

Universidad Autónoma Chapingo

**Departamento de Fitotecnia
Instituto de Horticultura**

**HETEROSIS INTERVARIETAL Y POTENCIAL DE
GENERACIONES F₂ DE JITOMATE (*Lycopersicon
esculentum* Mill.) TIPO SALADETE**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER GRADO DE:

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

PRESENTA

VICENTE MENDOZA DE JESÚS



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México, septiembre de 2008.



Instituto de Horticultura

**HETEROSIS INTERVARIETAL Y POTENCIAL DE GENERACIONES F₂ DE
HÍBRIDOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) TIPO SALADETE**

Tesis realizada por Vicente Mendoza de Jesús bajo la dirección de Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

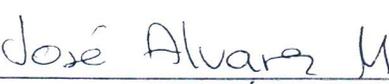
DIRECTOR 
Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR 
Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR 
Dr. Juan Porfirio Legaria Solano

ASESOR 
Dr. Aureliano Peña Lomelí

ASESOR 
Dr. Mario Pérez Grajales

LECTOR EXTERNO 
Dr. José Guadalupe Álvarez Moctezuma

**HETEROSIS INTERVARIETAL Y POTENCIAL DE GENERACIONES F₂ DE
HÍBRIDOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) TIPO
SALADETE**

Tesis realizada por Vicente Mendoza de Jesús bajo la dirección de Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR _____
Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR _____
Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR _____
Dr. Juan Porfirio Legaria Solano

ASESOR _____
Dr. Aureliano Peña Lomelí

ASESOR _____
Dr. Mario Pérez Grajales

LECTOR
EXTERNO _____
Dr. José Guadalupe Álvarez Moctezuma

DEDICATORIAS

Con todo mi corazón para mi linda esposa Maricela, cimiento de la familia, por su sensibilidad al amor a la vida.

Con profundo cariño a mis pequeñas y adoradas hijas Ana Laura y Paola fuentes de inspiración y reflejo del amor de Dios.

A mis padres Cecilia y Vicente por conducirme por la vida con amor, respeto y responsabilidad.

A mis hermanos por compartir el cariño y las experiencias.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para los estudios de Doctorado.

Al Gobierno de Estado de México por el apoyo otorgado.

Al Doctor Jaime Sahagún Castellanos por la dirección excelente en todas las fases del trabajo, y por los aportes realizados en la escritura de los artículos científicos. Fue un honor trabajar con usted, Maestro.

Al Doctor Juan Enrique Rodríguez Pérez por facilitar los materiales para la realización de las cruzas, por permitir el uso de los invernaderos y por las acertadas sugerencias en el trabajo final.

Al Doctor Juan Porfirio Legaria Solano por ser una persona que facilita el entendimiento de la Genética Molecular y por las valiosas contribuciones para mejorar la tesis.

Al Doctor Aureliano Peña Lomelí por las correcciones realizadas al trabajo.

Al Doctor Mario Pérez Grajales por enseñarme a producir hortalizas y por los aportes realizados en el trabajo.

DATOS BIOGRAFICOS

El autor -originario de la comunidad de San Pedro de los Baños, municipio de Ixtlahuaca, Estado de México- tiene una formación de técnico agropecuario en horticultura; ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia por la Universidad Autónoma Chapingo titulado en 1995. Realizó la maestría en Horticultura en la misma Universidad en donde se le otorgó el premio “Arturo Fregoso Urbina” por la mejor tesis de posgrado en Ciencias Biológicas en 1999. De 1999 a 2003 trabajó como coordinador de enlace en el Vivero San Luis en México, D. F. De 2004 a 2008 realizó estudios de doctorado en Horticultura enfocado básicamente al mejoramiento genético de hortalizas y a la producción bajo invernadero. Ha asesorado cuatro tesis de Licenciatura. Asimismo asesoró a integrantes de cooperativas que se dedican a producción bajo invernadero. De febrero a junio de 2008 fue profesor en el CBT Jocotitlán en donde impartió clases de Procesos de producción agrícola, Proyectos productivos e Innovación y desarrollo tecnológico. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Fitogenética desde 1998. En julio de 2008 se integro a Seminis Vegetable Seeds como Breeder Assistant en donde labora actualmente.

HETEROSIS INTERVARIETAL Y POTENCIAL DE GENERACIONES F₂ DE HÍBRIDOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 'SALADETE' INDETERMINADO

Vicente **Mendoza de Jesús**¹, Jaime **Sahagún Castellanos**², Juan Enrique **Rodríguez Pérez**³, Juan Porfirio **Legaria Solano**³, Aureliano **Peña Lomeli**³, Mario **Pérez Grajales**³

RESUMEN

Los sistemas de producción de jitomate en invernadero requieren de fuertes inversiones. Uno de los insumos de mayor costo es la semilla híbrida; sin embargo, en la medida en que se identifique híbridos de cruce doble o generaciones F₂ con características similares (en cuanto a rendimiento, calidad de fruto y resistencia a enfermedades) a las de los híbridos. La presente investigación se realizó bajo condiciones de invernadero e hidroponía en Chapingo, Estado de México durante el periodo de febrero de 2004 a diciembre de 2005 con el objetivo de estudiar el potencial genotécnico de nueve híbridos de jitomate tipo saladete indeterminado en la formación de variedades en términos de rendimiento de fruto, vida de anaquel (VA), la altura de planta (AP) y cuatro componentes del rendimiento. Se realizaron cruces entre los híbridos de acuerdo con el diseño I de Griffing. Éstas se evaluaron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y se autofecundó la F₁ para generar la F₂. La variedad 'Marcia' fue el progenitor con mayor vida de anaquel, su efecto de aptitud combinatoria general (ACG) fue de 1.03 días. 'Don Raúl' tuvo -6.19 cm de altura en heterosis varietal (HV), en rendimiento su efecto de ACG de 3.97 kg por parcela de ocho plantas; su cruce con 'Barbarian' mostró 15 % de heterosis con respecto al mejor progenitor en número de frutos; y su cruce con 'Loreto' produjo 18 % de heterosis con respecto al progenitor medio en rendimiento total. No se encontró efectos recíprocos ni efectos maternos en los híbridos estudiados. Por otra parte, se observó un comportamiento similar en vida de anaquel y altura de planta entre los híbridos y sus respectivas F₂. En rendimiento total se detectó reducciones estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) en los híbridos de 18 a 50 %, excepto en 'Don Raúl' que redujo su rendimiento en 14 %. De manera general, las poblaciones F₂ presentaron mayor varianza intrapoblacional.

Palabras clave: mejoramiento de jitomate, ACG, ACE, varianza intrapoblacional.

¹ Tesista
² Director
³ Asesor

INTERVARIETAL HETEROSIS AND THE POTENTIAL OF F₂ GENERATIONS OF INDETERMINATE 'SALAD' TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) HYBRIDS

Vicente **Mendoza de Jesús**¹, Jaime **Sahagún Castellanos**², Juan Enrique **Rodríguez Pérez**³, Juan Porfirio **Legaria Solano**³, Aureliano **Peña Lomeli**³, Mario **Pérez Grajales**³

ABSTRACT

Producing tomatoes in greenhouses requires a major investment. One of the most expensive inputs is the hybrid seed. However, this cost would be considerably reduced if we could identify double cross hybrids or F₂ generations that show a performance level (in terms of fruit yield, fruit quality and disease resistance) similar to the original hybrids. This research work was carried out under hydroponic greenhouse conditions in Chapingo, Estado de Mexico during February of 2004 to December of 2005 with the objective to study the genetic modification potential of nine indeterminate salad-type tomato hybrids for developing new varieties in terms of fruit yield, shelf life behavior (SL), plant height (PH), and four yield components. Crosses were made among the hybrids according to Griffing's design I. These crosses were evaluated in a randomized complete block design with four replications and F₁ was self-reproduced to generate the F₂. 'Marcia's' variety was the best progenitor in terms of shelf life; it showed a general combining ability (GCA) effect of 1.03 days. 'Don Raul' showed -6.9 cm of plant height in VH, along with a GCA effect in total yield of 3.97 kg per experimental unit of eight plants; its cross with 'Barbarian' showed 15 % of heterosis over the best parent in terms of fruit number, and crossed with 'Loreto' it showed 18 % in heterosis over the mean parent for total yield. Neither maternal nor reciprocal effects were found in the hybrids studied. On the other hand, a similar performance level was found in LS and PH among the hybrids and their respective F₂. In total yield, significant statistical reductions ($\alpha \leq 0.05$) of between 18 to 50 % were found for all hybrids, except for 'Don Raul,' which saw its yield go down 14 %. In general, the F₂ populations showed the highest interpopulation variance.

Key words: tomato improvement, GCA, SCA, interpopulation variance.

¹ Thesis autor
² Director
³ Tutor

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN GENERAL.....	v
GENERAL ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. HETEROSIS INTERVARIETAL EN JITOMATE (<i>Lycopersicon</i> <i>esculentum</i> Mill.) 'SALADETE' INDETERMINADO.....	4
2.1. RESUMEN.....	4
2.2. ABSTRACT.....	6
2.3. INTRODUCCIÓN.....	7
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.4.1. FORMACIÓN DEL DIALÉLICO.....	10
2.4.2. EVALUACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO.....	10
2.4.3. ANÁLISIS DEL DIALÉLICO.....	11
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
2.5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA.....	14
2.5.2. COMPARACIÓN DE MEDIAS.....	15
2.5.3. ANÁLISIS DE PROGENITORES.....	18
2.5.4. ANÁLISIS DE LAS CRUZAS.....	20
2.5.5. CORRELACIONES LINEALES ENTRE CARACTERES.....	30
2.6. CONCLUSIONES.....	32
2.7. LITERATURA CITADA.....	33
3. POTENCIAL DE GENERACIONES F ₂ DE HÍBRIDOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) TIPO 'SALADETE'.....	36
3.1. RESUMEN.....	36
3.2. ABSTRACT.....	38
3.3. INTRODUCCIÓN.....	39
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.4.1. EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS Y F ₂	43
3.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	43
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA.....	45
3.5.2. COMPARACIÓN DE MEDIAS.....	45
3.5.3. COMPARACIÓN DE VARIANZAS.....	48
3.6. CONCLUSIONES.....	52
3.7. LITERATURA CITADA.....	53
4. DISCUSIÓN GENERAL.....	56
5. CONCLUSIONES GENERALES.....	61
6. LITERATURA GENERAL CITADA.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
2.1.	Híbridos de jitomate usados como progenitores para su evaluación según el diseño dialélico I de Griffing (1956).....	10
2.2.	Cuadrados medios [método I de Griffing (1956)] de seis caracteres de jitomate.....	14
2.3.	Comparación de medias de nueve progenitores de jitomate 'saladete' cultivado a ocho racimos.....	16
2.4.	Mejor Predictor Lineal e Insesgado de efectos de Aptitud combinatoria general (ACG) [Mastache y Martínez, 2003] de seis caracteres en nueve progenitores de jitomate 'saladete' cultivado a ocho racimos.....	19
2.5.	Heterosis varietal y heterosis media (HM) de seis caracteres en nueve progenitores de jitomate 'saladete' cultivado a ocho racimos.....	20
2.6.	Aptitud combinatoria específica (ACE) para seis caracteres de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas ($P_i \times P_j$) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.....	21
2.7.	Heterosis y heterosis porcentual respecto al progenitor medio de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas ($P_i \times P_j$) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.....	23
2.8.	Heterosis y heterosis porcentual respecto al mejor progenitor de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas ($P_i \times P_j$) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.....	26
2.9.	Heterosis específica (HE) de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas ($P_i \times P_j$) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.....	29
2.10.	Correlaciones lineales de seis caracteres en nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.....	31

3.1.	Híbridos de jitomate tipo 'saladete' de hábito indeterminado y con larga vida de anaquel usados en el estudio.....	42
3.2.	Cuadrados medios de seis caracteres de jitomate tipo 'saladete' cultivado a ocho racimos evaluados en nueve híbridos y en sus respectivas F_2	45
3.3.	Comparación de la media de la generación F_1 con la de su F_2 y el porcentaje de reducción (R), en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.....	46
3.4.	Comparación de la media de la generación F_1 con la de su F_2 y el porcentaje de reducción (R), en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.....	48
3.5.	Comparación de la varianza de la F_1 con la de la F_2 mediante una prueba de F en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.....	49
3.6.	Comparación de varianzas entre la F_1 y la F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Frecuencias del promedio de vida de anaquel (a) y altura de planta (b) de nueve progenitores de jitomate.....	16
2.	Frecuencias del promedio de número de frutos (c) y número de frutos por racimo (d) de nueve progenitores de jitomate.....	17
3.	Frecuencias del peso promedio de frutos (e) y rendimiento total (f) de nueve progenitores de jitomate.....	17

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una hortaliza de gran importancia mundial y alto valor comercial, su comercio genera enorme cantidad de divisas para los exportadores. México ocupa el segundo lugar como exportador y el décimo lugar como productor. Se estima que el área en que se cultiva jitomate bajo invernadero en México es de 5,000 ha y el 80 % de la producción se destina al consumo interno, principalmente del tipo saladete (Castellanos y Muñoz, 2003).

De las variedades para invernadero, se prefiere las de crecimiento indeterminado porque tienen un periodo de producción más largo; aunque en sistemas intensivos en donde se maneja de uno a tres racimos por planta, los ciclos cortos son más convenientes (Pérez y Castro, 1999; Tigchelaar, 1986).

Los sistemas de producción de jitomate en invernadero requieren de grandes inversiones, uno de los insumos de mayor costo es la semilla generalmente híbrida que por ser obtenida mediante la cruce entre dos líneas homocigóticas presenta segregación en la F_2 . Sin embargo, en la medida en que se identifique híbridos de cruce doble con rendimiento, calidad de fruto y resistencia a enfermedades similares a las de los híbridos de cruce simple, que son los que se comercializan, se contribuiría sustancialmente a disminuir los costos de

producción por concepto de semilla para sistemas de baja inversión de jitomate bajo invernadero.

En general, en los sistemas de producción de alto rendimiento de cultivos basados en el uso de híbridos, tanto de especies autógamas como de alógamas, se presenta el problema del alto costo de la semilla, particularmente la de cruza simple. En el caso del maíz (*Zea mays* L.). para evitar el alto costo de los híbridos, los agricultores de bajos recursos en ocasiones siembran su semilla F_2 o la de sus generaciones más avanzadas (Valdivia y Vidal, 1995; Sahagún y Villanueva, 1997, 2003).

Sin embargo, la segregación de la segunda generación (F_2) de los híbridos provoca una considerable reducción del rendimiento y de algunas características de calidad por el abatimiento del grado de heterocigosis (Poehlman y Allen, 2003). Sin embargo, investigaciones en jitomate indican que esto no se cumple del todo (De Vicente y Tanksley, 1993), posiblemente por tratarse de una especie autógama, en la F_2 se ha encontrado frutos con la misma apariencia que la de los del híbrido y con rendimiento superior (Mohamed, 1998) y aún con resistencia a ciertas enfermedades (Foolad *et al.*, 2002). Martínez *et al.* (2005) estudiaron el comportamiento de 37 híbridos comerciales de jitomate y sus generaciones F_2 y encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo en seis híbridos tipo bola, los cuales abatieron su producción de fruto en al menos 20 %. Esto explica en cierta

manera porque algunos agricultores usan la segunda generación filial, argumentando que ésta tiene un rendimiento similar al del híbrido original.

