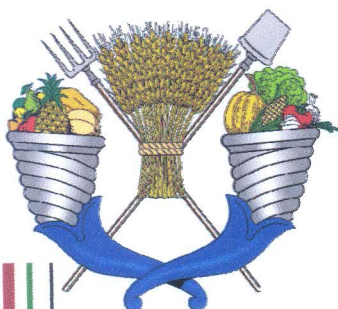




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**HETEROSIS INTERVARIETAL Y USO DE
GENERACIONES F₂ DE HÍBRIDOS DE
JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**



PRESENTA:

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

JUAN MARTÍNEZ SOLÍS

Chapingo, Méx., Agosto de 2004

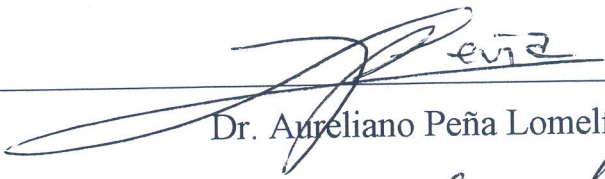


HETEROSIS INTERVARIETAL Y USO DE GENERACIONES F₂ DE HÍBRIDOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

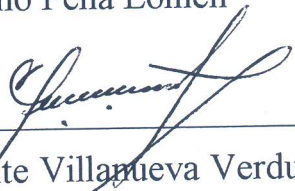
Tesis realizada por Juan Martínez Solís bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR _____


Dr. Aureliano Peña Lomeli

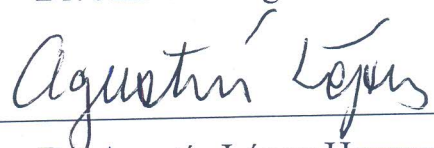
ASESOR _____


Dr. Clemente Villanueva Verduzco

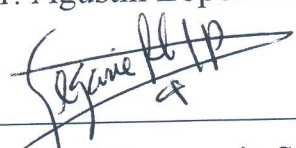
ASESOR _____


Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR _____

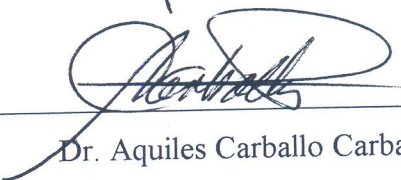

Dr. Agustín López Herrera

ASESOR _____


Dr. Juan P. Legaria Solano

LECTOR

EXTERNO _____


Dr. Aquiles Carballo Carballo

DATOS BIOGRAFICOS

Originario de la Ciudad de México el autor realizó estudios profesionales en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México durante el período 1980-1985, en donde obtuvo el título de Ingeniero Agrícola especialista en Agroecosistemas en 1987.

De 1986 a 1988 se desempeñó como investigador del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria del Estado de México, participando en proyectos de Sistemas de Producción y Validación y Transferencia de Tecnología en coordinación con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias; en 1987 y 1988 también colaboró como asesor técnico en el programa de producción de hortalizas para el Estado de México bajo la responsabilidad de la Protectora Industrializadora de Bosques.

Durante 1988 y 1989 realizó estudios de postgrado en el Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, donde se le otorgó el grado de Maestro en Ciencias en Genética, y su formación estuvo básicamente enfocada en la producción y tecnología de semillas.

De enero de 1990 a la fecha se desempeña como profesor-investigador titular del curso de Producción y Tecnología de Semillas en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. También ha impartido siete cursos prestando servicio a cinco especialidades de esta Universidad. Ha dirigido once tesis de licenciatura y asesorado más de cuarenta.

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres Armando y Elvira, quienes seguramente desde algún sitio comparten con nosotros la satisfacción de este logro.

Con todo mi amor a Gisela y Annia por la paciencia y ayuda que me dieron para alcanzar esta meta, y por el cariño incondicional que siempre me brindan.

A mis hermanos por su solidaridad y amor.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Universidad Autónoma Chapingo por el soporte que me brindaron para poder llevar a cabo este programa doctoral.

A los Doctores Aureliano Peña Lomelí, Enrique Rodríguez Pérez y Gisela Peña Ortega por su apoyo incondicional y desinteresado en la planeación, desarrollo, culminación y financiamiento de esta investigación.

Al Doctor Jaime Sahagún Castellanos por sus acertados consejos para el análisis estadístico de experimentos y sus excelentes propuestas para la escritura y edición del presente documento.

A todos los miembros del comité asesor por las observaciones y sugerencias brindadas en el proceso de investigación y escritura de documentos.

A todas las personas que de alguna manera estuvieron involucradas en todo el proceso de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iii
RESUMEN GENERAL	viii
GENERAL ABSTARCT	ix
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENTRE HÍBRIDOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) Y SUS RESPECTIVAS POBLACIONES F ₂	4
2.1. RESUMEN	4
2.2. ABSTRACT	4
2.3. INTRODUCCIÓN	5
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.4.1. OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE GENERACIONES F ₂	7
2.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	9
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
2.5.1. VARIEDADES TIPO SALADETE	10
2.5.2. VARIEDADES TIPO BOLA	15
2.6. CONCLUSIONES	22
2.7. LITERATURA CONSULTADA	23
3. HETEROSIS INTERVARIETAL EN JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	25
3.1. RESUMEN	25
3.2. ABSTRACT	26
3.3. INTRODUCCIÓN	27
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.4.1. CRUZAS DIALÉLICAS	33
3.4.2. EVALUACIÓN DE DIALÉLICOS	34
3.4.3. ANÁLISIS DE DIALÉLICOS	35
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.5.1. VARIEDADES TIPO SALADETE	38
3.5.1.1. ANÁLISIS DE VARIANZA	38
3.5.1.2. VARIEDADES SALADETE DETERMINADO	39
3.5.1.2.1. COMPARACIÓN DE MEDIAS	39
3.5.1.2.2. ANÁLISIS DE PROGENITORES	40
3.5.1.2.3. APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA Y HETEROSIS DE LOS HÍBRIDOS	42
3.5.1.3. VARIEDADES SALADETE INDETERMINADO	49
3.5.1.3.1. COMPARACIÓN DE MEDIAS	49
3.5.1.3.2. ANÁLISIS DE PROGENITORES	50

3.5.1.3.3. APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA Y HETEROSIS DE LOS HÍBRIDOS	52
3.5.2. VARIEDADES TIPO BOLA	57
3.5.2.1. ANÁLISIS DE VARIANZA	57
3.5.2.2. VARIEDADES BOLA DETERMINADO	58
3.5.2.2.1. COMPARACIÓN DE MEDIAS	58
3.5.2.2.2. ANÁLISIS DE PROGENITORES	59
3.5.2.2.3. APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA Y HETEROSIS DE LOS HÍBRIDOS	60
3.5.2.3. VARIEDADES BOLA INDETERMINADO	66
3.5.2.3.1. COMPARACIÓN DE MEDIAS	66
3.5.2.3.2. ANÁLISIS DE PROGENITORES	68
3.5.2.3.3. APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA Y HETEROSIS DE LOS HÍBRIDOS	69
3.6. CONCLUSIONES	76
3.7. LITERATURA CONSULTADA	77
4. DISCUSIÓN GENERAL	79
4.1. JITOMATE SALADETE DE HÁBITO DETERMINADO	79
4.2. JITOMATE SALADETE DE HÁBITO INDETERMINADO	81
4.3. JITOMATE BOLA DE HÁBITO DETERMINADO	81
4.4. JITOMATE BOLA DE HÁBITO INDETERMINADO	82
5. CONCLUSIONES GENERALES	84
6. LITERATURA GENERAL CONSULTADA	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
2.1. Híbridos comerciales de jitomate de diferente tipo de fruto y hábito de crecimiento.	7
2.2. Cuadrados medios del análisis de varianza y de prueba de contrastes para tres caracteres en jitomate tipo saladete de dos hábitos de crecimiento.	10
2.3. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo saladete de crecimiento determinado y su respectiva generación filial dos (F_2).	11
2.4. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado.	12
2.5. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo saladete de crecimiento indeterminado y su respectiva generación filial dos (F_2).	13
2.6. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado.	13
2.7. Cuadrados medios del análisis de varianza y de prueba de contrastes para tres caracteres en jitomate tipo bola de dos hábitos de crecimiento.	15
2.8. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo bola determinado y su respectiva generación filial dos (F_2).	16
2.9. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo bola de crecimiento determinado.	18

