadja' tomato under low temperature conditions. *Euphytica* 103(2): 211-217.
- PÉREZ G., M.; CASTRO B., R. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Programa de Investigación y Servicio en Olericultura. Chapingo, México. Boletín 3. 58 p.
- POEHLMAN, J. M.; ALLEN, D. S. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. D.F., México. pp. 172-176.
- VILLAND, J.; SKROCH, P. W.; LAI, T.; HANSON, P.; KUO, C. G.; NIENHUIS, J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. *Crop Science* 38: 1339-13347.
- WIJNANDS, J. 2003. The international competitiveness of fresh tomatoes, peppers and cucumbers. *Acta Horticulturae* 611: 79-90.