Con base en lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron estimar los efectos de aptitud combinatoria y los diferentes tipos de heterosis entre nueve híbridos comerciales de jitomate tipo 'saladete' de crecimiento indeterminado y comparar el comportamiento de la vida de anaquel, de la altura de planta y de cuatro componentes del rendimiento de los mismos híbridos con el de sus respectivas F_2 .

La tesis incluye dos capítulos, cada uno presentado en forma de artículo científico. Al final se hace una discusión y conclusiones generales en donde se destacan los resultados más relevantes de los dos trabajos.

2. HETEROSIS INTERVARIETAL EN JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*

Mill.) 'SALADETE' INDETERMINADO

V. Mendoza-de Jesús^{1¶}; J. Sahagún- Castellanos²; J. E. Rodríguez-Pérez²;
J. P. Legaria-Solano²; A. Peña-Lomelí²; M. Pérez-Grajales².

¹Egresado del Doctorado en Ciencias en Horticultura.
vicentemdj@hotmail.com. (¶Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo,
México. C. P. 56230.

2.1. RESUMEN

Se realizó un experimento bajo invernadero e hidroponia con el objeto de estudiar el potencial genotécnico de híbridos de jitomate 'saladete' indeterminado en la formación de variedades de este cultivo. Se realizaron cruzas según el diseño I de Griffing. Éstas se evaluaron en un diseño de bloques al azar completo con cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que 'Marcia' fue el progenitor con mayor vida de anaquel con un efecto de 1.03 días en Aptitud Combinatoria General (ACG) y de 0.44 días en Heterosis Varietal (HV). En altura de planta, 'Don Raúl' tuvo -6.19 cm en HV y su cruce con '7705' produjo -6 % de Heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp}). En número de frutos, las cruces de 'Barbarian' con 'Don Raúl', '7705' y 'Charanda' mostraron 15 % de H_{mp} , 32 % de Heterosis respecto al progenitor medio (H_p) y 60.11 frutos por parcela de ocho plantas en Heterosis Específica (HE), respectivamente. En relación a peso promedio de fruto, 'Sahel' mostró 4.47 g por parcela de ocho plantas en ACG y su cruce con '7705' presentó 32 % H_{mp} y 12.25 g por parcela de ocho plantas en HE. En rendimiento total 'Don Raúl'

presentó 3.97 kg por parcela de ocho plantas en ACG y su cruza con 'Loreto' tuvo 18 % de H_p . No se encontró efectos maternos ni efectos recíprocos en ninguno de los caracteres evaluados.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: dialelo, rendimiento, ACG, ACE.

**INTERVARIETAL HETEROSIS FROM 'SALADETE' INDETERMINATE
HYBRID TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

2.2. ABSTRACT

An experiment was carried out under greenhouse conditions and hydroponics in order to study the potential of tomato hybrids for development of varieties of this species. Crosses were made according to Griffing's design I. These crosses were evaluated in a randomized complete block design with four replications. The results showed that 'Marcia' was the best parent for life shelf; it showed a General Combining Ability (GCA) effect of 1.03 days and its Varietal Heterosis (VH) was 0.44. In plant height, 'Don Raul's' VH was -6.9 cm and when crossed with '7705' showed a -6 % of Heterosis over the best parent (H_{bp}). In fruit number, crosses of 'Barbarian' with 'Don Raúl', '7705', and 'Charanda' showed 15 % of H_{bp} , 32 % of Heterosis over the mean parent (H_{mp}), and 60.11 fruits per experimental unit of eight plants of Specific Heterosis (SH), respectively. Relative to average fruit weight, 'Sahel' showed a 4.47 g per experimental unit of eight plants in GCA effect and when crossed with '7705' gave 32 % in H_{bp} and 12.25 g per experimental unit of eight plants in SH. 'Don Raúl's' total yield GCA effect was 3.97 kg per experimental unit of eight plants, and its cross with 'Loreto' showed 18 % in H_{mp} . Neither maternal nor reciprocal effects were found for the studied characters.

ADDITIONAL KEY WORDS: diallel, yield, GCA, SCA.

2.3. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, debido al incremento en su consumo. La producción también se ha incrementado, particularmente la que se obtiene bajo invernadero, que es un jitomate de alta calidad, mejor sabor y mayor rendimiento en relación a lo cosechado en campo (DeGiglio, 2003).

De las variedades para invernadero, se prefiere las de crecimiento indeterminado porque tienen un periodo de producción más largo; aunque en sistemas intensivos en donde se maneja de uno a tres racimos por planta, los ciclos cortos son más convenientes (Pérez y Castro, 1999; Tigchelaar, 1986).

Un sistema de producción de jitomate en invernadero requiere una fuerte inversión, en donde uno de los insumos de mayor costo es la semilla híbrida que por ser obtenida mediante la cruce entre dos líneas homocigóticas, segrega en la F_2 , y puede reducir el rendimiento entre 20 y 30 %. Sin embargo, en la medida en que se identifique híbridos de cruce doble con características similares (en cuanto a rendimiento, calidad de fruto y resistencia a enfermedades) a las de los híbridos de cruce simple, que son los que se comercializan, se contribuiría sustancialmente a disminuir los costos de producción por concepto de semilla para los pequeños y medianos productores

de jitomate bajo invernadero. La identificación de estas cruzas se puede facilitar con el conocimiento del origen de los materiales empleados.

La meta última en el mejoramiento genético es la formación de cultivares mejorados para uno o más caracteres. En el proceso de mejoramiento genético, un factor de gran importancia es la selección de progenitores que posean los atributos deseables. Seguramente, ésta es la fase más importante de un programa de mejoramiento genético. En particular, la selección de los progenitores y la combinación de éstos en cruzas híbridas afecta la calidad y productividad de la progenie. Los progenitores generalmente son obtenidos de ciclos avanzados de selección, son reconocidas líneas comerciales o también pueden ser cultivares (Balzarini, 2002). En este contexto, la selección del complejo de genes a partir del cual se inicie un programa es crucial en el logro de los objetivos planteados.

Una manera de generar información relativa al desempeño del cruzamiento de progenitores es mediante los dialélicos (Griffing, 1956). La progenie de las cruzas ofrece información sobre los progenitores, cuyo análisis conduce a la estimación de aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE), efectos maternos (EM) y efectos recíprocos (ER), según el método de Griffing empleado. Esta información permite la interpretación en términos de parámetros genéticos del valor genotécnico de los progenitores estudiados. En caso de un modelo de efectos aleatorios se estima las varianzas de los efectos de ACG y ACE, que a su vez facultan la estimación de

las varianzas aditiva y de dominancia (Martínez, 1988), cuyo análisis conduce a la definición de la estrategia que mejor explote el potencial genético del material sujeto a mejoramiento.

Las cruzas dialélicas se usan también para el estudio de la heterosis. Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967) propusieron un modelo que considera los efectos de cada progenitor y los efectos de la heterosis por separado. A su vez, clasificaron los efectos de la heterosis en tres tipos: a) la heterosis media (diferencia entre el promedio de cruzas menos el de sus progenitores); b) la heterosis varietal (heterosis promedio con que contribuye un progenitor en las cruzas en que participa), y c) la heterosis específica de cada combinación particular de progenitores.

El objetivo de esta investigación fue estimar los efectos de aptitud combinatoria y los diferentes tipos de heterosis entre nueve híbridos comerciales de jitomate tipo 'saladete' de crecimiento indeterminado con el fin de investigar su potencial como materia prima para el desarrollo de nuevas variedades.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Formación del dialélico

Se usó nueve híbridos comerciales de jitomate tipo 'saladete' de hábito indeterminado con larga vida de anaquel (Cuadro 2.1). Para realizar los cruzamientos posibles entre ellos se tomó como base el diseño I de Griffing (1956). Cuando los frutos producto de la cruce alcanzaron la madurez comercial, se extrajo la semilla en forma manual, ésta se fermentó junto con la pulpa durante tres días. Posteriormente se lavó con agua para limpiar el mucilago y secar a temperatura ambiente.

Cuadro 2.1. Híbridos de jitomate usados como progenitores para su evaluación según el diseño dialélico I de Griffing (1956).

Clave	Progenitor	Compañía semillera
1	'Loreto'	Seminis Vegetable Seeds
2	'Reconquista'	Western Seeds
3	'7705'	Nunhems
4	'Barbarian'	Harris Moran
5	'Sahel'	Syngenta Seeds
6	'Charanda'	Vilmorin
7	'Llanero'	De Ruiters Seeds
8	'Marcia'	Hazera Genetics
9	'Don Raúl'	De Ruiters Seeds

2.4.2. Evaluación del material genético

La evaluación de los 81 materiales (cruzas y sus progenitores) se realizó de abril a diciembre de 2005 en un invernadero semiautomatizado en el campo

agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. El jitomate se condujo a ocho racimos, de acuerdo con las recomendaciones de Pérez y Castro (1999). La unidad experimental consistió de ocho plantas y el diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Los caracteres evaluados en la unidad experimental fueron:

- Vida de anaquel. Se colocó frutos en estado de madurez comercial en cajas a temperatura ambiente. Se contabilizó el número de días transcurridos para que dichos frutos perdieran la consistencia turgente y consecuentemente su valor comercial.
- Altura de planta (cm). Desde la base del tallo hasta tres hojas arriba del octavo racimo.
- Número de frutos por parcela producidos durante todo el ciclo.
- Número de frutos por racimo.
- Peso promedio de fruto [peso total (g) entre el número de frutos].
- Rendimiento total por parcela (kg). Se determinó como la suma de los rendimientos registrados durante el periodo de producción.

2.4.3. Análisis del dialélico

Para determinar la significancia de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE), efectos maternos (EM) y efectos recíprocos (ER), se realizó el análisis de varianza con el modelo fijo correspondiente al diseño I de Griffing (1956), mediante el programa desarrollado en el módulo IML de SAS (Mastache y Martínez, 2003), que

también se usó para estimar los efectos de ACG, ACE, EM y ER, bajo el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + g_i + g_j + m_i + m_j + s_{ij} + r_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta de la cruce entre los progenitores i -ésimo y j -ésimo en la repetición k -ésima;

μ = Efecto general común a todas las observaciones;

β_k = Efecto del k -ésimo bloque;

g_i = Efecto de ACG del i -ésimo progenitor;

m_i = Efecto materno del i -ésimo progenitor;

s_{ij} = Efecto de ACE de la cruce entre los progenitores i -ésimo y j -ésimo

($s_{ij} = -s_{ji}$);

r_{ij} = Efecto recíproco de la cruce entre los progenitores i -ésimo y j -ésimo

($r_{ij} = -r_{ji}$); y

e_{ijk} = Error asociado a Y_{ijk} .

Se realizó la comparación de medias de cruces y progenitores (Tukey, $P = 0.05$). Además, se efectuaron contrastes entre cada una de las cruces *versus* el progenitor medio y *versus* el mejor progenitor para determinar la significancia estadística de la heterosis.

Para el estudio de la heterosis se usó el modelo de Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967), que considera:

$$Y_{ij} = \bar{Y}_v + \left[\frac{(V_i + V_j)}{2} \right] + \theta h_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Media de un progenitor cuando $i = j$ y de una cruce cuando $i \neq j$;

\bar{Y}_v = Media de todos los progenitores; V_i = Efecto del i -ésimo progenitor

$\sum_{i=1}^n V_i = 0$; θ = Coeficiente, $\theta = 0$ si $i = j$ y $\theta = 1$ si $i \neq j$; y h_{ij} = Efecto de

heterosis de la cruce entre los progenitores i y j .

Además, si Y_i y Y_j son la media del progenitor i y j , respectivamente, \bar{Y}_v es la media de los progenitores, el efecto del i -ésimo progenitor (V_i) es: $V_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}_v$,

$$h_{ij} = Y_{ij} - \left[\frac{(Y_i + Y_j)}{2} \right]$$

Ahora bien, si \bar{h} es la heterosis media, h_i y h_j son las heterosis varietales de los progenitores i y j , respectivamente, s_{ij} es la heterosis específica entre los progenitores i y j , \bar{Y}_H es la media de todas las cruces evaluadas y \bar{Y}_v es la media de todos los progenitores, entonces;

$$h_{ij} = \bar{h} + h_i + h_j + s_{ij},$$

$$\bar{h} = \bar{Y}_H - \bar{Y}_v,$$

$$h_i = \left[\frac{n-1}{n-2} \right] (\bar{Y}_i - \bar{Y}_H) - \left[\frac{(Y_i + \bar{Y}_v)}{2} \right]$$

$$s_{ij} = h_{ij} - \bar{h} - h_i - h_j.$$

Finalmente, se estimó la correlación lineal entre las variables estudiadas.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Análisis de varianza

Excepto para vida de anaquel, para todas las variables evaluadas, el cuadrado medio de cruzas fue estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2.2).

Se encontró efectos de aptitud combinatoria general (ACG) estadísticamente significativos ($\alpha \leq 0.05$) en todos los caracteres estudiados, esto sugiere que hay variabilidad entre los efectos aditivos de los progenitores.

Sólo los caracteres vida de anaquel y altura de planta no mostraron efectos de dominancia ya que su ACE no fue estadísticamente significativa ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 2.2. Cuadrados medios [método I de Griffing (1956)] de seis caracteres de jitomate.

Fuente de Variación	GL	VA	AP	NF	NFR	PPF	RT
Repeticiones	3	66.91**	554.75	60049.73**	15.82**	421.82**	919.30**
Cruzas	80	9.26	558.52**	6916.46**	1.79**	118.67**	89.17**
ACG	8	25.72**	1875.44**	27002.50**	7.51**	458.69**	304.62**
ACE	36	8.98	386.72	5744.67**	1.40**	93.52*	82.79**
EM	8	4.25	512.22	4043.08	1.28	59.23	56.05
ER	28	6.35	416.36	3505.15	0.82	70.90	45.26
Error	240	7.86	345.65	2992.95	0.83	61.67	37.43
Total	323						
Media		15.07	193.89	309.51	4.83	101.87	31.66
CV (%)		18.60	9.59	17.68	18.79	7.70	19.32

GL: Grados de libertad; ACG: Aptitud combinatoria general; ACE: Aptitud combinatoria específica; EM: Efectos maternos; ER: Efectos recíprocos; *Significancia a una $P \leq 0.05$; **Significancia a una $P \leq 0.01$; CV: Coeficiente de variación; VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total.

No se encontró significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$) para efectos maternos (EM) y efectos recíprocos (ER). Situación similar a la encontrada en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en número y rendimiento de fruto por planta, y peso promedio de fruto (Peña *et al.* 1998).