Cuadro	Pág.
2.10. Medias de producción total por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo bola indeterminado y su respectiva generación filial dos (F_2).	18
2.11. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo bola de crecimiento determinado.	20

Cuadro	Pág.
3.1. Progenitores (Pi) comerciales de jitomate repartidos en cuatro grupos de acuerdo a su tipo de fruto y hábito de crecimiento.	33
3.2. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método II de cruza dialélicas de Griffing para tres caracteres en jitomate tipo saladete.	38
3.3. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado de las cruza del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi x Hj).	40
3.4. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado.	41
3.5. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado.	42
3.6. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete determinado.	44
3.7. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete determinado.	45
3.8. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete determinado.	46
3.9. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado de las cruza del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi x Hj).	50

Cuadro	Pág.
3.10. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado.	51
3.11. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado.	53
3.12. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete indeterminado.	54
3.13. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete indeterminado.	55
3.14. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete indeterminado.	56
3.15. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método II de cruas dialélicas de Griffing para tres caracteres en jitomate tipo bola.	58
3.16. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo bola de crecimiento determinado de las cruas del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi x Hj).	59
3.17. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo bolade crecimiento determinado	60
3.18. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo bola de crecimiento determinado.	61

Cuadro	Pág.
3.19. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola determinado.	62
3.20. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola determinado.	63
3.21. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales (H_{ij}) de jitomate tipo bola determinado.	64
3.22. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado de las cruas del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales ($H_i \times H_j$).	67
3.23. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (P_i) de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado	68
3.24. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado.	69
3.25. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola indeterminado.	71
3.26. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola indeterminado.	72
3.27. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola indeterminado.	73

HETEROSIS INTERVARIETAL Y USO DE GENERACIONES F_2 DE HÍBRIDOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

RESUMEN GENERAL

Con el propósito de determinar la conveniencia del uso de generaciones F_2 de híbridos para producción de jitomate y la posibilidad de utilizar híbridos comerciales de jitomate como progenitores en programas de mejoramiento genético, fueron desarrollados dos proyectos de investigación en la Universidad Autónoma Chapingo.

Los jitomates tipo saladete no mostraron diferencias significativas en la producción de fruto por planta entre los híbridos F_1 y sus generaciones F_2 . Los híbridos de crecimiento determinado 'Zuley' y 'Madeer' mostraron buena aptitud combinatoria general (ACG), por lo que pueden ser usados en programas de selección; mientras que 'Hypeel 45' mostró mejor comportamiento para ser utilizado como fuente de líneas progenitoras. Los híbridos de crecimiento indeterminado 'Italdor' y 'Drw 3410' se recomiendan para selección debido a su buena ACG; no obstante, altos valores de aptitud combinatoria específica (ACE) fueron observados entre ellos.

Los jitomates tipo bola de crecimiento determinado 'Equinox' y 'Home sweet', mostraron efecto significativo en la producción de frutos por planta entre los híbridos F_1 y sus generaciones F_2 . El híbrido 'Acclaim' presentó buenos valores de aptitud combinatoria general por lo que es buen prospecto para hacer selección recurrente. En los genotipos de crecimiento indeterminado, ocho híbridos redujeron su producción de fruto en al menos 20 % en las generaciones F_2 , pero sólo el efecto fue significativo en 'Ball 544191', 'Jobot', 'Bond' y 'Galileo Formely'. El híbrido 'Bond' mostró una alta aptitud combinatoria general y heterosis varietal por lo que es un excelente recurso genético para programas de mejoramiento por selección e hibridación.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Generaciones F_2 , mejoramiento de plantas, apareamientos dialélicos, aptitud combinatoria, heterosis.

INTERVARIETAL HETEROSIS AND USE OF F₂ HYBRID GENERATIONS OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

GENERAL ABSTRACT

In order to determine the convenience of using F₂ hybrid generations in tomato production, and the possibility of using tomato brand hybrids as parental germplasm in a breeding program, two research proposals were developed at Universidad Autónoma Chapingo.

Saladete type tomatoes did not show statistical significance between F₁ and F₂ for total fruit weight per plant. Bush type hybrids 'Zuley' and 'Madeer' showed high estimates of general combining ability (GCA); therefore they could be used in a selection breeding program. Meanwhile 'Hypeel 45' showed good performance for being used as a source of parental lines. The Indeterminate growth habit hybrids 'Italdor' and 'Drw 3410' are recommended to be use in selection breeding since they had high GCA estimates. However, high values of specific combining ability (ECA) were observed between them.

The bush growth habit ball fruit type hybrids 'Equinox' and 'Home sweet' showed statistical significance between F₁ and F₂ for total fruit weight per plant. 'Acclaim' hybrid had good estimates of (GCA); therefore it is good prospect to be used for recurrent selection. Among the indeterminate growth habit genotypes eight F₂ generations reduced their total fruit weight per plant in at least 20 %. However, these reductions were statistically significant just for 'Ball 544191', 'Jobot', 'Bond' and 'Galileo Formely' hybrids. The 'Bond' hybrid showed high GCA and variety heterosis, thus it could be an excellent genetic source for both selection and hybridizing breeding programs.

ADDITIONAL KEY WORDS: F₂ generations, plant breeding, diallel crosses, combining ability, heterosis.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial y nacional, particularmente porque en las últimas décadas el consumo *per cápita* ha aumentado notablemente, ya que además de consumirse en fresco, recientemente la industrialización de este fruto se ha intensificado como respuesta a la demanda de las cadenas de restaurantes de comida rápida que se han popularizado tanto en países del primer mundo, como en los que están en vías de desarrollo (DeGiglio, 2003).

Ante esta situación, la producción y las áreas de cultivo de jitomate se vienen incrementando, en donde destaca la inversión para producir en invernadero, por la posibilidad de tener más ciclos por año y además, proteger al cultivo cuando las condiciones no son óptimas para su crecimiento y desarrollo a campo abierto.

Paralelamente, se ha estado desarrollando tecnología para incrementar la productividad, de tal manera que además de otras cuestiones técnicas, a la fecha existe una gama muy amplia de variedades mejoradas. En este sentido, los híbridos que empezaron a generarse masivamente desde los ochentas, han permitido en gran medida tener cada vez mayor éxito en la producción, ya que no sólo han incrementado el rendimiento, sino que también los genetistas han incorporado características que hacen a las plantas más atractivas para los productores, ya que poseen resistencia a enfermedades, tolerancia a estrés,

larga vida de anaquel, y mejor calidad de fruto, entre otros atributos (Grandillo *et al.*, 1999).

Desafortunadamente el mayor número de híbridos comerciales ofertados a nivel mundial está controlado por un grupo pequeño de empresas transnacionales (Anónimo, 2004), que evidentemente han invertido fuertes cantidades de dinero en sus programas de mejoramiento y entonces el precio de la semilla puede representar para los horticultores una parte considerable de los costos de producción. Por esta razón, ocasionalmente algunos agricultores, especialmente de países en desarrollo, utilizan la segunda generación filial con el propósito de reducir los costos producción, bajo el supuesto de que el comportamiento de esta semilla a veces es muy similar a la del híbrido.