2.5.2. Comparación de medias

Entre los progenitores no se detectó diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) en vida de anaquel (Cuadro 2.3). La variedad de mayor altura fue 'Barbarian', misma que superó estadísticamente a 'Loreto', 'Charanda' y 'Llanero'. En número de frutos por parcela y por racimo, 'Don Raúl' superó estadísticamente a cinco progenitores ('Marcia', 'Llanero', 'Sahel', '7705' y 'Reconquista') y el progenitor con la menor expresión de estos dos caracteres fue 'Llanero'. 'Sahel' y 'Marcia' produjeron los frutos más pesados, aunque sólo superaron a los de 'Reconquista' y 'Llanero' ($\alpha \leq 0.05$). Por último, en rendimiento total el mejor progenitor fue 'Don Raúl', sin embargo, sólo superó a 'Loreto', 'Reconquista', '7705' y 'Llanero' ($\alpha \leq 0.05$).

Por lo que se refiere a las 72 cruzas, directas y recíprocas, no se encontró diferencias significativas (Tukey $\alpha \leq 0.05$) en vida de anaquel. En los otros caracteres la mayoría de las cruzas se concentraron en el primer grupo estadístico, razón por la cual se decidió graficar las frecuencias de clase.

Cuadro 2.3. Comparación de medias de nueve progenitores de jitomate 'saladete' cultivado a ocho racimos.

Progenitor	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
'Loreto'	15.28 a ²	188.42 b	313.58 abcd	4.89 abc	100.69 ab	31.69 b
'Reconquista'	14.72 a	190.97 ab	305.19 bcd	4.81 bcd	98.75 b	30.57 bc
'7705'	15.64 a	198.06 ab	283.69 cd	4.39 cd	102.47 ab	29.30 bc
'Barbarian'	14.47 a	203.19 a	332.19 ab	5.22 ab	100.58 ab	33.42 ab
'Sahel'	14.78 a	196.03 ab	309.31 bcd	4.83 bcd	106.58 a	33.07 ab
'Charanda'	15.08 a	187.78 b	314.11 abc	4.92 abc	101.75 ab	31.91 ab
'Llanero'	14.67 a	187.16 b	270.97 d	4.17 d	97.58 b	26.66 c
'Marcia'	15.83 a	198.83 ab	303.00 bcd	4.72 bcd	105.14 a	31.75 ab
'Don Raúl'	15.19 a	194.53 ab	353.50 a	5.56 a	103.31 ab	36.58 a
DMSH	2.08	14.08	42.77	0.70	6.08	4.88

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. ²Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

La vida de anaquel promedio de la mayoría de las cruzas fue de 14.63 a 17.34 días con valor comercial (Fig. 1a). Con respecto a altura de planta, la mayor parte de las cruzas se concentraron en el intervalo de 184.06 a 205.63 cm (Fig. 1b).

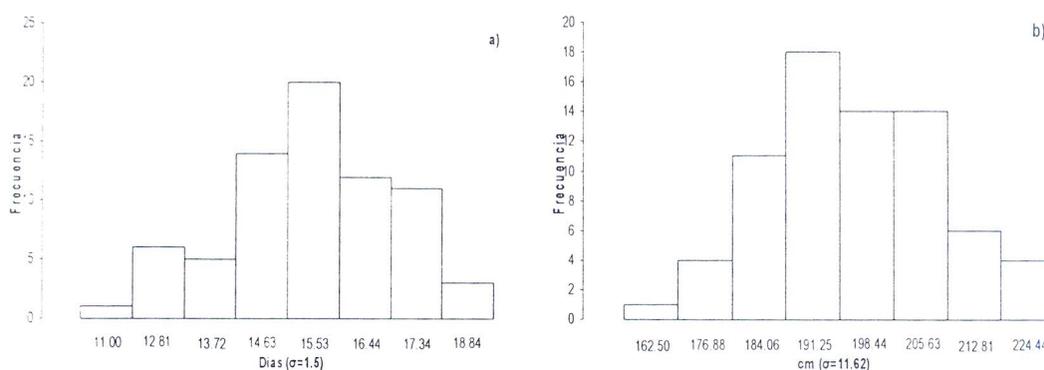


Fig. 1. Frecuencias del promedio de vida de anaquel (a) y altura de planta (b) de nueve progenitores de jitomate.

En relación con el número de frutos, las cruzas, en su mayoría estuvieron en el intervalo de 293.91 a 338.84 frutos por parcela (Fig. 1c). La mayoría de las cruzas tuvieron de 4.88 a 5.28 frutos por racimo (Fig. 1d).

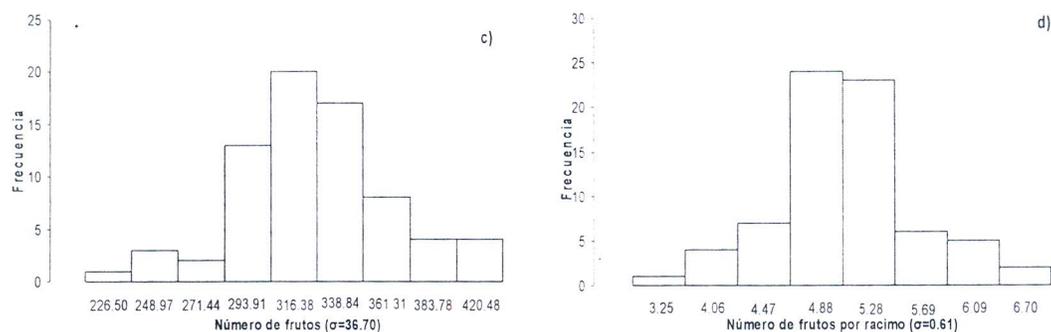


Fig. 2. Frecuencias del promedio de número de frutos (c) y número de frutos por racimo (d) de nueve progenitores de jitomate.

En el carácter peso promedio de fruto, el intervalo de 98.31 a 105.13 g fue el que agrupó a la mayor parte de las cruzas (Fig. 1e). Y finalmente para el rendimiento las clases en donde se concentró la mayor parte de las cruzas fue las de 30.09 a 38.26 kg por parcela de ocho plantas (Fig. 1f).

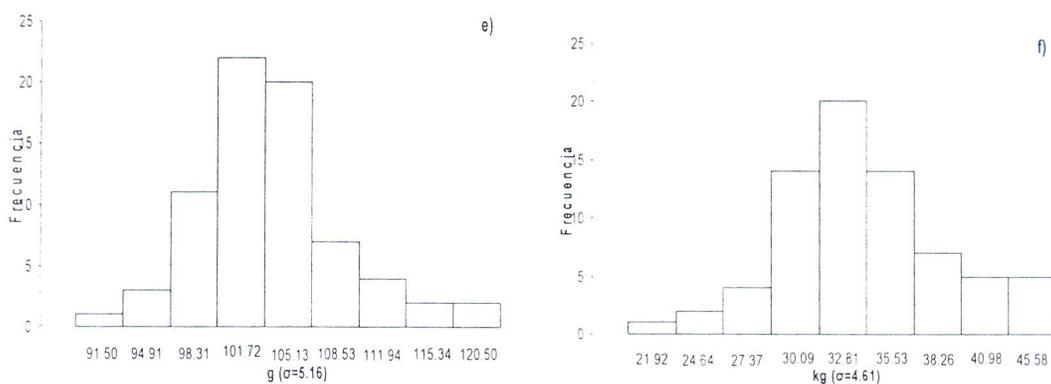


Fig. 3. Frecuencias del peso promedio de frutos (e) y rendimiento total (f) de nueve progenitores de jitomate.

2.5.3. Análisis de progenitores

En lo que se refiere a ACG (Cuadro 2.4), el mejor progenitor para vida de anaquel (VA) fue 'Marcia' con un efecto positivo de 1.03 días y el peor fue 'Barbarian' con -0.82 días. En el carácter altura de planta (AP) los progenitores sobresalientes fueron 'Loreto' y 'Llanero' con valores de -6.36 y -6.31 cm, respectivamente, y 'Barbarian' tuvo un efecto positivo de 7.69 cm. Los progenitores que tuvieron el mayor efecto en número de frutos (NF) fueron 'Don Raúl' (37.57 frutos) y 'Barbarian' (20.10 frutos) y el que produjo el menor efecto fue 'Llanero' (-21.24 frutos). El efecto de ACG más alto para número de frutos por racimo (NFR) fue el de 'Don Raúl' (0.66 frutos) y el más bajo (-0.35 frutos) correspondió a 'Llanero'. Con respecto a peso promedio de fruto (PPF) el efecto de mayor magnitud le correspondió a 'Sahel' (4.47 g) y el menor a 'Llanero' (-2.64 g). El mayor efecto de ACG para rendimiento total lo mostró 'Don Raúl' (3.97 kg) y el menor valor fue para 'Llanero' (-2.78 kg). El hecho de haber encontrado efectos positivos en ACG puede deberse a que los genotipos incluidos en el estudio provienen de compañía semillera diferente y por tal razón se espera que posean divergencia genética, tal como se ha observado en otras especies (Moll *et al.*, 1965; Falconer y Mackay, 2006). Si se toma como referencia la ACG de los progenitores (Sprague y Tatum, 1942; Moll *et al.*, 1965), respecto a número de frutos y rendimiento total, los mejores híbridos para un programa de selección recíproca recurrente para derivar líneas con el fin de obtener híbridos son 'Barbarian' y 'Don Raúl'.

Cuadro 2.4. Mejor Predictor Lineal e Insegado de efectos de Aptitud combinatoria general (ACG) [Mastache y Martínez, 2003] de seis caracteres en nueve progenitores de jitomate 'saladete' cultivado a ocho racimos.

Progenitor	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
'Loreto'	0.11 b	-6.36 bc	8.06 bc	0.10 b	-1.10 b	0.43 bc
'Reconquista'	-0.17 bc	1.36 ab	-13.27 b	-0.16 b	-2.56 bc	-1.84 bc
'7705'	0.82 ab	1.94 ab	-21.17 d	-0.34 bcd	0.69 b	-1.22 bc
'Barbarian'	-0.82 bc	7.69 a	20.10 bc	0.36 bc	-1.07 b	1.56 ab
'Sahel'	0.08 b	1.73 ab	-3.35 b	-0.08 bcd	4.47 a	0.92 bc
'Charanda'	-0.20 bc	-4.43 bc	5.91 b	0.07 b	-0.81 b	0.24 bc
'Llanero'	-0.58 c	-6.31 c	-21.24 d	-0.35 d	-2.64 c	-2.78 d
'Marcia'	1.03 a	6.15 a	-12.61 b	-0.21 b	3.85 a	-0.28 bc
'Don Raúl'	-0.26 bc	-1.76 b	37.57 a	0.66 a	0.55 b	3.97 a

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total.

En lo que concierne a heterosis varietal, el progenitor con mayor valor heterótico en vida de anaquel fue 'Barbarian' (0.96 días) (Cuadro 2.5). En altura de planta 'Don Raúl' presentó la heterosis negativa más baja (-6.19 cm). El progenitor que mostró HV alta en número de frutos y NFR fue 'Reconquista' con valores de 42.44 y 0.68 frutos, respectivamente. Respecto a peso promedio de fruto, '7705' mostró el mayor efecto de heterosis con 1.89 g. Por último, 'Reconquista' presentó el valor más alto en HV para rendimiento total. Con base en lo anterior, para un programa de selección recíproca recurrente, en donde se explota tanto los efectos aditivos como los no aditivos, los mejores progenitores para peso de fruto y rendimiento total, serían 'Reconquista' y '7705', que son los que muestran mayor efecto varietal (Gardner y Eberhart, 1966).

Cuadro 2.5. Heterosis varietal y heterosis media (HM) de seis caracteres en nueve progenitores de jitomate 'saladete' cultivado a ocho racimos.

Progenitor	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
'Loreto'	-1.10	1.66	-22.94	-0.34	1.00	-1.85
'Reconquista'	-1.29	-3.75	42.44	0.68	1.73	4.48
'7705'	0.33	7.59	13.72	0.09	1.89	1.80
'Barbarian'	0.96	2.06	-11.65	-0.21	-0.64	-1.27
'Sahel'	0.17	0.81	17.61	0.27	-0.41	1.97
'Charanda'	0.14	-0.71	-25.56	-0.21	-1.30	-2.93
'Llanero'	0.78	3.36	-13.51	-0.27	1.13	-1.60
'Marcia'	0.44	-4.84	7.76	0.09	-1.59	0.71
'Don Raúl'	-0.43	-6.19	-7.88	-0.09	-1.82	-0.31
HM	-0.04	-5.78	39.73	0.59	4.14	5.16

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total

2.5.4. Análisis de las cruzas

Los valores más altos de ACE para vida de anaquel correspondieron a las cruzas 'Loreto' x 'Barbarian' (1x4) y 'Barbarian' x 'Llanero' (4x7) (Cuadro 2.6). En AP las cruzas '7705' x 'Marcia' (3x8) y 'Barbarian' x 'Sahel' (4x5) mostraron los valores más bajos. En lo que se refiere a NF los valores más altos en ACE lo presentaron las cruzas 2x7 y 3x7 que tienen en común a 'Llanero'. En NFR la magnitud mayor en ACE lo mostraron las cruzas 3x5 y 3x7 que tienen en común al progenitor '7705'. En cuanto a PPF la mayor ACE fue en las cruzas 'Reconquista' x 'Charanda' (2x6) y 'Llanero' x 'Don Raúl' (7x9). Y finalmente, en rendimiento total (RT) la mayor ACE correspondió a las cruzas 3x5 y 3x7 en donde el progenitor común fue '7705'. Con base en esto los progenitores '7705' y 'Sahel' son la mejor opción para formar líneas en un programa de mejoramiento genético por hibridación en donde se persiga incrementar número de frutos y rendimiento total.

Cuadro 2.6. Aptitud combinatoria específica (ACE) para seis caracteres de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas (Pi x Pj) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.

Pi	Pj	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
1	1	1.72	2.59	-2.12	-0.03	-5.16	-1.95
1	2	-0.19	7.99	5.41	-0.09	3.46	1.10
1	3	-1.43	10.59	25.09	0.39	5.97	4.24
1	4	2.61	-4.04	-15.57	-0.16	4.86	0.23
1	5	-0.81	-0.25	-3.17	0.13	-4.99	-1.66
1	6	-1.38	16.46	-13.44	-0.16	2.96	-0.27
1	7	-1.37	16.46	5.49	0.17	1.23	0.66
1	8	-1.47	-9.97	-9.66	-0.23	-3.62	-1.51
1	9	1.49	4.87	-59.65	-0.84	3.35	-4.95
2	2	2.02	10.89	-96.72	-1.52	-6.25	-10.99
2	3	-2.63	-13.61	32.12	0.53	3.01	4.05
2	4	1.78	-4.49	4.08	-0.03	3.40	0.93
2	5	-0.89	-1.95	56.74	0.77	-0.07	5.49
2	6	0.67	3.51	5.96	0.22	6.87	2.42
2	7	0.93	4.14	69.52	0.93	2.65	7.43
2	8	-0.67	-7.66	44.87	0.78	1.42	4.99
2	9	0.04	-8.71	-8.37	-0.21	4.02	0.09
3	3	-0.47	-6.51	-55.17	-0.66	-6.49	-7.16
3	4	1.17	-7.51	-46.99	-0.91	0.91	-4.27
3	5	-1.13	6.28	55.78	1.00	5.94	7.55
3	6	0.43	-1.39	51.51	0.84	1.76	5.48
3	7	0.94	11.11	69.07	1.04	4.16	7.73
3	8	-1.41	-19.44	51.80	0.77	-4.07	4.03
3	9	-1.20	7.65	-28.32	-0.60	-5.72	-5.07
4	4	-1.43	1.99	-18.45	-0.21	-2.73	-2.78
4	5	1.16	-19.60	-12.38	-0.18	-7.43	-3.11
4	6	-0.66	0.23	-0.15	0.16	1.77	0.69
4	7	2.36	5.23	-12.96	-0.27	6.29	0.54
4	8	-1.00	-9.07	3.89	0.09	1.07	1.28
4	9	-0.15	-16.36	-47.85	-0.78	-0.84	-5.21
5	5	-0.23	3.90	-60.80	-0.92	-3.07	-7.40
5	6	0.55	-6.60	-57.62	-0.80	-3.45	-6.66
5	7	1.56	-0.35	22.19	0.40	-0.80	1.79
5	8	-1.17	4.10	45.16	0.63	-9.78	2.07
5	9	0.42	2.43	-13.83	-0.36	-7.81	-3.37
6	6	-0.17	6.23	1.67	-0.21	-1.75	-0.41
6	7	1.87	5.73	-4.71	0.11	1.40	-0.14
6	8	-0.74	-4.20	10.77	0.09	-3.45	0.59
6	9	0.85	11.01	-47.85	-0.78	-0.86	-5.08

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'.

Continúa...

Continuación de Cuadro 2.6.

Pi	Pj	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
7	7	-1.16	-0.02	-15.77	-0.14	-5.35	-2.31
7	8	-0.35	-1.94	19.07	0.41	-1.43	0.86
7	9	-0.63	4.14	-9.79	-0.32	10.67	2.02
8	8	-0.64	12.56	-46.54	-0.66	-1.33	-5.61
8	9	0.26	-7.91	-27.31	-0.35	-6.31	-4.33
9	9	0.70	14.64	-23.91	-0.40	-0.98	-2.71

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'.

No se detectó significancia en efectos maternos, ni en efectos recíprocos en los caracteres evaluados. De manera similar Lapushner y Frankel (1981) al estudiar cruza dialélicas en jitomate no detectaron efectos recíprocos en altura de planta, número de flores por racimo, firmeza de fruto y peso de fruto. Lo anterior sugiere que se puede usar un diseño dialélico que incluya sólo las cruza directas para obtener estimadores aceptables de los parámetros genéticos en los seis caracteres analizados en el presente estudio.

La heterosis con respecto al progenitor medio ($H\bar{p}$) (Cuadro 2.7) para vida de anaquel (VA) y altura de planta (AP) no fue estadísticamente significativa ($\alpha \leq 0.05$). Esto, aunado a que en la mayoría de las cruza se encontró heterosis negativa, sugiere que los efectos de ACG son más explotables que los de ACE, lo cual indica que la aditividad es el tipo de acción génica positiva predominante en la expresión de dichos caracteres. En número de frutos (NF) se encontró significancia ($\alpha \leq 0.05$) en la cruza 'Don Raúl' x 'Barbarian' (9x4) (15% de $H\bar{p}$). En número de frutos por racimo (NFR) también se detectó tal significancia en las cruza 4x6 (20% $H\bar{p}$) y 9x4 (15% $H\bar{p}$) cuyo progenitor común fue 'Barbarian'. Para peso promedio de fruto (PPF) se manifestó

significancia en la heterosis con respecto al progenitor medio de las cruzas '7705' x 'Sahel' (3x5) (15% H \bar{p}) y 'Don Raúl' x 'Llanero' (9x7) (19% H \bar{p}); como también la hubo en rendimiento total (RT) en las cruzas 9x1 (18% H \bar{p}) y 9x7 (25% H \bar{p}) en las que el progenitor común fue 'Don Raúl'. Si los efectos de heterosis fueran importantes, las cruzas deberían de superar a los progenitores. Sin embargo, la mayoría de las cruzas mostraron valores intermedios entre sus respectivas líneas parentales y varias mostraron heterosis negativa, excepto la crusa 'Don Raúl' x 'Llanero' (9x7) que presentó efectos positivos estadísticamente significativos ($\alpha \leq 0.05$) tanto en peso promedio de fruto como en rendimiento total.

Cuadro 2.7. Heterosis y heterosis porcentual respecto al progenitor medio de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas (Pi x Pj) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.

Pi	Pj	VA		AP		NF		NFR		PPF		RT	
		(días)	%	(cm)	%		%		%	(g)	%	(kg)	%
1	2	-2.13	-14	11.88	6	70.88	22	1.00	20	5.25	5	8.16	26
1	3	-0.38	-2	7.50	4	42.50	14	0.50	11	10.50	10	7.32	22
1	4	1.75	11	-3.75	-2	-11.38	-4	-0.13	-3	9.00	9	2.01	6
1	5	-0.75	-5	-13.75	-8	40.75	13	0.63	13	2.63	3	5.38	16
1	6	-2.00	-15	-7.50	-4	-19.25	-6	-0.13	-3	4.75	5	-0.14	0
1	7	-2.88	-24	5.00	3	56.38	16	0.75	14	3.88	4	6.14	18
1	8	-1.75	-12	-15.50	-8	-2.63	-1	-0.13	-3	0.13	0	0.59	2
1	9	1.13	7	-10.63	-6	-44.63	-15	-0.38	-8	3.00	3	-3.71	-12
2	1	-2.13	-14	-19.38	-11	28.38	10	0.25	6	5.75	6	4.14	15
2	3	-2.00	-14	-21.88	-12	81.63	29	1.25	28	3.75	4	9.52	34
2	4	0.88	6	-14.38	-7	87.25	25	1.38	25	2.50	3	8.82	26
2	5	-0.88	-6	-4.38	-2	140.63	40	2.13	39	4.88	5	15.79	42
2	6	-1.63	-12	-15.63	-9	48.88	16	0.88	18	6.75	7	6.55	21
2	7	-0.25	-2	-6.88	-4	121.25	36	1.75	33	5.88	6	12.35	38
2	8	-1.38	-9	-9.38	-5	70.50	25	1.13	25	1.63	2	7.86	27
2	9	-3.50	-28	-18.75	-10	96.25	26	1.63	27	8.50	8	11.86	31
3	1	-1.88	-13	8.75	4	38.75	13	0.50	11	9.50	9	6.69	21

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'.

Continúa...

Continuación de Cuadro 2.7.

Pi	Pj	VA		AP		NF		NFR		PPF		RT	
		(días)	%	(cm)	%		%		%	(g)	%	(kg)	%
3	2	-3.50	-27	-3.13	-2	65.63	25	1.00	24	8.50	8	8.58	32
3	4	3.63	20	3.75	2	-45.13	-20	-1.13	-35	1.75	2	-3.77	-17
3	5	0.38	2	16.25	8	78.25	26	1.13	24	17.88*	15*	13.14	36
3	6	0.38	2	11.25	6	74.25	22	1.13	21	3.25	3	7.89	23
3	7	1.50	9	5.00	3	74.13	24	1.00	21	7.88	8	8.86	29
3	8	0.13	1	-3.75	-2	73.38	25	0.88	19	8.13	7	9.81	30
3	9	-1.00	-7	-11.88	-6	6.13	2	-0.13	-3	0.50	1	0.42	1
4	1	1.75	11	-6.25	-3	57.13	15	0.88	15	4.25	4	7.19	19
4	2	0.13	1	10.63	5	49.75	16	0.63	13	6.00	6	6.25	20
4	3	0.63	4	5.00	2	22.63	8	0.13	3	5.75	6	3.87	13
4	5	1.50	10	-11.25	-6	38.38	12	0.50	10	-2.38	-2	3.26	10
4	6	0.50	4	1.25	1	62.63	16	1.25*	20*	1.00	1	6.59	17
4	7	2.63	18	1.25	1	-11.25	-4	-0.13	-3	3.88	4	-0.27	-1
4	8	2.00	12	-1.25	-1	44.25	13	0.75	14	7.38	7	7.42	21
4	9	-0.88	-7	-16.88	-9	1.75	1	0.00	0	1.00	1	0.59	2
5	1	-2.00	-14	-2.50	-1	25.25	8	0.63	13	2.38	2	3.36	11
5	2	-2.88	-22	-8.13	-4	97.13	31	1.38	29	8.13	8	11.73	35
5	3	-0.13	-1	6.25	3	100.25	31	1.63	31	11.13	10	13.92	38
5	4	1.00	7	-15.00	-8	49.63	15	0.75	14	0.13	0	5.68	16
5	6	-0.50	-4	5.00	2	-1.00	0	0.00	0	-1.13	-1	0.06	0
5	7	1.88	12	-10.75	-6	46.13	16	0.63	14	7.75	7	6.56	21
5	8	1.25	7	-1.25	-1	82.63	26	1.25	25	6.25	5	11.26	30
5	9	-1.13	-8	-10.63	-6	60.88	17	1.00	17	-2.13	-2	5.86	16
6	1	-2.50	-19	10.00	5	20.75	6	0.38	7	4.25	4	3.29	10
6	2	0.38	2	-0.63	0	43.38	15	1.13	23	8.25	8	6.47	21
6	3	2.38	13	-18.75	-11	51.75	16	0.88	18	5.50	5	6.68	21
6	4	-2.25	-20	-2.50	-1	5.88	2	0.25	5	3.25	3	1.59	5
6	5	1.75	11	-33.75	-21	-50.00	-22	-0.50	-13	6.38	6	-3.25	-13
6	7	1.88	12	0.00	0	7.13	2	0.38	8	-0.13	0	0.28	1
6	8	1.50	9	-11.25	-6	25.13	8	0.25	6	1.13	1	3.42	11
6	9	-0.63	-4	-9.38	-5	35.63	9	0.75	13	2.00	2	4.10	11
7	1	-1.38	-10	0.00	0	-53.88	-23	-0.75	-20	1.63	2	-5.27	-24
7	2	-0.25	-2	-5.63	-3	61.25	22	0.75	18	0.63	1	6.54	24
7	3	2.50	15	15.00	7	50.13	18	0.50	12	5.63	6	6.05	22
7	4	1.88	13	10.00	5	17.25	6	-0.13	-3	9.38	9	4.00	13
7	5	1.63	10	-3.00	-2	25.63	9	0.38	9	2.75	3	2.99	11
7	6	1.63	11	-16.25	-10	-33.13	-13	-0.38	-9	3.13	3	-2.92	-12
7	8	2.38	14	-6.25	-3	-1.75	-1	-0.13	-3	1.25	1	-0.59	-2
7	9	-1.75	-14	-20.63	-12	8.75	3	-0.13	-3	1.38	1	0.32	1
8	1	0.00	0	-20.00	-11	22.88	8	0.13	3	4.63	4	4.25	13

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'; *Significancia a una $p \leq 0.05$.

Continúa...

Continuación de Cuadro 2.7.

Pi	Pj	VA		AP		NF		NFR		PPF		RT	
		(días)	%	(cm)	%		%		%	(g)	%	(kg)	%
8	2	0.38	2	-14.38	-7	110.75	34	1.88	36	11.38	10	14.45	41
8	3	1.88	10	-25.00	-14	64.38	22	0.88	19	-2.13	-2	6.01	21
8	4	-1.50	-12	-3.75	-2	43.50	13	0.50	10	4.38	4	6.10	18
8	5	-0.50	-3	8.75	4	83.13	26	1.00	21	-4.75	-5	7.17	22
8	6	-0.50	-3	-12.50	-6	27.88	9	0.50	11	1.13	1	3.70	11
8	7	-0.38	-3	-10.50	-6	34.50	12	0.63	14	5.00	5	4.08	14
8	9	0.88	5	-13.13	-7	36.25	11	0.75	14	-2.38	-2	3.43	10
9	1	-0.88	-6	-13.13	-7	42.63	11	0.63	10	8.75	8	7.30*	18*
9	2	0.00	0	-25.00	-14	56.25	17	0.88	17	2.75	3	6.29	19
9	3	-0.50	-3	19.38	9	49.13	15	0.63	12	-4.75	-5	2.83	9
9	4	-0.88	-7	-20.63	-11	60.25*	15*	1.00*	15*	0.00	0	5.59	13
9	5	1.13	7	-3.13	-2	64.63	18	0.75	14	0.63	1	7.31	18
9	6	0.88	6	-1.88	-1	-22.13	-7	-0.25	-5	-1.50	-2	-2.69	-7
9	7	-0.75	-6	-1.88	-1	44.00	13	0.63	11	22.13*	19*	11.12*	25*
9	8	1.13	7	-21.13	-11	29.50	9	0.50	10	0.88	1	3.63	9

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'; *Significancia a una $p \leq 0.05$.

El modelo propuesto por Gardner y Eberhart (1966) estima heterosis con respecto al progenitor medio. Sin embargo, el investigador está más interesado en estimar heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp}). Ésta fue significativa ($\alpha \leq 0.05$) para vida de anaquel en la cruce 'Charanda' x 'Barbarian' (6x4) (24 % de H_{mp}) (Cuadro 2.8). En altura de planta, la cruce 'Don Raúl' x '7705' (9x3) mostró la heterosis negativa más baja (-6 % de H_{mp}). En número de frutos, en las cruces '7705' x 'Barbarian' (3x4) y 'Charanda' x 'Sahel' (6x5) esta heterosis fue de 32 y 28 %, respectivamente. Con relación a número de frutos por racimo se halló significancia ($\alpha \leq 0.05$) sólo en la cruce '7705' x 'Barbarian' (3x4) (38 % de H_{mp}). No se encontró efectos de H_{mp} significativos ($\alpha \leq 0.05$) en peso promedio de fruto. Finalmente, en rendimiento total (RT) las cruces '7705' x 'Barbarian' (3x4) y 'Llanero' x 'Loreto' (7x1) presentaron 30 y

28 % de heterosis, respectivamente. Análogamente, Kurian *et al.* (2001) encontraron dos híbridos que rindieron más que sus mejores progenitores; las heterosis estimadas fueron 8.48 y 7.04 %. Similarmente, Stoner y Thompson (1979), al estimar parámetros genéticos en sólidos solubles en jitomate, encontraron que las cruzas mostraron heterosis con respecto al mejor progenitor. En estos estudios previos sin embargo, no se reporta si estas heterosis fueron estadísticamente significativas. En el contexto del rendimiento, la cruz '7705' x 'Barbarian' (3x4) fue la mejor para número de frutos y número de frutos por racimo con efectos estadísticamente significativos ($\alpha \leq 0.05$), lo cual sugiere que puede ser usada para un programa de mejoramiento genético por hibridación.

Cuadro 2.8. Heterosis y heterosis porcentual respecto al mejor progenitor de los híbridos intervarietales formados por las cruzas dialélicas (Pi x Pj) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.