Tomando en cuenta que la demanda del jitomate se incrementa y considerando que actualmente hay un mayor interés por producir este cultivo en invernadero, las instituciones mexicanas de enseñanza e investigación están poniendo especial atención en la generación de tecnología para las condiciones de nuestro país, por lo que en este contexto crear un programa de mejoramiento genético es indispensable para llegar al éxito esperado.

Por lo anterior, el propósito de la presente investigación fue generar información para contribuir al conocimiento genotécnico de este cultivo, para lo cual se desarrollaron dos estudios con los siguientes **objetivos**: a) evaluar la producción de híbridos comerciales de jitomate con respecto a su generación

filial dos y, b) determinar mediante el uso de métodos convencionales, la factibilidad del empleo de genotipos comerciales como progenitores en un programa de mejoramiento.

Cada capítulo corresponde a un estudio por lo que están estructurados como artículos independientes y al final se hace una discusión general con la idea de congregar los principales resultados de cada experimento y así generar conclusiones globales del proyecto de investigación.

2. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENTRE HÍBRIDOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Y SUS RESPECTIVAS POBLACIONES F₂

Juan Martínez-Solís¹, Aureliano Peña-Lomelí¹, Enrique Rodríguez-Pérez¹,
Clemente Villanueva-Verduzco,¹ Jaime Sahagún-Castellanos¹

2.1. RESUMEN

Con el propósito de evaluar el comportamiento entre genotipos de jitomate F₁ y F₂, 37 híbridos y sus respectivas generaciones F₂ fueron cultivadas en invernadero. La mayoría de las generaciones F₂ presentaron menor peso total de fruto por planta y número de frutos por planta con respecto a sus F₁, sin embargo, el efecto fue estadísticamente significativo sólo en seis genotipos tipo bola, los cuales abatieron su producción de fruto de F₂ en al menos 20 %.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicon esculentum* Mill., generaciones F₂, mejoramiento de plantas.

PERFORMANCE OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) HYBRIDS AND THEIR F₂ GENERATIONS

2.2. ABSTRACT

In order to evaluate the performance between F₁ and F₂ tomato genotypes, 37 hybrids and their F₂ generations were grown under greenhouse conditions. Most of the F₂ generations had lower values for total fruit weight per plant and fruit number per plant, compared to their F₁ hybrids. However, these differences were statistically significant only in six genotypes, whose F₂ showed fruit production reduction over 20 %.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Lycopersicon esculentum* Mill., F₂ generations, plant breeding.

¹Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C. P. 56230. (¹Autor responsable) e-mail juanmtz91@hotmail.com

2.3. INTRODUCCIÓN

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

Este cultivo ha sido de mucha importancia económica para México, ya que a pesar de que Estados Unidos de Norteamérica contribuye junto con China con el 15 % de la producción mundial (Wijnands, 2003), dicho país sigue demandando el 90 % de las exportaciones mexicanas (González y Martínez, 2002), particularmente en la temporada invernal, ya que la producción en invernadero no puede competir en precio con el jitomate mexicano (Degiglio, 2003). Durante las últimas dos décadas los híbridos han jugado un papel definitivo en el incremento del rendimiento, la resistencia a diversas enfermedades, además de la mayor calidad de fruto y vida de anaquel, entre muchas otras características (Grandillo *et al.*, 1999). Sin embargo, los principales programas de mejoramiento genético de jitomate en el mundo son desarrollados principalmente por empresas transnacionales, las cuales venden semillas híbridas a precios de tres a diez veces mayores que los de las variedades, de tal modo que cada semilla llega a cotizarse en más de 40 centavos de dólar (Anónimo, 2004). En este contexto, el costo de producción por concepto de semilla es considerable para muchos productores mexicanos

de jitomate, ya que utilizan básicamente híbridos cuyos precios son mayores de 50 centavos por semilla (Juárez *et al.*, 2000).

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

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

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Obtención y evaluación de generaciones F₂

Treinta y siete híbridos comerciales de jitomate, clasificados en cuatro grupos de variedades de acuerdo a su tipo de fruto y hábito de crecimiento (Cuadro 2.1), se cultivaron bajo condiciones de hidroponia en el ciclo otoño-invierno del 2001 en los invernaderos del Postgrado de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 200 cavidades con “peat moss” como sustrato. Cinco plántulas por genotipo se trasplantaron 28 días después de la siembra en bolsas de polietileno negro de 5 kg de capacidad, las cuales previamente se llenaron con tezontle fino que se uso como sustrato durante todo el experimento.

Cuadro 2.1. Híbridos comerciales de jitomate de diferente tipo de fruto y hábito de crecimiento.

Tipo Saladete		Tipo Bola		
Indeterminado	Determinado	Determinado	Indeterminado	
'Ps 31212'	'Madeer'	'Sunmaster'	'Jobot'	'Kastalia'
'Italdor'	'Zuley'	'Home Sweet'	'Terrific VFN'	'Better Boy'
'Psx5712'	'Hybrid 882'	'Ginan'	'Carnival'	'Bond'
'Sunre 6110'	'Hypeel 45'	'Equinox'	'Lemon Boy'	'Heat Master'
	'Italpec'	'Chiro'	'Park 112589'	'Ball 544191'
	'Yaki'	'W 489'	'Super Steak'	'Roquetero'
	'H 7155'	'Acclaim'	'Beef Master'	
	'Río Oro'	'Pik Ripe'	'Lucky Lady'	
	'Casa del Sol'	'Zaden'	'Galileo Formely'	

El riego fue automatizado para dos veces por día (9:00 y 11:00 h) de cinco minutos cada uno con solución nutritiva en un sistema hidropónico sin

recuperación de solución. Durante las primeras dos semanas después del trasplante, la solución nutritiva, preparada de acuerdo a lo propuesto por Pérez y Brindis (1999), se suministró diluida al 50 %; posteriormente, la solución se aplicó sólo al 100 %.

Dos frutos por planta polinizados naturalmente se cosecharon al azar cuando alcanzaron su madurez comercial. La semilla se extrajo manualmente y se sumergió en una solución de ácido clorhídrico al 10 % durante diez minutos para separar el mucílago. Posteriormente, se lavaron con agua corriente y se secaron sobre papel secante por un período 48 horas a temperatura ambiente. Durante febrero y julio del 2002, el segundo ciclo se llevó a cabo también en invernadero y bajo hidroponia en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, con el mismo manejo mencionado para el ciclo anterior; no obstante, la programación automatizada del riego se hizo en dos períodos de 10 minutos cada uno (9:00 y 11:00 h) en virtud de que la temperatura durante este ciclo fue mayor.

Al considerar cada tipo de jitomate, de acuerdo con el hábito de crecimiento (determinado e indeterminado) y tipo de fruto (saladete y bola), se establecieron cuatro experimentos (uno para cada combinación de hábito y tipo de fruto), cada uno en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones para los híbridos comerciales y trece repeticiones para la semilla F_2 producida en el ciclo anterior. La unidad experimental estuvo conformada por una maceta la cual se colocó a una distancia entre macetas de 50 cm y de 75 cm entre hileras.

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

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

2.4.2. Análisis estadísticos.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza así como a una prueba de comparación de medias DMS ($p \leq 0.05$) para comparar los promedios de cada híbrido comercial contra su respectiva F_2 . Finalmente, se hizo una comparación de varianzas de dos poblaciones con distribución normal mediante la prueba de F a una $p \leq 0.05$ para valorar dicho estadístico entre cada híbrido F_1 y su respectiva F_2 .

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Variedades tipo saladete

Los resultados del análisis de varianza mostraron que no existen diferencias significativas entre los genotipos tipo saladete evaluados para ninguna de las variables estudiadas. (Cuadro 2.2). Estos resultados sugieren que los híbridos o sus generaciones F_2 proporcionaron el mismo beneficio en función de la producción total por planta, lo que indica que en algunos casos en la segunda generación se presentaron plantas con apariencia similar a las F_1 (Mohamed, 1998).