Pi	Pj	VA		AP		NF		NFR		PPF		RT	
		(días)	%	(cm)	%		%		%	(g)	%	(kg)	%
1	2	2.25	13	0.00	0	-2.25	-1	0.00	0	-3.25	-3	-1.36	-4
1	3	0.75	4	-3.75	-2	13.25	7	-1.25	-42	-10.25	-11	-2.06	-7
1	4	0.75	5	17.50	8	15.25	5	0.25	5	-7.75	-8	-1.30	-4
1	5	1.75	15	22.50	11	0.00	0	-5.00	-100	4.00	4	-3.14	-10
1	6	3.25	22	11.25	6	19.50	6	0.25	5	-2.75	-3	0.72	2
1	7	5.00	34	-3.75	-2	-20.25	-6	-0.25	-5	-5.50	-6	-2.74	-9
1	8	2.00	16	33.00	15	45.50	14	0.75	15	6.75	6	1.96	6
1	9	-0.25	-2	21.25	10	63.25	18	0.75	13	0.75	1	6.87	19
2	1	2.25	15	31.25	15	40.25	12	0.75	15	-3.75	-4	2.66	9
2	3	2.25	14	30.00	14	-68.75	-32	-1.00	-29	-2.00	-2	-7.99	-40
2	4	1.00	6	16.25	8	-14.75	-4	-0.25	-5	0.75	1	-1.31	-4
2	5	-3.00	-18	7.50	4	-112.75	-47	-1.75	-47	3.75	3	-11.23	-43
2	6	1.00	6	23.75	11	19.50	6	0.00	0	-2.75	-3	0.83	3
2	7	0.00	0	20.00	10	-88.75	-35	-1.25	-31	-5.50	-6	-8.95	-38
2	8	-2.50	-15	15.00	7	-44.75	-19	-0.75	-20	7.25	7	-3.61	-14
2	9	4.00	24	20.00	10	-9.00	-2	-0.25	-4	-2.75	-3	-1.90	-5
3	1	2.25	13	-5.00	-3	17.00	5	0.25	5	-9.25	-10	-1.42	-5

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'.

Continúa...

Continuación de Cuadro 2.8.

Pi	Pj	VA		AP		NF		NFR		PPF		RT	
		(días)	%	(cm)	%		%		%	(g)	%	(kg)	%
3	2	3.75	22	11.25	5	-52.75	-25	-0.75	-21	-6.75	-7	-7.04	-35
3	4	-1.50	-9	6.25	3	104.75*	32*	2.00*	38*	-0.25	0	9.75*	30*
3	5	0.25	2	-11.25	-6	-63.25	-26	-1.00	-27	-11.00	-10	-10.12	-39
3	6	0.50	3	-11.25	-6	-18.75	-6	-0.50	-11	-1.00	-1	-2.04	-6
3	7	0.25	2	0.00	0	-54.50	-22	-0.75	-19	-6.50	-7	-6.99	-29
3	8	0.00	0	17.50	8	-60.50	-25	-0.75	-20	-1.00	-1	-7.09	-28
3	9	1.50	9	18.75	9	68.25	19	1.25	22	3.50	3	8.01	22
4	1	0.75	4	20.00	9	-53.25	-16	-0.75	-14	-3.00	-3	-6.47	-20
4	2	2.25	13	-8.75	-4	22.75	7	0.50	10	-2.75	-3	1.27	4
4	3	1.50	9	5.00	2	37.00	11	0.75	14	-4.25	-4	2.11	7
4	5	0.00	0	16.25	8	6.25	2	0.25	5	7.75	7	-0.31	-1
4	6	0.75	5	8.75	4	-58.50	-18	-1.00	-19	-0.25	0	-6.45	-20
4	7	-2.25	-18	13.75	7	51.25	15	0.75	14	-1.00	-1	4.38	14
4	8	0.25	2	5.00	2	2.50	1	0.00	0	-1.75	-2	-4.16	-13
4	9	2.50	16	20.00	9	13.00	4	0.25	4	1.50	1	1.86	5
5	1	3.00	18	11.25	6	15.50	5	0.00	0	4.25	4	-1.12	-4
5	2	3.75	22	11.25	5	-69.25	-29	-1.00	-27	0.50	1	-16.28	-62
5	3	0.75	5	-1.25	-1	-85.25	-35	-1.50	-40	-4.25	-5	-16.94	-65
5	4	0.50	3	20.00	9	-5.00	-2	0.00	0	5.25	5	-2.72	-8
5	6	0.75	5	0.00	0	41.50	13	0.50	11	5.75	5	2.77	9
5	7	-0.75	-5	20.75	10	-41.50	-17	-0.50	-11	0.50	0	-5.41	-21
5	8	-0.50	-3	10.00	5	-80.50	-33	-1.25	-33	-6.00	-6	-10.96	-42
5	9	1.25	10	12.50	6	-1.50	0	0.00	0	5.00	5	-0.46	-1
6	1	3.75	22	-6.25	-3	-20.50	-6	-0.25	-5	-2.25	-2	-2.71	-9
6	2	0.75	4	8.75	4	25.00	8	-0.25	-5	-4.25	-4	0.91	3
6	3	-1.50	-9	18.75	10	3.75	1	-0.25	-5	-3.25	-3	-0.83	-3
6	4	3.50*	24*	12.50	6	-1.75	-1	0.00	0	-2.50	-3	-1.45	-5
6	5	-1.50	-10	38.75	19	90.50*	28*	1.00	21	-1.75	-2	6.08	19
6	7	-1.00	-7	5.00	3	28.75	9	0.00	0	3.75	4	3.70	12
6	8	-0.50	-3	25.00	11	17.50	5	0.25	5	3.75	3	-0.29	-1
6	9	1.00	7	16.25	8	-16.75	-5	-0.25	-4	-0.25	0	-1.51	-4
7	1	3.50	21	1.25	1	90.00	28	1.25	25	0.00	0	8.66*	28*
7	2	2.25	13	18.75	9	-28.75	-11	-0.25	-6	-0.25	0	-3.14	-13
7	3	-0.75	-5	-10.00	-5	-30.50	-12	-0.25	-6	-4.25	-5	-4.19	-18
7	4	-1.50	-12	5.00	2	22.75	7	0.75	14	-6.50	-7	0.11	0
7	5	-0.50	-3	13.00	6	-21.00	-8	-0.25	-6	5.50	5	-1.84	-7
7	6	-0.75	-5	21.25*	11*	69.00	21	0.75	16	0.50	1	6.90	22
7	8	-0.50	-3	25.00	11	8.50	3	0.25	6	7.25	7	1.45	6
7	9	3.00	20	32.50	16	46.00	13	1.00	17	4.00	4	6.23	17
8	1	0.25	1	37.50	17	20.00	6	0.50	10	2.25	2	-1.70	-6
8	2	-0.25	-1	20.00	9	-85.00	-36	-1.50	-40	-2.50	-3	-10.20	-40

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'; *Significancia a una $p \leq 0.05$.

Continúa...

Continuación de Cuadro 2.8.

Pi	Pj	VA		AP		NF		NFR		PPF		RT	
		(días)	%	(cm)	%		%		%	(g)	%	(kg)	%
8	3	-1.75	-11	38.75	18	-51.50	-22	-0.75	-20	9.25	10	-3.29	-13
8	4	3.75	25	7.50	3	3.25	1	0.25	5	1.25	1	-2.84	-9
8	5	1.25	8	0.00	0	-81.00	-33	-1.00	-27	5.00	5	-6.87	-26
8	6	1.50	9	26.25	12	14.75	5	0.00	0	3.75	4	-0.57	-2
8	7	2.25	14	29.25	13	-27.75	-11	-0.50	-13	3.50	4	-3.23	-13
8	9	-0.25	-2	20.00	9	25.25	7	0.25	4	5.50	5	2.27	6
9	1	1.75	10	23.75	12	-24.00	-7	-0.25	-4	-5.00	-5	-4.14	-11
9	2	0.75	4	26.25	13	31.00	9	0.50	9	3.00	3	3.67	10
9	3	1.00	6	-12.50	-6	25.25	7	0.50	9	8.75	9	5.59	15
9	4	2.50	16	23.75	11	-45.50	-13	-0.75	-13	2.50	3	-5.65	-15
9	5	-1.00	-7	5.00	2	-5.25	-1	0.25	4	2.25	2	-4.40	-12
9	6	-0.50	-3	8.75	4	41.00	11	0.75	13	3.25	3	-2.48	-7
9	7	2.00	13	13.75	7	10.75	3	0.25	4	-16.75	-16	-6.80	-18
9	8	-0.50	-3	28.00	13	32.00	9	0.50	9	2.25	2	-4.93	-13

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'; *Significancia a una $p \leq 0.05$.

La heterosis específica (HE) de vida de anaquel más alta correspondió a las cruzas 'Loreto' x 'Don Raúl' (1x9) y '7705' x 'Barbarian' (3x4) (Cuadro 2.9). En altura de planta los valores más bajos de HE correspondieron a las cruzas 'Charanda' x 'Sahel' (6x5) y 'Marcia' x '7705' (8x3). Con relación a número de frutos y NFR la craza 'Barbarian' x 'Charanda' (4x6) presentó el valor más alto. Respecto a peso promedio de fruto las cruzas 'Don Raúl' x 'Llanero' (9x7) y '7705' x 'Sahel' (3x5) mostraron los mejores resultados. Y en rendimiento total las cruzas 'Barbarian' x 'Charanda' (4x6) y 'Don Raúl' x 'Llanero' (9x7) produjeron los efectos de mayor magnitud. Lo anterior concuerda con lo obtenido por Maluf *et al.* (1982) quienes al estudiar cruzamientos dialélicos de seis cultivares de jitomate detectaron heterosis específica en producción de frutos.

Cuadro 2.9. Heterosis específica (HE) de los híbridos intervarietales formados por las cruces dialélicas (Pi x Pj) de nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.

Pi	Pj	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
1	2	0.30	19.74	11.65	0.07	-1.63	0.37
1	3	0.43	4.03	11.99	0.16	3.46	2.21
1	4	1.93	-1.69	-16.51	-0.17	4.50	-0.04
1	5	0.21	-10.44	6.34	0.10	-2.11	0.10
1	6	-1.00	-2.67	-10.48	-0.17	0.91	-0.52
1	7	-2.52	5.76	53.09	0.76	-2.39	4.43
1	8	-1.05	-6.54	-27.17	-0.47	-3.43	-3.43
1	9	2.70	-0.31	-53.53	-0.54	-0.32	-5.71
2	1	0.30	-11.51	-30.85	-0.68	-1.13	-3.65
2	3	-1.00	-19.94	-14.26	-0.11	-4.02	-1.92
2	4	1.25	-6.90	16.74	0.32	-2.73	0.44
2	5	0.29	4.35	40.84	0.58	-0.59	4.17
2	6	-0.43	-5.38	-7.73	-0.18	2.18	-0.17
2	7	0.30	-0.71	52.59	0.75	-1.13	4.30
2	8	-0.48	4.99	-19.42	-0.24	-2.66	-2.50
2	9	-1.73	-3.03	21.97	0.44	4.45	3.53
3	1	-1.07	5.28	8.24	0.16	2.46	1.58
3	2	-2.50	-1.19	-30.26	-0.36	0.73	-2.86
3	4	2.38	-0.12	-86.92	-1.59	-3.64	-9.47
3	5	-0.09	13.63	7.18	0.17	12.25	4.21
3	6	-0.05	10.15	46.36	0.66	-1.48	3.86
3	7	0.43	-0.17	34.18	0.58	0.71	3.50
3	8	-0.61	-0.72	12.17	0.10	3.68	2.14
3	9	-0.86	-7.49	-39.44	-0.72	-3.71	-5.23
4	1	1.93	-4.19	51.99	0.83	-0.25	5.14
4	2	0.50	18.10	-20.76	-0.43	0.77	-2.13
4	3	-0.63	1.13	-19.17	-0.34	0.36	-1.83
4	5	0.41	-8.33	-7.32	-0.15	-5.46	-2.60
4	6	-0.55	5.69	60.11	1.08	-1.20	5.62
4	7	0.93	1.62	-25.82	-0.24	-0.75	-2.57
4	8	0.64	7.31	8.42	0.28	5.46	2.81
4	9	-1.36	-6.96	-18.44	-0.29	-0.68	-2.00
5	1	-1.04	0.81	-9.16	0.10	-2.36	-1.92
5	2	-1.71	0.60	-2.66	-0.17	2.66	0.11
5	3	-0.59	3.63	29.18	0.67	5.50	4.98
5	4	-0.09	-12.08	3.93	0.10	-2.96	-0.19
5	6	-0.77	10.69	-32.78	-0.65	-3.55	-4.15
5	7	0.96	-9.13	2.29	0.03	2.89	1.03

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'.

Continúa...

Continuación de Cuadro 2.9.

Pi	Pj	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
5	8	0.68	8.56	17.52	0.30	4.11	3.41
5	9	-0.82	0.54	11.42	0.23	-4.04	0.04
6	1	-1.50	14.83	29.52	0.33	0.41	2.91
6	2	1.57	9.62	-13.23	0.07	3.68	-0.24
6	3	1.95	-19.85	23.86	0.41	0.77	2.65
6	4	-3.30	1.94	3.36	0.08	1.05	0.62
6	5	1.48	-28.06	-81.78	-1.15	3.95	-7.45
6	7	1.00	3.13	6.47	0.26	-4.09	-0.36
6	8	0.96	0.08	3.20	-0.22	-0.13	0.47
6	9	-0.29	3.31	29.34	0.46	0.98	3.17
7	1	-1.02	0.76	-57.16	-0.74	-4.64	-6.98
7	2	0.30	0.54	-7.41	-0.25	-6.38	-1.51
7	3	1.43	9.83	10.18	0.08	-1.54	0.69
7	4	0.18	10.37	2.68	-0.24	4.75	1.71
7	5	0.71	-1.38	-18.21	-0.22	-2.11	-2.55
7	6	0.75	-13.12	-33.78	-0.49	-0.84	-3.55
7	8	1.20	1.01	-35.73	-0.54	-2.43	-4.87
7	9	-2.05	-12.01	-9.58	-0.36	-2.07	-1.93
8	1	0.70	-11.04	-1.67	-0.22	1.07	0.23
8	2	1.27	-0.01	20.83	0.51	7.09	4.10
8	3	1.14	-21.97	3.17	0.10	-6.57	-1.66
8	4	-2.86	4.81	7.67	0.03	2.46	1.49
8	5	-1.07	18.56	18.02	0.05	-6.89	-0.68
8	6	-1.04	-1.17	5.95	0.03	-0.13	0.75
8	7	-1.55	-3.24	0.52	0.21	1.32	-0.19
8	9	0.91	3.69	-3.35	0.16	-3.11	-1.13
9	1	0.70	-2.81	33.72	0.46	5.43	5.30
9	2	1.77	-9.28	-18.03	-0.31	-1.30	-2.04
9	3	-0.36	23.76	3.56	0.03	-8.96	-2.81
9	4	-1.36	-10.71	40.06	0.71	-1.68	3.00
9	5	1.43	8.04	15.17	-0.02	-1.29	1.49
9	6	1.21	10.81	-28.41	-0.54	-2.52	-3.61
9	7	-1.05	6.74	25.67	0.39	18.68	8.87
9	8	1.16	-4.31	-10.10	-0.09	0.14	-0.93

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. 1: 'Loreto'; 2: 'Reconquista'; 3: '7705'; 4: 'Barbarian'; 5: 'Sahel'; 6: 'Charanda'; 7: 'Llanero'; 8: 'Marcia'; 9: 'Don Raúl'.