Cuadro 2.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para tres caracteres en jitomate tipo saladete de dos hábitos de crecimiento.

Fuente de variación	Hábito determinado				Hábito indeterminado			
	GL	PT	FT	PPF	GL	PT	FT	PPF
Repetición	12	172691	135	103	12	276664	198	499
Genotipos	17	323300	234	276	7	240464	238	286
Error	204	261771	124	121	84	328484	167	435
Total	233				104			
Media		1939	44	44		1456	33	45
CV (%)		26	25	24		39	38	45

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

Las comparaciones de medias para los genotipos tipo saladete de hábito de crecimiento determinado (Cuadro 2.3), muestran que existen algunos genotipos en los que las diferencias numéricas son importantes. Tal es el caso de 'Madeer' y 'Hybrid 882', los cuales superaron en peso total de fruto (PT) a sus respectivas F_2 en 22.8 y 18.6 %, mientras que 'Zuley' y 'Rio Oro' sólo

superan en 5 % a sus respectivas F_2 . Una situación similar ocurrió para el número de frutos por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) en los genotipos previamente mencionados, excepto para 'Rio Oro' donde la F_2 presentó mayor valor de PPF que su híbrido.

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

Cuadro 2.3. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo saladete de crecimiento determinado y su respectiva generación filial dos (F_2).

Nombre	PT (g)			FT			PPF (g)		
	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)
'Madeer'	2596.7	2003.3	22.8	52.6	45.0	14.4	49.0	46.6	4.9
'Zuley'	2243.7	2131.2	5.0	49.0	47.4	3.1	46.3	45.9	0.7
'H 7155'	2159.3	2170.9	0.5	48.3	47.0	2.7	46.1	46.4	0.7
'Hypeel 45'	2001.0	2013.6	0.6	49.3	48.0	2.7	41.2	41.8	1.4
'Hybrid 882'	1972.7	1605.0	18.6	55.6	48.3	13.0	35.5	33.1	6.7
'Italpec'	1899.3	1932.0	1.7	46.3	41.8	9.6	42.2	44.0	4.3
'Yaki'	1861.3	1849.5	0.6	43.3	46.3	6.8	43.4	40.1	7.7
'Rio Oro'	1840.3	1740.3	5.4	46.6	39.0	16.4	40.0	47.1	17.5
'Casa del Sol'	1730.3	1813.9	4.8	31.0	33.4	7.9	57.4	55.3	3.6
DMS	622.6			13.5			13.3		

DMS: diferencia mínima significativa para comparar entre F_1 y F_2 ; R: reducción entre F_1 y F_2 .

En los nueve híbridos evaluados, las varianzas en PT de sus respectivas F_2 fueron mayores a las varianzas de sus correspondientes F_1 , lo que en cierta forma aporta argumentos para establecer que efectivamente hay segregación en las F_2 (Cuadro 2.4); no obstante, la mayor varianza no necesariamente estuvo relacionada con una mayor o menor reducción de los valores obtenidos para las variables evaluadas, lo que sugiere que el comportamiento de cada genotipo también estuvo afectado de alguna manera por las condiciones ambientales (Griffing y Zsiros, 1970).

Cuadro 2.4. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado.

Nombre	PT ($\times 10^3$)			FT			PPF		
	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c
'Madeer'	145.4	237.2	0.61	49.3	146.7	0.33	7.3	169.8	0.04
'Zuley'	78.1	130.6	0.59	100.0	82.2	1.21	14.6	75.9	0.19
'H 7155'	38.6	374.8	0.10	4.3	236.0	0.01*	22.8	112.0	0.20
'Hypeel 45'	97.8	234.4	0.41	41.3	105.0	0.39	95.2	25.5	3.73
'Hybrid 882'	108.8	380.6	0.28	122.3	244.4	0.50	60.2	184.9	0.32
'Italpec'	10.6	625.1	0.01*	60.3	175.8	0.34	72.7	65.8	1.10
'Yaki'	45.9	253.3	0.18	177.3	87.8	2.01	63.8	50.2	1.27
'Río Oro'	79.3	229.7	0.34	89.3	49.4	1.8	41.7	379.4	0.10
'Casa del Sol'	135.2	146.5	0.92	76.0	71.2	1.06	221.6	97.7	2.26

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

En los jitomates tipo saladete de hábito indeterminado, hubo diferencias numéricas no significativas entre los genotipos evaluados, particularmente para PT, pues se aprecia que 'Psx5712', 'Italdor', 'Ps 31212' y 'Sunre 6110', superaron a sus generaciones F_2 en, 8.5, 6.8, 5.7 y 4.2 %, respectivamente; no obstante, este patrón no se repite en FT y PPT, ya que en el primer caso sólo 'Ps 31212' e 'Italdor' produjeron más frutos que las F_2 , en un 18.2 y 30.4 %, respectivamente.

respectivamente; en PPF los híbridos 'Sunre 6110' y 'Psx5712' son los únicos que promedian más que sus F_2 en porcentajes de 24.5 y 13.4 correspondientemente (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo saladete de crecimiento indeterminado y su respectiva generación filial dos (F_2).

Nombre	PT (g)			FT			PPF (g)		
	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)
'Italdor'	1791.0	1667.9	6.8	46.6	32.4	30.4	38.5	50.5	31.7
'Psx5712'	1568.7	1435.3	8.5	27.6	29.3	6.2	55.9	48.4	13.4
'Ps 31212'	1496.3	1410.4	5.7	45.3	37.0	18.2	32.5	42.6	30.7
'Sunre 6110'	1294.7	1239.5	4.2	25.0	34.8	39.3	55.1	41.5	24.5
DMS	697.4			15.7			25.3		

DMS: diferencia mínima significativa para comparar entre F_1 y F_2 ; R: reducción entre F_1 y F_2 .

En los tres caracteres estudiados, sólo hubo diferencia significativa para 'Italdor' en PPF; las varianzas de los cuatro híbridos fueron similares en PT a sus respectivas F_2 (Cuadro 2.6) lo que explica que el comportamiento de la producción de fruto por planta entre F_1 y F_2 haya sido similar.

Cuadro 2.6. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado.

Nombre	PT ($\times 10^3$)			FT			PPF		
	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c
'Italdor'	265.3	741.0	0.35	142.3	101.9	1.37	9.7	1652.4	0.01*
'Psx5712'	900.6	326.4	0.03	6.3	31.2	0.20	16.1	172.9	0.09
'Ps 31212'	219.8	163.2	1.34	34.3	37.9	0.90	33.80	58.7	0.57
'Sunre 6110'	343.0	162.2	0.21	84.0	595.3	0.14	232.9	162.6	1.43

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

Los resultados del estudio indicaron que aparentemente no existen diferencias genéticas importantes entre los genotipos tipo saladete estudiados, en función de su potencial de rendimiento. En este contexto, varias investigaciones han establecido que la diversidad de *Lycopersicon esculentum* Mill. se ha reducido como respuesta a su domesticación y a los años de mejoramiento genético aplicado (Villand *et al.*, 1998), aunado a que es una especie autógama lo que también influye en su poca variabilidad; si a ello se le añade el hecho de que a nivel mundial son pocas las empresas productoras de semillas que manejan el mercado (Anónimo, 2004), estas consideraciones podrían explicar que la segregación encontrada no fuera tan grande. Si bien no hubo diferencias estadísticas entre genotipos, la producción total de fruto por planta (PT) de las F_2 fue menor en cinco de los nueve genotipos estudiados de hábito determinado y en 100 % de los de hábito indeterminado. Aunque para la mayoría de las F_2 de ambos hábitos de crecimiento la reducción de la producción total de fruto por planta fluctuó entre 1.0 y 8.5 %, en los casos de 'Hybrid 882' y 'Madeer', la PT de sus respectivas F_2 fue mayor al 18 %; en este sentido, el comportamiento de frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF), que también se abatieron, explicarían en cierta forma los resultados obtenidos en 'Hybrid 882' y 'Madeer', en virtud de que FT y PPF están estrechamente relacionados con la producción total por planta (Bartkaite, 2000).