2.5.5. Correlaciones lineales entre caracteres

La vida de anaquel de fruto resultó correlacionada ($\alpha \leq 0.01$) negativamente con número de frutos, número de frutos por racimo y rendimiento total aunque

con valores absolutos bajos (Cuadro 2.10). La correlación entre altura de planta (AP) con peso promedio de fruto y rendimiento fue positiva ($\alpha \leq 0.05$). Los componentes del rendimiento NFR y PPF tienen fuerte asociación lineal con el rendimiento ($r > 0.9$, $P \leq 0.01$). En el caso de PPF también mostró asociación significativa aunque con valor de 0.5. Éste comportamiento es característico de la especie bajo estudio al tratarse de caracteres que definen su rendimiento.

Cuadro 2.10. Correlaciones lineales de seis caracteres en nueve híbridos comerciales de jitomate 'saladete'.

	AP (cm)	NF	NFR	PPF (g)	RT (kg)
VA (días)	0.03	-0.21**	-0.20**	0.01	-0.18**
AP (cm)		0.07	0.07	0.12*	0.11*
NF			0.96**	0.22**	0.94**
NFR				0.21**	0.91**
PPF (g)					0.52**

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. *Significancia a una $P \leq 0.05$; **Significancia a una $P \leq 0.01$.

2.6. CONCLUSIONES

La estimación de aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica y heterosis para vida de anaquel, altura de planta, número de frutos, número de frutos por racimo, peso promedio de fruto y rendimiento total permitió estimar el potencial de los progenitores para un programa de mejoramiento genético de jitomate tipo 'saladete' de crecimiento indeterminado. 'Marcia' es el progenitor que amerita mayor consideración para un programa de mejoramiento por selección para larga vida de anaquel debido a su mayor efecto de ACG y a su mayor promedio. 'Barbarian' tiene potencial para ser considerado en un programa de mejoramiento por selección para el carácter número de frutos debido que su ACG fue alta y las cruzas 'Barbarian' x 'Charanda' y 'Barbarian' x '7705' pueden considerarse como candidatos para la generación de híbridos por sus valores altos en heterosis. 'Sahel' fue el progenitor con mayor ACG en peso de fruto y la cruce de '7705' x 'Sahel' fue la que presentó los mejores valores en heterosis. 'Don Raúl' fue el progenitor que mostró los valores más altos en ACG y en promedios para rendimiento total por lo que puede ser incorporado a esquema de selección, y las cruzas 'Don Raúl' x 'Loreto' y 'Don Raúl' x 'Llanero' pueden usarse exitosamente como cruces dobles en donde se busque rendimiento sin considerar la forma de fruto.

2.7. LITERATURA CITADA

- Balzarini, M. 2002. Applications of mixed models in plant breeding. *In*: Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. M. S. Kang (Ed.). CAB International. 353-364 pp.
- DeGiglio, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae* 611: 91-92.
- Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. 2006. *Introducción a la Genética Cuantitativa*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 469 p.
- Gardner, C. O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotecnia Latinoamericana* 4(2): 1-12.
- Gardner, C. O.; Eberhart, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452.
- Griffing, B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Kurian, A.; Meter, K. V.; Rajan, S. 2001. Heterosis for yield components and fruit characters in tomato. *J. Tropical Agric.* 39: 5-8.
- Lapushner, D.; Frankel, R. 1981. Parent-offspring relations for quantitative traits in a 10 x 10 diallel cross of fresh market tomatoes. *Proc. Meet. Eucarpia Tomato Working Group*. Avignon, France. May 18-21. 37-43 pp.

- Martínez, G. A. 1988. Diseños y Análisis de Experimentos de Cruzas Dialélicas. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 252 p.
- Mastache L., A.; Martínez G. A. 2003. Un algoritmo para el análisis, estimación y predicción en experimentos dialélicos balanceados. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26(3): 191-200.
- Moll, R. H.; Lonquist, J. H.; Vélez-Fortuño, J.; Johnson, E. C. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 53: 139-144.
- Maluf, W. R.; Miranda, J. E. C.; Campos, J. P. 1982. Genetic analysis of a diallel cross in tomato cultivars. I. Yield related characters. *Pesq. Agrop. Bras.* 17(4): 633-641.
- Peña L., A.; Molina G., J. D.; Cervantes S., T.; Márquez S., F.; Sahagún C., J. Ortiz C., J; 1998. Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(1): 31-37.
- 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. Boletín 3. 58 p.
- Sprague, G. F.; Tatum, L. A. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. of Agronomy* 34(10): 923-932.
- Stoner, A. K.; Thompson, A. E. 1979. A diallel analysis of solids in tomatoes. *Euphytica* 15: 377-382.

Tigchelaar, E. C. 1986. Tomato Breeding. *In*: Breeding Vegetable Crops. M. J. Bassett (Ed.). Avi Publishing Company. Westport, Connecticut. 584 p.

3. POTENCIAL DE GENERACIONES F₂ DE HÍBRIDOS DE JITOMATE

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) TIPO 'SALADETE'

V. Mendoza-de Jesús¹; J. Sahagún- Castellanos²; J. E. Rodríguez-Pérez²;
J. P. Legaria-Solano²; A. Peña-Lomelí²; M. Pérez-Grajales².

¹Egresado del Doctorado en Ciencias en Horticultura.
vicentemdj@hotmail.com. (¹Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo,
México. C. P. 56230.

3.1. RESUMEN

A pesar de la alta productividad de los híbridos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hay algunos agricultores que siembran semilla F₂ con el fin de evadir el alto costo de la semilla híbrida original. Con el propósito de generar información sobre el comportamiento de la vida de anaquel (VA), la altura de planta (AP) y cuatro componentes del rendimiento de nueve híbridos comerciales de jitomate tipo 'saladete' y sus respectivas F₂ se condujo un experimento en condiciones de invernadero. Se usó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados mostraron que existe un comportamiento similar en VA y AP entre los híbridos y sus respectivas F₂. En número de frutos, se detectó reducción de 17 a 46 % en siete variedades. En peso promedio de fruto, sólo 'Loreto' y 'Sahel' presentaron reducción estadísticamente significativa ($\alpha \leq 0.05$) con 20 y 22 %, respectivamente. En rendimiento total se encontró reducciones estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) en todos los híbridos de 18 a 50 %, excepto en 'Don Raúl' que redujo su

rendimiento en sólo un 14 %. De manera general, las poblaciones F_2 presentaron mayor varianza intrapoblacional.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Mejoramiento genético, rendimiento de fruto; varianza intrapoblacional, vida de anaquel.

POTENTIAL OF F₂ GENERATIONS FROM TOMATO HYBRIDS

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 'SALEDETE' TYPE

3.2. ABSTRACT

In spite of the high productivity of the hybrid tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.), there are some farmers that have been sowing F₂ seeds to avoid the high cost of the original hybrid seed. The objective of this study was to generate information about the performance of the shelf life (SL), plant height (PH) and four yield components of nine hybrid commercial tomatoes and their respective F₂ generation. An experiment was carried out under greenhouse conditions using a randomized complete block design with three replications. Results showed a similar performance in SL and PH between the hybrids and their respective F₂. A reduction from 17 to 46 % was observed for fruit number of seven varieties. In average fruit weight, only the F₂ of 'Loreto' and 'Sahel' showed a reduction statistically significant ($\alpha \leq 0.05$) with 22 and 20 %, respectively. In total yield, reductions statistically significant ($\alpha \leq 0.05$) were found for all hybrids from 18 to 50 % except for 'Don Raul' where yield reduction was 14 %. In general, the F₂ populations showed the highest intrapopulation variance.

ADDITIONAL KEY WORDS: Plant breeding, fruit yield, intrapopulation variance, shelf life.

3.3. INTRODUCCIÓN

En México, la principal hortaliza para exportación es el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), que representó en el año 2001 el 16 % del valor de las exportaciones agropecuarias, con alrededor de 600 mil toneladas y el 15 % fue cultivado en invernadero (SAGARPA, 2002).

El desarrollo de los híbridos en jitomate ha contribuido al incremento de la producción debido a los efectos de la heterosis. Sin embargo, en los últimos años el rendimiento no ha sido el objetivo principal de su mejoramiento genético, más bien se ha hecho énfasis en el mejoramiento de la resistencia a enfermedades y calidad de fruto; por ejemplo, para alargar la vida postcosecha (Grandillo *et al.*, 1999). Los híbridos de jitomate que se cultivan actualmente son producidos por empresas semilleras transnacionales. Éstas realizan grandes inversiones en sus programas de mejoramiento genético y producción de semilla híbrida que involucra polinización manual, lo que hace que el precio de esta semilla sea alto.

El problema del alto costo de la semilla híbrida original no es exclusivo del jitomate. También prevalece en los sistemas de producción de alto rendimiento de cultivos de otras especies basados en el uso de híbridos, tanto de especies autóгамas como de alógamas. En el caso del maíz (*Zea mays* L.), para evitar

este alto costo, algunos agricultores de bajos recursos en ocasiones siembran su semilla F_2 o la de sus generaciones más avanzadas (Valdivia y Vidal, 1995; Sahagún y Villanueva, 1997, 2003), con la consecuente reducción del rendimiento, producida por la depresión endogámica asociada al incremento del coeficiente de endogamia de las poblaciones F_2 o de sus generaciones avanzadas.

Neal (1935) estudió el rendimiento de los híbridos de maíz en función del número de líneas involucradas en la cruce y encontró reducciones de 29.5, 23.4 y 15.8 % en cruces simples, trilineales y dobles, respectivamente, al pasar de la generación F_1 a la F_2 .

En general, la segregación de la segunda generación (F_2) de los híbridos provoca una considerable reducción del rendimiento y de algunas características de calidad por reducirse el grado de heterocigosis a la mitad (Poehlman y Allen, 2003). Sin embargo, en diversas investigaciones en jitomate se ha encontrado que esto no se cumple del todo (De Vicente y Tanksley, 1993), posiblemente porque es una especie autógama; en las F_2 se ha encontrado frutos con la misma apariencia que la de los híbridos y con rendimientos superiores (Mohamed, 1998) y aún con resistencia a ciertas enfermedades (Foolad *et al.*, 2002). Martínez *et al.* (2005) estudiaron el comportamiento de 37 híbridos comerciales de jitomate y sus generaciones F_2 , y encontraron que en la mayoría de éstas el peso de fruto total y el número de frutos fueron menores que los de sus respectivas F_1 ; sin embargo, la diferencia

fue estadísticamente significativa sólo en seis híbridos tipo bola, los cuales abatieron su producción de fruto en al menos 20 %. Esto explica en cierta manera porqué algunos agricultores usan la segunda generación filial, argumentando que ésta tiene un rendimiento similar al del híbrido original.

Por otra parte, es de esperarse que la F_2 , por ser una generación segregante, contenga mayor variabilidad que la de su respectiva F_1 . Si éste fuera el caso para caracteres que son objeto de mejoramiento genético, podría plantearse la posibilidad de que la F_2 contenga genotipos segregantes transgresivos que bien podrían justificar un programa de selección. Martínez *et al.* (2005) encontraron que las varianzas de la producción total de las F_2 en jitomates de tipo 'saladete' fueron mayores que las de sus correspondientes híbridos.

Un objetivo de la presente investigación fue comparar el comportamiento de la vida de anaquel, de la altura de planta y de cuatro componentes del rendimiento de nueve híbridos comerciales de jitomate tipo 'saladete' con los correspondientes a sus respectivas F_2 . También fue objetivo determinar si las generaciones F_1 y F_2 diferían en sus varianzas intrapoblacionales.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en condiciones de invernadero de abril a septiembre de 2004 en la Universidad Autónoma Chapingo. Se usó los materiales descritos en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Híbridos de jitomate tipo ‘saladete’ de hábito indeterminado y con larga vida de anaquel usados en el estudio.

Híbrido	Compañía semillera	Tamaño de fruto	Resistencia/Tolerancia ¹
‘Loreto’	Seminis Vegetable Seeds	Grande	N, Fol (1, 2), ToMV, V
‘Reconquista’	Western Seeds	Grande	ToMV, Fol (1, 2), V
‘7705’	Nunhems Vegetable Seeds	Grande	Fol (1, 2); ToMV, V, M
‘Barbarian’	Haris Moran Seed Co.	Grande	ToMv, V1, Fol (1, 2), M, For
‘Sahel’	Syngenta Seeds, Inc.	Extra grande	Fol (1, 2); For, V, ToMV, V, M
‘Charanda’	Vilmorin	Medio	Fol (1, 2); ToMV, V, M
‘Llanero’	De Ruiters Seeds	Medio	Fol (1, 2), M, Pst, TMV, ToMV, V
‘Marcia’	Hazera Genetics	Grande	Fol (1, 2), V, ToMV, Pst
‘Don Raúl’	De Ruiters Seeds	Grande	Fol (1, 2), M, N, Pst, TMV, ToMV, TSWV, V

¹Fol (1, 2): *Fusarium oxysporum*, f. sp. *lycopersici* razas 1,2; M: Meloidogyne; N: Nematodos; Pst: *Pseudomonas syringae* pv. *tomate*; TMV: Virus del mosaico del tabaco; ToMV: Virus del mosaico del tomate; TSWV: Virus de la marchitez manchada; V: *Verticillium a.*; For: *Fusarium oxysporium* f. sp. *radicis-lycopersici*.

Fuente: Elaborado con información de catálogos comerciales.

Se cultivó 14 plantas de cada híbrido. El cultivo se condujo según lo describen Pérez y Castro (1999). Se cosechó dos frutos autopolinizados de cada planta para producir la F₂ de cada híbrido. De los frutos cosechados se extrajo la semilla en forma manual y se dejó fermentar la pulpa durante tres días. Después, la semilla se lavó con agua y se dejó secar por un periodo de dos días a temperatura ambiente.

3.4.1. Evaluación de híbridos y F₂

De abril a diciembre de 2005, en un invernadero semiautomatizado, se realizó la evaluación de los nueve híbridos y de sus generaciones F₂. Se usó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de ocho plantas. Las plantas se condujeron a ocho racimos y se les dio un manejo igual al de las del ciclo anterior. Los frutos se cosecharon en madurez comercial y se realizó cortes cada 10 días.