Adicionalmente, cuatro híbridos ('H 7155', 'Hyppel 45', 'Italpec' y 'Casa del Sol') tipo saladete de hábito determinado produjeron menos que sus F_2 , en donde el último híbrido es quizá el caso más relevante, debido a que la

producción total de fruto por planta del F_1 disminuyó 4.8 % y los frutos totales por planta un 7.9 %. En este particular evento, las diferencias entre las varianzas de F_1 y F_2 no son tan grandes como en otros genotipos, sin embargo, se ha observado que durante la segregación en F_2 se pueden presentar combinaciones genéticas que generan genotipos que en promedio se comporten mejor que el híbrido comercial (De Vicente y Tanksley, 1993); al respecto, en algunos estudios se ha encontrado que las F_2 producen algunas veces frutos parecidos al híbrido pero con mayor peso (Mohamed, 1998).

2.5.2 Variedades tipo bola

Los resultados del análisis de varianza indicaron que existen diferencias altamente significativas entre los genotipos evaluados para cada una de las variables estudiadas en ambos hábitos de crecimiento (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7. Cuadrados medios del análisis de varianza para tres caracteres en jitomate tipo bola de dos hábitos de crecimiento.

Fuente de Variación	Hábito determinado				Hábito indeterminado			
	GL	PT	FT	PPF	GL	PT	FT	PPF
Repetición	12	260672	57	643	12	477781	64	655
Genotipos	17	1275281*	794*	1771*	29	1265132*	517*	2719*
Error	204	398074	71	515	348	360374	67	452
Total	343				390			
Media		2129	29	78		2104	26	86
CV (%)		29	29	28		28	31	24

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

En los genotipos tipo bola de hábito de crecimiento determinado, los híbridos 'Pik Ripe', 'Sunmaster', 'Zaden', 'W 489' 'Home Sweet', y 'Equinox', superaron en PT a sus generaciones filiales dos, en porcentajes de 19.0, 12.7,

12.2, 0.9, 45.7, y 30.8 %, respectivamente, pero sólo hubo diferencia estadística en los dos últimos (Cuadro 2.8); en FT sólo 'Equinox' superó estadísticamente a su F_2 (35.7 %), pero 'Pik Ripe', 'Chiro' y 'Home Sweet' produjeron, respectivamente, 14.8, 8.6 y 39.8 % más FT que sus F_2 ; la reducción de FT en 'Home Sweet' F_2 (39.8 %) y 'Equinox' (35.7 %), correspondieron a los mayores abatimientos de PT (30.8 y 45.7 %, respectivamente).

La F_2 de 'Sunmaster' presentó el mayor abatimiento de PPF (29.0 %) con respecto a su F_1 , pero no hubo diferencias estadísticas significativas entre medias.

Cuadro 2.8. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo bola determinado y su respectiva generación filial dos (F_2).

Nombre	PT (g)			FT			PPF (g)		
	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)
'Equinox'	3129.3	2162.6	30.8*	38.3	24.6	35.7*	81.9	85.8	4.6
'Ginan'	2165.7	2567.3	18.5	25.3	30.6	20.8	86.1	85.3	0.9
'Pik ripe'	2541.0	2055.7	19.0	31.0	26.3	14.8	83.2	78.4	5.7
'Sunmaster'	2525.7	2202.9	12.7	29.0	32.5	12.2	95.8	68.0	29.0*
'W 489'	2327.7	2305.4	0.9	26.6	27.0	1.2	91.2	88.3	3.2
'Zaden'	2232.3	1959.8	12.2	25.6	26.7	4.2	85.7	79.1	7.7
'Chiro'	2034.3	2199.4	8.1	56.3	51.4	8.6	37.1	43.6	17.5
'Acclaim'	2037.3	2196.4	7.8	23.6	24.7	4.6	83.4	91.0	9.1
'Home sweet'	2019.3	1094.9	45.7*	22.0	13.2	39.8	95.8	83.8	12.5
DMS	767.8			10.2			27.6		

DMS: diferencia mínima significativa para comparar entre F_1 y F_2 ; *: significancia a una $p \leq 0.05$; R: reducción entre F_1 y F_2 .

De los tres híbridos restantes, cabe destacar que la F_2 de 'Ginan' fue mejor a la F_1 en PT y FT en 18.5 y 20.8 %, respectivamente, mientras que en PPF el híbrido la superó en 0.9 %. Las generaciones F_2 de 'Acclaim' y 'Chiro'

mostraron respectivamente 7.8 y 8.1 % más PT que sus F_1 ; una situación similar se observó en PPF para ambos casos, pues presentaron valores mayores en 9.1 y 17.5 %. Este comportamiento puede explicarse por segregación transgresiva que ocurre por combinaciones genéticas al azar (De Vicente y Tanksley, 1993) y en donde las variables frutos totales por planta y peso promedio de fruto influyeron en forma conjunta o independiente según la oportunidad en cuestión, de acuerdo con los argumentos ya descritos por De Vicente y Tanksley (1993) y Bartkaite (2000).

En la mayoría de los genotipos ensayados y en cada una de las variables estudiadas, las varianzas de las F_2 fueron mayores que las de sus respectivos híbridos pero dichas diferencias no fueron tan marcadas como en el caso de los jitomates tipo saladete determinados (Cuadro 2.9); no obstante, exceptuando 'Equinox' en PPT, no existen diferencias estadísticas significativas entre ellas, de ahí que el tamaño de muestra puede tener un papel importante en dichos resultados, ya que, dependiendo de las características de los progenitores, Phoelman y Allen (2003) indicaron que se requieren desde 1000 hasta 10, 000 plantas para tener mejor exploración de la segregación técnica esperada.

Con excepción de 'Kastalia', todos los híbridos de hábito de crecimiento indeterminado superan en PT y FT a sus correspondientes F_2 en porcentajes que van desde 5.2 hasta 31.8 % y 6.0 a 42.7 %, respectivamente (Cuadro 2.10).

Cuadro 2.9. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo bola de crecimiento determinado.

Nombre	PT ($\times 10^3$)			FT			PPF		
	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c
'Equinox'	206.3	193.5	1.06	60.9	17.1	3.56	2389.4	173.3	13.78*
'Ginan'	43.8	848.4	0.05	31.0	102.0	0.30	604.61	2107.6	0.28
'Pik ripe'	88.2	364.2	0.24	2.3	64.5	0.03	265.98	111.2	2.39
'Sunmaster'	232.6	659.7	0.35	16.3	69.0	0.23	159.73	513.4	0.31
'W 489'	5.3	155.5	0.03	134.3	118.1	1.13	55.6	62.4	0.89
'Zaden'	207.6	541.4	0.38	32.3	82.0	0.39	891.2	702.6	1.26
'Chiro'	243.7	725.0	0.33	30.3	51.5	0.58	415.8	307.8	1.35
'Acclaim'	134.4	317.4	0.42	49.0	44.7	1.09	76.8	184.9	0.41
'Home sweet'	356.3	527.1	0.67	44.3	121.8	0.36	54.3	554.4	0.09

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

Cuadro 2.10. Medias de producción total por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate híbrido (F_1) tipo bola indeterminado y su respectiva generación filial dos (F_2).

Nombre	PT (g)			FT			PPF (g)		
	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)	F_1	F_2	R (%)
'Bond'	3176.3	2496.5	21.4 *	31.0	26.0	15.8	103.1	97.3	5.6
'Jobot'	3096.3	2398.4	22.5 *	41.3	38.8	6.0	75.8	62.7	17.2
'Roquetero'	3066.0	2454.2	19.9	38.6	29.3	24.2	81.3	83.7	3.0
'Galileo formely'	2774.0	1918.2	21.0 *	47.3	39.5	6.9	59.3	49.7	15.2
'Better boy'	2663.7	2171.3	18.4	26.6	23.3	12.5	101.4	94.6	6.7
'Lemon boy'	2572.0	2035.5	20.8	26.3	20.1	23.4	98.4	98.3	0.1
'Park 112589'	2472.3	2342.3	5.2	49.0	28.0	42.7*	66.1	94.7	43.3
'Lucky lady'	2376.0	2058.8	13.3	30.3	25.0	17.3	78.6	87.5	11.2
'Terrific VFN'	2310.0	2091.5	9.4	34.6	22.0	36.3*	68.4	96.6	41.1
'Super steak'	2235.0	2091.7	6.4	19.6	16.3	16.6	116.3	128.7	10.6
'Beef master'	2226.0	1609.7	27.7	19.0	18.5	17.6	103.5	89.6	38.6
'Ball 544191'	2177.3	1484.7	31.8 *	24.3	17.7	26.9	90.9	88.2	3.0
'Heat master'	2054.3	1426.2	30.5	20.3	20.0	1.4	109.2	72.3	27 *
'Carnival'	2020.3	1578.9	21.8	23.0	19.6	14.7	90.0	84.3	6.3
'Kastalia'	1817.7	2125.1	16.9	29.6	33.9	17.2	58.4	63.4	1.5

DMS 692.1 9.9 25.8

DMS: diferencia mínima significativa para comparar entre F_1 y F_2 ; *: significancia a una $p \leq 0.05$; R: reducción entre F_1 y F_2 .

Las generaciones F_2 de los híbridos 'Heat Master', 'Beef Master', 'Carnival', 'Lemon Boy', 'Ball 544191', 'Jobot', 'Bond' y 'Galileo Formely', redujeron al menos 20 % la PT con respecto a las F_1 (Cuadro 2.10), aunque sólo las reducciones de los últimos cuatro híbridos fueron estadísticamente significativas al 5 %. 'Heat Master' y 'Beef Master' tuvieron significancia al 10 % ($\alpha \leq 0.1$) para PT en la misma prueba (resultados no mostrados), lo que explica el que hayan superado a sus F_2 en 30.5 y 27.7 %, respectivamente.

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

No hubo diferencia significativa entre las varianzas las generaciones F_1 y F_2 en ninguno de los caracteres evaluados en los jitomates tipo bola de hábito

indeterminado; sin embargo, con excepción de 'Terrific VFN' y 'Ball 544191', en todos los casos en PT la F_2 mostró una mayor varianza que la F_1 (Cuadro 2.11).

Cuadro 2.11. Comparación de varianzas entre F_1 y F_2 mediante la prueba de F en tres caracteres de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado.

Nombre	PT ($\times 10^3$)			FT			PPF		
	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c	F_1	F_2	F_c
'Bond'	64.7	194.5	0.33	144.4	68.7	2.10	112.6	133.8	0.84
'Jobot'	123.4	304.3	0.40	44.3	33.7	1.31	283.6	363.7	0.77
'Roquetero'	75.8	105.7	0.71	11.9	29.2	0.41	574.1	448.8	1.27
'Galileo formely'	118.0	639.3	0.18	24.3	39.1	0.62	87.3	261.9	0.33
'Better boy'	301.9	278.3	1.08	931.0	168.5	5.5	1425.5	878.2	1.62
'Lemon boy'	111.1	410.2	0.27	26.3	31.4	0.83	246.0	482.3	0.50
'Park 112589'	252.0	273.3	0.92	40.4	45.4	0.89	362.5	563.6	0.64
'Lucky lady'	398.5	624.6	0.63	8.3	170.9	0.04	408.5	399.3	1.02
'Terrific VFN'	309.1	266.0	1.16	72.3	79.6	0.90	174.4	85.7	2.03
'Super steak'	205.4	263.6	0.77	1.9	39.0	0.05	128.4	188.3	0.68
'Beef master'	428.4	479.1	0.08	10.3	44.7	0.23	413.3	443.5	0.93
'Ball 544191'	401.3	348.3	1.15	56.9	11.5	4.92	22.3	752.7	0.02
'Heat master'	145.2	268.8	0.54	1.9	33.7	0.05	434.2	400.3	1.08
'Carnival'	28.5	393.2	0.07	20.3	35.3	0.57	171.1	904.7	0.18
'Kastalia'	69.6	321.4	0.21	96.3	29.7	3.24	146.8	101.3	1.44

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

De los 24 híbridos tipo bola estudiados en sólo seis existió diferencia significativa de PT entre F_1 y F_2 ; sin embargo, 20 mostraron mejor producción total de fruto por planta que las F_2 , de los cuales 17 produjeron al menos 10 % más, y de ellos 10 superaron en la misma variable en por lo menos 20 % a sus respectivas generaciones filiales dos (F_2), situación que de alguna manera indica que en los genotipos tipo bola la segregación afectó en mayor medida la producción por planta. Se ha mencionado que teóricamente con la segregación que ocurre en F_2 el grado de heterocigosis en híbridos de autógamias se reduce a la mitad (Poehlman y Allen, 2003), pero es probable encontrar entre la

descendencia plantas que superen a los progenitores (De Vicente y Tanksley, 1993), lo que explicaría el que en este estudio algunos híbridos fueron superados por sus generaciones filiales dos.

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

2.6. CONCLUSIONES

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

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

2.7. LITERATURA CONSULTADA

Anónimo 2004. Texas A & M University System. San Antonio, Texas, U.S.A. Avoidance of TSWV by using a resistant hybrid Tomato 444. <http://www.plantanswers.com/tomato444.htm>. Mayo, 2004.

Bartkaite, O. 2001. Evaluation of tomato heterosis expression. Scientific works. Horticulture and Vegetable growing. Lithuanian Institute of Horticulture. Babtai, Kaunas district, Lithuania. [Http://www.lsd.lt/t20\(2\)_eng/T20\(2\)_eng:6.htm](http://www.lsd.lt/t20(2)_eng/T20(2)_eng:6.htm). Mayo, 2004.

De Vicente M. C.; Tanksley, S. D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-589.

Degiglio, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae*. 611: 91-92.

Foolad, M. R.; Subbiah, P.; Ghangas, G. S. 2002. Parent-offspring correlation estimate of heritability for early blight resistance in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica* 126 (2): 291-297.

Giordano, I.; Pentangelo, A.; Castaldo, D.; Villari, G.; Carboni, A. 1999. Bio-morphological and productive characterization of several accessions of small "Pomodoro di corbara" tomatoes. *Acta Horticulturae* 487: 343-348.

González S., R. F.; Martínez D., M. A. 2002. Dumping: El caso del jitomate, México 1996. *Comunicaciones en Socioeconomía Estadística e Informática* Vol. 6 (1): 1-30.

Grandillo, S.; Zamir, D.; Tanksley, S. D. 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: A 20 years perspective. *Euphytica* 110 (2): 85-97.

Griffing, F.; Zsiros, E. 1970. Heterosis associated with genotype-environment interactions. *Genetics* 68: 443 – 445.

Juárez L., G F.; Sánchez del C., F.; Contreras M., E. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia. Revista Chapingo Serie Horticultura 6 (1): 19-23.

Mohamed, M. F. 1998. Characteristics and inheritance of natural facultative parthenocarpic fruit-set in 'Nadja' tomato under low temperature conditions. Euphytica 103 (2): 211-217.

Pérez G., M.; Castro B., R. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Programa de Investigación y Servicio en Olericultura. Chapingo, México. Boletín 3. 58 p.

Poehlman, J. M.; Allen, D. S. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 172-176.

Villand, J.; Skroch, P. W.; Lai, T.; Hanson, P.; Kuo, C. G.; Nienhuis, J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. Crop Science. 38: 1339-13347.