Las variables evaluadas en cada planta fueron: 1) vida de anaquel: se colocó frutos en estado de madurez comercial en cajas a temperatura ambiente y se contabilizó el número de días transcurridos para que dichos frutos perdieran la consistencia turgente y consecuentemente su valor comercial; 2) altura de planta (cm): desde la base del tallo hasta tres hojas arriba del octavo racimo. 3) número de frutos producidos durante todo el ciclo; 4) número de frutos por racimo; 5) peso promedio de fruto: determinado como el peso total (g) entre el número de frutos y 6) rendimiento total (kg): se determinó como la suma de los rendimientos registrados durante el periodo de producción. Se tomaron datos a nivel planta individual para poder estimar las varianzas intrapoblacionales de cada híbrido y de su F₂.

3.4.2. Análisis estadísticos

Con los datos de cada variable respuesta a nivel de unidad experimental se hizo un análisis de varianza y se comparó la media de cada híbrido con la de

su correspondiente F_2 (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Asimismo, se comparó las varianzas de las dos poblaciones bajo el supuesto de distribución normal mediante una prueba de F ($\alpha \leq 0.05$) mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Donde F = Estadístico de prueba.

s_1^2 = Varianza muestral de la F_1 (24 plantas).

s_2^2 = Varianza muestral de la F_2 (24 plantas).

En los casos en que la varianza muestral s_2^2 fue mayor que la de su correspondiente s_1^2 se usó como estadístico al cociente $\frac{S_2^2}{S_1^2}$.

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre medias de híbridos en cada una de las variables estudiadas excepto en vida de anaquel (VA) (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Cuadrados medios de seis caracteres de jitomate tipo 'saladete' cultivado a ocho racimos evaluados en nueve híbridos y en sus respectivas F_2 .

Fuente de Variación	GL	VA (días)	AP (cm)	NF	NFR	PPF	RT (kg)
Bloques	2	14.68	367.02	585.16	0.13	195.63	8.24
Variedades	17	10.33	477.77*	15,808.19**	3.72**	314.55**	198.58**
Error	34	5.02	222.11	1,825.83	0.50	89.81	14.04
Total	53						
Media		15.07	199.13	359.66	5.63	105.87	36.85
CV (%)		14.86	7.48	11.88	12.58	8.95	10.16

GL: Grados de libertad; VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. CV: Coeficiente de variación; *: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.05$; **: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.01$.

3.5.2. Comparación de medias

Los híbridos 'Loreto', 'Reconquista', '7705', 'Barbarian', 'Charanda', 'Llanero' y 'Don Raúl' superaron en vida de anaquel a sus respectivas F_2 (Cuadro 3.3), mientras que las vidas de anaquel de las F_2 de 'Sahel' y 'Marcia' fueron mayores que las de sus respectivas F_1 , lo que puede deberse a la segregación transgresiva que ocurre en la F_2 . En ésta puede ocurrir la formación de combinaciones genéticas que producen genotipos que se comportan mejor que el híbrido comercial (De Vicente y Tanksley, 1993). Otra posibilidad es que esto sea un valor extremo producido por la naturaleza aleatoria de la media de esta variable, lo que parece más viable ya que la diferencia entre las medias de la F_1 y la F_2 nunca fue estadísticamente significativa ($\alpha \leq 0.05$) en ninguno de los

híbridos estudiados. En el caso de altura de planta (AP), las plantas de las generaciones F₂ de 'Loreto', 'Barbarian', 'Sahel', 'Charanda' y 'Llanero' fueron más pequeñas en promedio en relación al híbrido original, aunque no se detectó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las generaciones de los híbridos bajo estudio, situación similar a la encontrada por Coutiño *et al.* (2004) en maíz.

En relación con el número de frutos, en 'Reconquista', '7705', 'Barbarian', 'Sahel', 'Marcia', 'Llanero' y 'Don Raúl' hubo reducciones estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$ ó $\alpha \leq 0.01$) que fluctuaron entre 7.79 y 46.12 % (Cuadro 3.3), en concordancia con lo reportado por Martínez *et al.* (2005) en jitomate.

Cuadro 3.3. Comparación de la media de la generación F₁ con la de su respectiva F₂ y el porcentaje de reducción (R), en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.

Híbrido	VA (días)			AP (cm)			NF		
	F ₁	F ₂	R (%)	F ₁	F ₂	R (%)	F ₁	F ₂	R (%)
'Loreto'	16.66		1.98	208.33	185.03	11.18	389.33	359.00	7.79
		16.33							
'Reconquista'	15.67		6.45	190.00	203.33	-	433.37	266.33	38.54**
		14.66				7.02			
'7705'	18.00		3.72	169.33	190.03	-	420.67	226.67	46.12**
		17.33				12.22			
'Barbarian'	14.00		16.71	220.00	213.33		479.00	335.33	29.99**
		11.66				3.03			
'Sahel'	12.66		-23.70	206.67	201.67		370.50	254.00	31.44**
		15.66				2.37			
'Charanda'	16.00		16.69	200.00	196.67		395.50	339.00	14.29
		13.33				1.67			
'Llanero'	15.00		20.00	198.33	185.03		402.00	312.67	22.22*
		12.00				6.71			
'Marcia'	14.67		-18.13	196.67	220.03	-	445.00	263.67	40.75**
		17.33				11.88			
'Don Raúl'	16.33		14.27	200.00	200.03	-	428.00	353.33	17.45*
		14.00				0.02			
DMSH	7.22 días			45.82 cm			132.39		

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey). *: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.05$; **: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.01$.

Con respecto al número de frutos por racimo (NFR), que se relaciona positivamente con el número total de frutos, se detectó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre las medias de la F_1 y su F_2 en las variedades 'Reconquista', '7705', 'Barbarian', 'Sahel' y 'Marcia' (Cuadro 3.4). En relación a peso promedio de fruto (PPF), de manera general, las poblaciones F_2 presentaron valores más bajos, resultados que concuerdan con los de Coutiño *et al.* (2004) quienes encontraron que casi todos los híbridos de maíz que estudiaron mostraron menor número de plantas prolíficas en la F_2 que en la F_1 . Sin embargo, en el estudio aquí realizado sólo en 'Loreto' y 'Sahel' se encontró significancia estadística ($\alpha \leq 0.01$) en las reducciones de PPF (22.10 y 20.06 %, respectivamente).

Finalmente, en rendimiento total de fruto, las reducciones observadas en las F_2 de todos los híbridos con respecto a su F_1 fluctuaron entre 18.66 y 50.08 % y fueron estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$ ó $\alpha \leq 0.01$) excepto la de 'Don Raúl' (14.32 %). Esta excepción ya se esperaba debido a que en esta variedad tampoco se observó una disminución estadísticamente significativa en número de frutos por racimo y peso promedio de fruto. En este contexto, Martínez *et al.* (2005) encontraron que el rendimiento por planta de jitomate tipo 'saladete' fue estadísticamente igual entre los híbridos y sus respectivas F_2 .

En estudios en maíz en que se comparó el rendimiento de grano de la F₁ con el de su F₂ se encontró porcentajes de reducción de 5.5 a 51.3 % (Espinosa *et al.*, 1998), promedios de disminución de 29.5 % (Neal, 1935), de 22.6 % (Coutiño *et al.*, 2004) y de 24 % (Martínez-Gómez *et al.*, 2006).

Cuadro 3.4. Comparación de la media del híbrido F₁ con la de su F₂ y el porcentaje de reducción (R), en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.

Híbrido	NFR			PPF (g)			RT (kg)		
	F ₁	F ₂	R (%)	F ₁	F ₂	R (%)	F ₁	F ₂	R (%)
'Loreto'	6.00	5.66	5.67	120.67	94.00	22.10**	45.93	33.82	26.37**
'Reconquista'	7.00	4.33	38.14**	99.33	94.33	5.03	43.34	25.09	42.11**
'7705'	6.67	3.66	45.13**	109.67	97.66	10.95	44.29	22.11	50.08**
'Barbarian'	7.33	5.33	27.29**	110.00	95.33	13.34	48.56	31.83	34.45**
'Sahel'	6.00	4.00	33.33**	134.67	107.66	20.06**	46.43	27.37	41.05**
'Charanda'	6.00	5.00	16.67	111.33	96.66	13.18	40.31	32.79	18.66*
'Llanero'	6.00	5.00	16.67	108.00	99.33	8.03	38.99	31.34	19.62*
'Marcia'	7.00	4.00	42.86**	110.33	106.00	3.92	44.78	27.86	37.78**
'Don Raúl'	6.67	5.66	15.14	108.66	102.00	6.13	42.24	36.19	14.32
DMSH	2.18			29.14 g			11.52 kg		

NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey). *: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.05$; **: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.01$.

3.5.3. Comparación de varianzas

Con el propósito de determinar si las dos poblaciones (la F₁ y su F₂) de cada híbrido diferían en su varianza, se realizó su comparación por medio de la prueba de F (Cuadros 3.5 y 3.6). No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) en vida de anaquel (VA) en ninguno de los genotipos bajo estudio, lo que sugiere que la variación genética de las F₂ para este carácter es poca, o aún inexistente, en relación a la variación ambiental que es la única que se supone existe entre las plantas del híbrido. Llama la atención la falta de variabilidad inter (Cuadro 3.2) e intravarietal (Cuadro 3.5) para la vida

de anaquel. Al parecer, en estos materiales este carácter es la expresión de los mismos genes en condición homocigótica; entre ellos se encuentra *nor* (*non ripening*) que bloquea o alarga el proceso de madurez (Rodríguez *et al.* 2005). Lo cierto es que este resultado (la igualdad estadística entre las medias de la F₁ y la F₂) no es compatible con la existencia de variabilidad genética intravarietal de consideración ni de acción génica no aditiva. En altura de planta (AP) se encontró diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) en todos los híbridos evaluados excepto en 'Reconquista', 'Barbarian' y 'Don Raúl'. Sin embargo, salvo en 'Barbarian', la varianza de la generación F₂ siempre fue mayor. En número de frutos (NF), se encontró diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$ ó $\alpha \leq 0.01$) en todos los genotipos estudiados excepto en 'Llanero' y en seis variedades la varianza de la F₁ fue mayor que la de su correspondiente F₂. Lo anterior no concuerda con lo esperado en el sentido de que los híbridos, heterocigóticos probablemente para un número grande de loci, al segregar en la siguiente generación deben mostrar un incremento en la variación.

Cuadro 3.5. Comparación de la varianza de la F₁ con la de la F₂ mediante una prueba de F en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo saladete.

Híbrido	VA (días)			AP (cm)			NF		
	F ₁	F ₂	α	F ₁	F ₂	α	F ₁	F ₂	α
'Loreto'	4.15	2.65	ns	58.33	175.00	**	516.33	10,742.33	**
'Reconquista'	2.90	5.25	ns	100.00	158.33	ns	140.33	1,376.33	**
'7705'	3.37	3.41	ns	26.33	400.00	**	1,180.33	306.33	**
'Barbarian'	5.94	7.09	ns	100.00	58.33	ns	170.33	4,300.33	**
'Sahel'	3.72	6.53	ns	12.50	358.33	**	3,913.00	1,456.00	*
'Charanda'	3.38	5.56	ns	100.00	433.33	**	306.33	27.00	**
'Llanero'	7.00	3.77	ns	58.33	325.00	**	5,136.33	4,681.33	Ns
'Marcia'	6.33	3.25	ns	33.33	300.00	**	364.00	2.33	**
'Don Raúl'	14.15	10.65	ns	100.00	175.00	ns	3,441.00	380.33	**

VA: Vida de anaquel; AP: Altura de planta; NF: Número de frutos; F_1 : Varianza de la F_1 ; F_2 : Varianza de la F_2 ; *: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.05$; **: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.01$.

Para número de frutos por racimo (NFR), se encontró diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$ o $\alpha \leq 0.01$) entre las varianzas de ocho híbridos con las de su correspondiente F_2 , en concordancia con lo encontrado por Martínez *et al.* (2005), la excepción ocurrió en el híbrido "Llanero". Estos resultados coinciden con lo que se encontró para número de frutos (NF), lo cual no es sorprendente para estas dos variables tan correlacionadas.

Con relación a peso promedio de fruto (PPF), se detectó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre la F_1 y la F_2 en todos los híbridos estudiados a excepción de '7705'. Notablemente, el número de frutos, número de frutos por racimo y peso promedio de frutos (tres variables correlacionadas) mostraron estimaciones de las varianzas de las generaciones F_1 que tienden a ser mayores que las de sus correspondientes F_2 . En teoría, sin embargo, debido a la segregación de la F_2 se esperaría la tendencia contraria, que sí ocurrió para vida de anaquel, altura de planta y rendimiento total (Cuadros 3.5 y 3.6). La falta de congruencia entre teoría y práctica que se observó en algunos casos puede atribuirse, al menos en parte, al tamaño de muestra utilizado, 24 plantas tanto para F_1 como para F_2 , ya que para la especie bajo estudio. Poehlman y Allen (2003) indicaron que se requiere de 1,000 hasta 10,000 plantas para tener una exploración aceptable de la

segregación. Por supuesto, no se puede ignorar la variación aleatoria de error en la explicación de este resultado.

En el caso de rendimiento total (RT), se detectó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$ ó $\alpha \leq 0.01$) entre las varianzas de la F_1 y de la F_2 en siete híbridos; y sólo en uno de ellos ('Marcia') la F_2 no presentó mayor varianza que la F_1 . Martínez *et al.* (2005) también encontraron que las poblaciones F_2 de jitomate tienen mayor varianza para esta variable. Es importante mencionar que dichas varianzas no son genéticas sino varianzas fenotípicas.

Cuadro 3.6. Comparación de varianzas entre la F_1 y la F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de nueve híbridos de jitomate tipo 'saladete'.

Híbrido	NFR			PPF			RT (kg)		
	F_1	F_2	α	F_1	F_2	α	F_1	F_2	α
'Loreto'	0.13	2.62	**	21.00	6.57	**	3.17	106.77	**
'Reconquista'	0.03	0.34	**	4.00	20.16	**	3.40	8.55	*
'7705'	0.29	0.07	**	72.14	68.99	ns	2.25	3.30	Ns
'Barbarian'	0.04	1.05	**	147.69	40.13	**	3.83	15.74	**
'Sahel'	0.96	0.36	*	452.89	4.64	**	5.62	21.51	**
'Charanda'	0.07	0.01	**	271.05	22.90	**	0.42	2.44	**
'Llanero'	1.25	1.14	ns	3.10	177.16	**	19.07	90.76	**
'Marcia'	0.09	0.01	**	109.02	1.11	**	5.66	0.06	**
'Don Raúl'	0.84	0.09	**	285.89	9.17	**	7.88	8.39	Ns

NFR: Número de frutos por racimo; PPF: Peso promedio de frutos; RT: Rendimiento total. F_1 : Varianza de la F_1 ; F_2 : Varianza de la F_2 ; *: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.05$; **: Significancia estadística con $\alpha \leq 0.01$.

3.6. CONCLUSIONES

Para las condiciones específicas en que se desarrolló el presente trabajo se concluye que para vida de anaquel y altura de planta no hay diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las medias de la F_1 y de su F_2 en cada uno de los híbridos. Sin embargo, en las generaciones F_2 se redujo el rendimiento desde 14 hasta 50 % en relación a su F_1 . También se encontró que no siempre las varianzas fenotípicas de las poblaciones F_2 fueron mayores que las de sus correspondientes F_1 .