Wijnands, J. 2003. The international competitiveness of fresh tomatoes, peppers and cucumbers. Acta Horticulturae 611: 79-90.

3. HETEROSIS INTERVARIETAL EN JITOMATE

(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Juan Martínez-Solís¹, Aureliano Peña-Lomelí¹, Enrique Rodríguez-Pérez¹,
Clemente Villanueva-Verduzco, Jaime Sahagún-Castellanos¹

3.1. RESUMEN

Con el propósito de determinar la conveniencia del uso de híbridos comerciales de jitomate como progenitores para un programa de mejoramiento genético, cuatro cruas dialélicas 5x5 (Griffing II) fueron desarrolladas en cuatro grupos de jitomate clasificados de acuerdo con su hábito de crecimiento y tipo de fruto. Para producción de fruto por planta (PT), debido a que el híbrido tipo saladete de hábito de crecimiento determinado 'Hypeel 45' mostró buenos valores de aptitud combinatoria específica (ACE) y heterosis intervarietal, y el híbrido 'Zuley' tuvo altos valores de aptitud combinatoria general (ACG), ambos pueden ser aprovechados para un programa de mejoramiento genético por hibridación y selección para PT, respectivamente. Los híbridos tipo saladete de hábito indeterminado 'Italdor' y 'Drw 3410' mostraron los más altos valores de ACG y buena ACE entre ellos para PT, por lo cual pueden ser utilizados para un programa de mejoramiento por selección e hibridación. El híbrido de tipo bola de crecimiento determinado 'Acclaim' no mostró buenos valores de heterosis en PT pero la ACG fue alta por lo que es una buena alternativa para selección. Los híbridos tipo bola de crecimiento indeterminado 'Park 112589' y 'Bond' tuvieron altos valores de ACG, ACE y heterosis varietal para PT por lo que pueden ser utilizados para mejorar la PT por selección e hibridación.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Diseño dialélico, aptitud combinatoria, mejoramiento de plantas, cruas, heterosis específica.

¹Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.
Chapingo, México. C. P. 56230. (¹Autor responsable) e-mail juanmtz91@hotmail.com

INTERVARIETAL HETEROSIS OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

3.2. ABSTRACT

In order to determine the convenience of using tomato brand hybrids as progenitors in a breeding program, four diallel crosses 5x5 (Griffing II) were developed in four tomato groups classified according to their growth habit and fruit type. For fruit weight per plant (FW), since the saladete fruit bush type 'Hypeel 45' showed good specific combining ability (SCA) as well as high heterosis variety (HV), and 'Zuley' hybrid had high general combining ability (GCA), they can be used in a hybridization and selection breeding program for (FW), respectively. The saladete fruit indeterminate type hybrids 'Italdor' and 'Drw 3410' showed the highest GCA rates as well as good SCA between them for FW, as a result they could be utilized in both selection and hybridization breeding programs. The ball fruit bush type hybrid 'Acclaim' did not show positive heterosis for FW but high GCA, then it is good alternative for selection breeding. The indeterminate ball fruit type hybrids 'Park 112589' and 'Bond' had high GCA, SCA and HV for FW, thus they could be used to improved FW by selection or hybridizations means.

ADDITIONAL KEY WORDS: Diallel design, combining ability, plant breeding, crosses, specific heterosis.

3.3. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el consumo mundial *per capita* de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en fresco o procesado se ha incrementado significativamente. En este contexto, la producción también ha crecido, particularmente en los sistemas de producción bajo invernadero (De Giglio, 2003). Paralelamente, los genetistas han mejorado la calidad del producto y el rendimiento, lo que se refleja en la amplia gama de híbridos que empezaron a experimentarse desde la mitad de los ochentas (Grandillo *et al.*, 1999); sin embargo, la mayor parte de los genotipos comerciales son controlados por un reducido grupo de empresas transnacionales, que venden su semilla a precios considerables. Por este motivo, para algunas instituciones públicas el crear un programa de mejoramiento genético en este cultivo, puede ser una alternativa para generar variedades o híbridos, sobre todo para productores que no pueden acceder fácilmente a comprar semilla cara.

Los tipos de progenitores que se pueden usar para un programa de mejoramiento genético incluyen poblaciones de amplia base genética como razas o criollos; también es posible escoger genotipos derivados por selección recurrente que presentan avances en el pasado o presente como líneas avanzadas. Finalmente, otra alternativa es recurrir a genotipos que tienen un uso actual en el mercado como cruza simples, variedades, sintéticos u otros híbridos (Kannenberg y Falk, 1995).

La base fundamental para cualquier estudio de tipo genético es el fenotipo, es decir, que éste último es el punto de partida de todos los procesamientos estadísticos-genéticos usados para la estimación de los parámetros que definen la acción génica (Vega, 1988).

El sistema de apareamiento de cruzas dialélicas es uno de los diseños genéticos mas conocidos y uno de los que ofrece mayor información genética para el fitomejorador (Gardner y Eberhart, 1966). Schmidt comenzó a utilizarlo para determinar los valores de cruzamiento de los progenitores, lo que hoy se conoce como valor aditivo (Gilbert, 1958). A partir de 1940 se empezó a desarrollar este modelo en términos de acción genética y de varianzas genéticas aditivas y de dominancia, por lo que surgieron los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), que expresarían la varianza aditiva y la varianza por dominancia, respectivamente (Gilbert, 1958).

Sprague y Tatum introdujeron formalmente en 1942 los conceptos de aptitud combinatoria general y específica, por que con ellos inicia, en la genética cuantitativa, el uso moderno de las técnicas que involucran cruzas dialélicas (Martínez, 1983). Si se logra la estimación de las varianzas de los efectos de aptitud combinatoria general y específica, los experimentos dialélicos conducen al investigador a la estimación de la varianza aditiva y de dominancia (Martínez, 1988).

La Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) son estimaciones que dan bases al mejorador para tener una idea del tipo de acción génica que se está presentando en los genotipos evaluados y con ello definir la estrategia de mejoramiento a seguir con cada genotipo. Cuando los valores de ACG son mayores que los de ACE, entonces los efectos ACG son más importantes, situación que infiere que la aditividad es el tipo de acción génica predominante en la expresión de determinado carácter evaluado en cierto genotipo; si los efectos de ACE son mayores que los de ACG, entonces la expresión se debe a efectos de dominancia (Villanueva *et al.*, 1994; Peña *et al.*, 1999).

Los análisis dialélicos que incluyen a los progenitores, se aplican con cierta frecuencia cuando se estudian variedades sintéticas y de polinización libre, o bien compuestos varietales, donde el objetivo está enfocado en evaluar el comportamiento de estos genotipos *per se*, así como las cruzas entre ellos; además, al evaluar estos genotipos se tienen elementos para identificar el potencial de los progenitores que a la larga serían susceptibles de ser explotados para programas de mejoramiento (Hallauer y Miranda, 1988).

Existen diferentes técnicas para realizar cruzas dialélicas, las cuales difieren en el ensayo o no de las cruzas recíprocas así como de las autofecundaciones. En este sentido, Griffing (1956) ha propuesto los siguientes cuatro diseños: I) Se llevan a cabo un grupo de cruzas F_1 , las cruzas recíprocas y los progenitores; II) se ensayan exclusivamente los progenitores y un conjunto

de cruza F_1 ; III) en este método no se incluyen los progenitores, es decir se desarrollan las cruza F_1 y sus recíprocas; IV) incluye sólo las cruza F_1 directas, por lo que se considera el más sencillo de todos ellos. En los diseños II y IV no se consideran efectos maternos, esto es, que en este esquema se supone que es indiferente el uso de un progenitor como hembra o macho (Martínez, 1988).