3.7. LITERATURA CITADA

- Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. 2003. La industria de la horticultura protegida en México, pp: 1-17. *In*: Manual de producción hortícola en invernadero. Muñoz-Ramos, J. J. y Castellanos, J. Z (eds). INCAPA, D. F. México.
- Coutiño, B. E.; Sánchez, G. G.; Vidal, M. A. 2004. El uso de la semilla F₂ de híbridos de maíz en la Frailesca, Chiapas reduce el rendimiento y las ganancias netas. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(3): 261-266.
- De Vicente, M. C.; Tanksley, S. D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-589.
- Espinosa, A.; López, M. A.; Tadeo, M. 1998. Análisis agroeconómico del uso de semilla mejorada de maíz en los valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 53-58.
- Foolad, M. R.; Subbiagh, 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.
- Grandillo, S.; Zamir, D.; Tanksley, S. D. 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: a 20 years perspective. *Euphytica* 110(2): 85-97.
- Martínez, S. J.; Peña, L. A.; Rodríguez, P. J. E.; Villanueva, V. C.; Sahagún, C. J.; Peña, O. M. G. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F₂. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 299-307.

- Martínez-Gómez, M. I.; Gaytán-Bautista, R.; Reyes-Mauro, L.; Mayek-Pérez, N.; Padilla-Ramírez, J. S.; Luna-Flores, M. 2006. Rentabilidad de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de híbridos de maíz. *Agrociencia* 40: 677-685.
- 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.
- Neal, N. P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 27: 666-670.
- 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. Boletín 3. 58 p.
- Poehlman, J. M.; Allen, D. S. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. D. F. México. Pp: 172-176.
- Rodríguez, G.; Pratta, G.; Zorzoli, R.; Picardi, L. A. 2005. Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate con genes *nor* y silvestres. *Pesq. Agrop. Bras.* 40(1): 41-46.
- SAGARPA. 2002. Análisis del jitomate. www.siea.sagarpa.gob.mx/Infomer/ accesado 25-07-08
- Sahagún, C. J.; Villanueva, V. C. 1997. Teoría de las variedades sintéticas formadas con híbridos de cruce simple. *Rev. Fitotec. Mex.* 20: 69-79.
- Sahagún, C. J.; Villanueva, V. C. 2003. Coeficiente de endogamia de las variedades sintéticas de cruces dobles. *Agrociencia* 37(6): 641-655.

Valdivia, B. R.; Vidal, M. A. 1995. Efecto de generaciones avanzadas en la producción de diferentes tipos de híbridos de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 18: 69-76.

4. DISCUSIÓN GENERAL

Con base en el primer trabajo en donde se consideró a la aptitud combinatoria general (ACG) se detectaron efectos positivos en el carácter vida de anaquel atribuido a la utilización de híbridos de compañías diferentes los cuales probablemente provienen de materiales genéticos divergentes (Falconer y Mackay, 2006). Si se toma como referencia que los efectos de ACG estiman a la varianza aditiva (Martínez, 1988), la cual puede ser explotada a través de esquemas de selección, entonces 'Marcia' es el híbrido que produciría los mejores resultados en un programa de mejoramiento genético por selección en donde se busque incrementar la vida de anaquel debido a que presentó el valor más alto (1.03 días) en ACG. En este contexto, 'Don Raúl' mostró los valores más altos en número de frutos por racimo y rendimiento total con 0.66 frutos y 3.97 kg por parcela de ocho plantas respectivamente por lo cual también puede ser usado en un esquema de selección recíproca recurrente con el fin de obtener híbridos.

La ACE se refiere al comportamiento de cada combinación híbrida en relación a sus líneas progenitoras (Saprague y Tatum, 1942). De las 45 cruzas posibles entre progenitores 24 de ellas presentaron efectos negativos en ACE en peso promedio de fruto y 22 en rendimiento total. Las magnitudes mayores de los efectos de ACE fueron las de las cruzas '7705' x 'Barbarian' y '7705' x 'Llanero'. Con base en esto, el híbrido '7705' sería la mejor opción para formar

líneas en un programa de mejoramiento genético por selección en donde se busque aumentar número de frutos y rendimiento total, sin embargo, debido a la segregación de la forma del fruto que se presentó tanto en las cruzas dobles como en F_2 , deberá atenderse el segregante de la selección debido a que el mercado actual demanda uniformidad en la forma de fruto.

No se detectó ninguna diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$) en efectos maternos ni en efectos recíprocos, similar a lo encontrado por Lapushner y Frankel (1981). Lo anterior sugiere que se puede usar un diseño dialélico que incluya sólo a las cruzas directas para obtener estimadores aceptables de los parámetros genéticos en los caracteres analizados en este trabajo en futuras investigaciones.

La heterosis con respecto al progenitor medio ($H\bar{p}$) para vida de anaquel (Cuadro 2.7) y altura de planta no fue estadísticamente significativa ($\alpha \leq 0.05$); también cuando se comparó el comportamiento de la F_1 con respecto a su F_2 en estos caracteres no se encontró diferencias entre las dos generaciones, lo cual sugiere que el uso de cualquiera de ellas tendrá un comportamiento similar. Esto, aunado a que en la mayoría de las cruzas se encontró heterosis negativa, sugiere que los efectos de ACG pueden ser aprovechados en mayor medida que los efectos de ACE, lo cual indica que la aditividad es el tipo de acción génica positiva predominante en la expresión de dichos caracteres. Sin embargo, la mayoría de las cruzas mostraron valores intermedios entre sus respectivas líneas parentales y varias mostraron heterosis negativa, excepto la

cruza 'Don Raúl' x 'Llanero' que presentó efectos positivos estadísticamente significativos ($\alpha \leq 0.05$) tanto en peso promedio de fruto como en rendimiento total.

La heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp}), fue significativa ($\alpha \leq 0.05$) en la cruce '7705' x 'Barbarian' en los caracteres número de frutos, número de frutos por racimo y rendimiento total con 32, 28 y 30 %, respectivamente de (H_{mp}). Análogamente, Stoner y Thompson (1979) y Kurian *et al.* (2001) encontraron híbridos que rindieron más que sus mejores progenitores. En el contexto del rendimiento y sus componentes, esta cruce en particular tiene potencial para ser usada para un programa de mejoramiento genético por hibridación.

En rendimiento total de fruto, las reducciones observadas en las F_2 de todos los híbridos fluctuaron entre 18.66 y 50.08 % y fueron estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$ ó $\alpha \leq 0.01$) excepto la de 'Don Raúl' (14.32 %). Esta excepción es congruente al no haberse observado disminución estadísticamente significativa en número de frutos por racimo y peso promedio de fruto. En este sentido, no se sugiere el uso de generaciones F_2 de jitomate 'saladete' debido a que reducen el rendimiento.

En general se encontró que las poblaciones de las generaciones F_2 presentaron mayor varianza intrapoblacional en relación a la F_1 lo cual es debido a la segregación ocurrida, aunque en algunos casos se presentó el

fenómeno contrario lo cual no concuerda con la teoría genética o bien puede ser por el uso de líneas emparentadas en alto grado en la conformación de los híbridos.

Este trabajo mostró que el híbrido 'Don Raúl' tiene la ACG más alta en rendimiento total, y que su cruce con 'Llanero' produjo valores altos en heterosis con respecto al mejor progenitor y heterosis específica. Asimismo, su F_2 mostró la menor reducción en rendimiento.

El método empleado en la elección de progenitores fue el conveniente debido a que es el mismo que utilizan las compañías semilleras de hortalizas, las cuales realizan cruces entre variedades ya sea de sus materiales propios o de otras compañías.

El empleo de cruces dobles y uso de generaciones F_2 es conveniente para la producción de jitomate tipo 'saladete' sólo si se busca rendimiento y sus componentes, sin embargo, en las primeras generaciones hay segregación en la forma del fruto que puede ser desde tipo 'guaje' hasta tipo 'bola' y actualmente el mercado demanda jitomate con fruto uniforme, por lo cual no se sugiere el empleo de las cruces dobles en las primeras generaciones, aunque, se puede realizar el avance de las líneas a F_6 o F_7 para estabilizarlas.

De manera general, no se encontró altos niveles de heterosis y en el estudio de la F_2 varios híbridos disminuyeron drásticamente su rendimiento lo cual sugiere

que este no ha sido el enfoque principal de los mejoradores de jitomate en los últimos años (Grandillo *et al.*, 1999) sino que se han enfocado a incorporar resistencia o tolerancia a enfermedades principalmente *Fusarium oxiosporum* raza 3 y diferentes tipos de virosis sin dejar de lado variedades que posean larga vida de anaquel.

Se sugiere que en estudios posteriores se evalúe en los materiales empleados en este trabajo la resistencia a enfermedades y el tipo de herencia de la forma del fruto. También es conveniente realizar un análisis económico en donde se relacione el costo por concepto de semilla y las pérdidas ocasionadas por el uso de semillas de generaciones F_2 (Coutiño *et al.*, 2004) o de cruzas dobles.

5. CONCLUSIONES GENERALES

'Marcia' es el progenitor que amerita mayor consideración para un programa de mejoramiento por selección para larga vida de anaquel debido a su mayor efecto de ACG y a su mayor promedio.

'Barbarian' tiene potencial para ser considerado en un programa de mejoramiento por selección para número de frutos debido a que su ACG fue alta y las cruzas 'Barbarian' x 'Charanda' y 'Barbarian' x '7705' pueden considerarse para un programa por hibridación por sus valores altos en heterosis.

'Sahel' fue el progenitor con mayor ACG en peso de fruto y la cruce de '7705' x 'Sahel' fue la que presentó los mejores valores en heterosis.

No se encontró efectos maternos ni efectos recíprocos en los caracteres estudiados.

'Don Raúl' fue el progenitor que produjo los valores más altos de ACG y de promedio en rendimiento total por lo que puede ser utilizado en un programa de mejoramiento por selección, y las cruzas 'Don Raúl' x 'Loreto' y 'Don Raúl' x 'Llanero' pueden usarse exitosamente como cruces dobles debido a que mostraron valores altos en heterosis.

En vida de anaquel y altura de planta no hay diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las medias de la F_1 y de su F_2 en cada uno de los híbridos estudiados. Sin embargo, en las generaciones F_2 se redujo el rendimiento desde 14 hasta 50 % en relación a su F_1 excepto 'Don Raúl' que redujo su rendimiento en sólo un 14 %. También se encontró que no siempre las varianzas fenotípicas de las poblaciones F_2 fueron mayores que las de sus correspondientes F_1 .

No se sugiere el uso de cruzas dobles o de la generación F_2 en jitomate 'saladete' debido a que hay segregación en la forma de fruto.

6. LITERATURA GENERAL CITADA

- Balzarini, M. 2002. Applications of mixed models in plant breeding. *In*: Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. M. S. Kang (Ed.). CAB International. 353-364 pp.
- Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. 2003. La industria de la horticultura protegida en México, pp: 1-17. *In*: Manual de producción hortícola en invernadero. Muñoz-Ramos, J. J. y Castellanos, J. Z (eds). INCAPA, D. F. México.
- Coutiño, B. E.; Sánchez, G. G.; Vidal, M. A. 2004. El uso de la semilla F₂ de híbridos de maíz en la Frailesca, Chiapas reduce el rendimiento y las ganancias netas. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(3): 261-266.
- 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.
- Espinosa, A.; López, M. A.; Tadeo, M. 1998. Análisis agroeconómico del uso de semilla mejorada de maíz en los valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 53-58.
- Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. 2006. Introducción a la Genética Cuantitativa. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 469 p.
- Foolad, M. R.; Subbiagh, 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.

- Gardner, C. O.; Eberhart, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452.
- Gardner, C. O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotecnia Latinoamericana* 4(2): 1-12.
- Grandillo, S.; Zamir, D.; Tanksley, S. D. 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: a 20 years perspective. *Euphytica* 110(2): 85-97.
- Griffing, B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Kurian, A.; Meter, K. V.; Rajan, S. 2001. Heterosis for yield components and fruit characters in tomato. *J. Tropical Agric.* 39: 5-8.
- Lapushner, D.; Frankel, R. 1981. Parent-offspring relations for quantitative traits in a 10 x 10 diallel cross of fresh market tomatoes. *Proc. Meet. Eucarpia Tomato Working Group*. Avignon, France. May 18-21. 37-43 pp.
- Maluf, W. R.; Miranda, J. E. C.; Campos, J. P. 1982. Genetic analysis of a diallel cross in tomato cultivars. I. Yield related characters. *Pesq. Agrop. Bras.* 17(4): 633-641.
- Martínez, S. J.; Peña, L. A.; Rodríguez, P. J. E.; Villanueva, V. C.; Sahagún, C. J.; Peña, O. M. G. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F₂. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 299-307.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños y Análisis de Experimentos de Cruzas Dialélicas. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 252 p.

- Martínez-Gómez, M. I.; Gaytán-Bautista, R.; Reyes-Mauro, L.; Mayek-Pérez, N.; Padilla-Ramírez, J. S.; Luna-Flores, M. 2006. Rentabilidad de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de híbridos de maíz. *Agrociencia* 40: 677-685.
- Mastache L., A.; Martínez G. A. 2003. Un algoritmo para el análisis, estimación y predicción en experimentos dialélicos balanceados. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(3): 191-200.
- 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.
- Moll, R. H.; Lonquist, J. H.; Vélez-Fortuño, J.; Johnson, E. C. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 53: 139-144.
- Neal, N. P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 27: 666-670.
- Peña L., A.; Molina G., J. D.; Cervantes S., T.; Márquez S., F.; Sahagún C., J. Ortiz C., J; 1998. Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(1): 31-37.
- 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. Boletín 3. 58 p.
- Poehlman, J. M.; Allen, D. S. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. D. F. México. Pp: 172-176.

- Rodríguez, G.; Pratta, G.; Zorzoli, R.; Picardi, L. A. 2005. Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate con genes *nor* y silvestres. *Pesq. Agrop. Bras.* 40(1): 41-46.
- Sahagún, C. J.; Villanueva, V. C. 1997. Teoría de las variedades sintéticas formadas con híbridos de cruce simple. *Rev. Fitotec. Mex.* 20: 69-79.
- Sahagún, C. J.; Villanueva, V. C. 2003. Coeficiente de endogamia de las variedades sintéticas de cruces dobles. *Agrociencia* 37(6): 641-655.
- Sprague, G. F.; Tatum, L. A. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. of Agronomy* 34(10): 923-932.
- Stoner, A. K.; Thompson, A. E. 1979. A diallel analysis of solids in tomatoes. *Euphytica* 15: 377-382.
- Tigchelaar, E. C. 1986. Tomato Breeding. *In: Breeding Vegetable Crops.* M. J. Bassett (Ed.). Avi Publishing Company. Westport, Connecticut. 584 p.
- Valdivia, B. R.; Vidal, M. A. 1995. Efecto de generaciones avanzadas en la producción de diferentes tipos de híbridos de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 18: 69-76.