La hipótesis de sobredominancia fue planteada por Shull en 1908 y sugiere que hay un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen para formar el híbrido, ya que cada gen en un locus determinado desempeña una función diferente (Hallauer, 1976). Esto significa que el heterocigoto es superior a cualquiera de los dos homocigotos y que el vigor híbrido aumenta en proporción directa a la cantidad de heterocigosis. A esta hipótesis se le conoce también como de acción acumulativa de alelos divergentes, estimulación por heterocigosis o heterosis del gen simple (Márquez, 1988).

La hipótesis de la dominancia fue propuesta por Davenport en 1908, Bruce en 1910, y Keeble y Pelow en 1910; explica tanto la depresión endogámica producida por consanguinidad así como el fenómeno inverso del vigor híbrido. La hipótesis establece que el grado de heterosis depende del número de loci en condición dominante. Se basa en el hecho frecuentemente observado por los genetistas y genotecnistas en los efectos perjudiciales que

los genes recesivos tienen sobre los fenotipos (o en forma opuesta, los efectos benéficos de los genes dominantes) (Hallauer, 1976; Márquez, 1988).

La heterosis varietal es la heterosis promedio en que contribuye un progenitor en las cruzas evaluadas en que participa. Finalmente, la heterosis específica solamente cuando la heterosis está referida a una craza en particular (Gardner y Eberhart, 1966).

En algunas especies como maíz (*Zea mays* L.), ciertas cruzas entre híbridos comerciales se han recomendado para ser utilizadas a nivel comercial, inclusive algunos de estos híbridos también se proponen como una posibilidad de ser explotados como una población base para selección (Villanueva *et al.*, 1994); el uso de cruzas dobles en comparación con las cruzas simples reducen la depresión endogámica de sus generaciones avanzadas y aumentan la calidad física y rendimiento de semilla híbrida; sin embargo, el uso de generaciones avanzadas de híbridos se asocia con una reducción de rendimiento (Villanueva *et al.*, 1994; Sahagún y Villanueva, 2003). Sahagún y Villanueva (1997) consideran la posibilidad de formar variedades sintéticas cuyos progenitores sean híbridos de craza simple o híbridos de craza doble, para lo cual desarrollaron métodos para estimar el coeficiente de endogamia y predecir el rendimiento en cada caso.

El objetivo de este estudio fue estudiar la heterosis intervarietal entre variedades tipo bola y entre tipo saladete de hábito de crecimiento determinado e indeterminado, además de determinar la pertinencia del uso de genotipos comerciales de jitomate como progenitores en programas de mejoramiento genético.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Cruzas dialélicas

Veinte genotipos comerciales de jitomate se repartieron en cuatro grupos de cinco de acuerdo con su tipo de fruto y hábito de crecimiento (Cuadro 3.1.). En cada grupo se hicieron los cruzamientos asociados al diseño II de Griffing (1956); es decir, las cruza directas posibles y sus correspondientes cruza fraternales.

Cuadro 3.1. Progenitores (Pi) comerciales de jitomate repartidos en cuatro grupos de acuerdo con su tipo de fruto y hábito de crecimiento.

Saladete indeterminado		Saladete determinado		Bola determinado		Bola indeterminado	
Pi	Nombre	Pi	Nombre	Pi	Nombre	Pi	Nombre
1	'Italdor'	1	'Madeer'	1	'Home Sweet'	1	'Park 112589'
2	'Psx5712'	2	'Yaki'	2	'Ginan'	2	'Big Beef'
3	'Sunre 6110'	3	'Zuley'	3	'W 489'	3	'Bond'
4	'Drw 3410'	4	'Hybrid 882'	4	'Acclaim'	4	'Heat Master'
5	'Tequila'	5	'Hypeel 45'	5	'Pik Ripe'	5	'Gabriela'

Pi: progenitor.

En el otoño del 2002 se trasplantaron seis plantas de cada genotipo a una distancia de 50 cm entre ellas y 1.4 m entre surcos, todo esto bajo condiciones de hidroponia en los invernaderos del Postgrado de Horticultura en la Universidad Autónoma Chapingo en Chapingo, México. Con el propósito de producir suficiente semilla, al menos diez flores por cruza se polinizaron siguiendo la metodología propuesta por Pérez *et al.* (1998).

3.4.2. Evaluación de dialélicos

En un segundo ciclo desarrollado durante el primer semestre del año 2003, los 5 progenitores y las 15 cruzas de cada dialélico se evaluaron bajo condiciones de hidroponía en un invernadero ubicado en el Campo Agrícola Experimental de la misma Universidad, en un diseño de bloques completos al azar con diez repeticiones.

Las macetas fueron bolsas de polietileno negro con capacidad para 5 kg de tezontle fino; cada maceta representó una unidad experimental y todas las macetas se colocaron en hileras de 10, respetando una distancia entre plantas de 50 cm y de 75 cm entre hileras. Las plántulas se trasplantaron 32 días después de la siembra y todos los genotipos se cultivaron a seis racimos; las plantas de hábito indeterminado se manejaron a un solo tallo, mientras que las de hábito determinado se manejaron a dos tallos con tres racimos cada uno. Todas las plantas se tutoraron con rafia una vez que alcanzaron una altura de 50 cm.

El riego fue automatizado y se proporcionó dos aplicaciones por día (9:00 y 11:00 h) de quince minutos cada una. Durante las dos primeras semanas después del trasplante, la solución nutritiva, preparada de acuerdo con lo propuesto por Pérez y Brindis (1999), se diluyó al 50 %; posteriormente se aplicó al 100 %.

La cosecha se realizó cuando el fruto alcanzó su madurez comercial. Los cortes se espaciaron de 7 a 10 días, cuantificándose las variables siguientes: Peso total de fruto por planta en gramos (PT); Número total de frutos por planta (FT); Peso promedio de fruto en gramos (PPF), obtenido como el cociente del peso total de fruto por planta entre el número total de frutos por planta.

3.4.3. Análisis de dialélicos.

Cada dialélico se analizó por separado. Para estudiar la significancia de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), además del análisis de varianza de cada dialélico, los datos se analizaron con el modelo fijo del método II del diseño dialélico de Griffing (1956), según el programa para SAS propuesto por Zhang y Kang (1997).

Se hizo una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) y se efectuaron pruebas de contrastes ortogonales para cada variable entre las cruza y el progenitor medio, así como contrastes ortogonales entre las cruza y el mejor progenitor.

Finalmente, para el estudio de la heterosis se utilizó el modelo correspondiente al análisis II de Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967), en el que la estructura del dialélico corresponde al método II de Griffing (1956). El modelo utilizado para estudiar la heterosis mediante cruza dialélicas interpoblacionales fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_v + \left(\frac{V_i + V_j}{2} \right) + \theta h_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} = media de un progenitor cuando $i = j$ y de una craza cuando $i \neq j$
- $\mu_v = \bar{Y}_v$ = media de los progenitores;
- V_i = efecto de la i -ésima variedad;
- V_j = efecto de la j -ésima variedad;
- h_{ij} = efecto de heterosis de la craza entre las variedades i y j ;

Cuando $i = j$, $\theta = \text{cero}$ y cuando $i \neq j$, $\theta = 1$

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

En donde:

- a) $\bar{h}$ = heterosis media;
 $= \bar{Y}_H - \bar{Y}_v$

Para:

$\bar{Y}_H$ = media de todas las cruzaas realizadas;

$\bar{Y}_v$ = media de todos los progenitores;

- b) h_j = heterosis varietal
 $= \left(\frac{n-1}{n-2} \right) (\bar{Y}_j - \bar{Y}_H) - \frac{1}{2} (Y_j - \bar{Y}_v)$

Para:

n = número de progenitores
 $\bar{Y}_j$ = media de las cruzas en que interviene el progenitor j ;
 $\bar{Y}_H$ = media de todas las cruzas realizadas;
 Y_j = media del progenitor j ;
 $\bar{Y}_V$ = media de todos los progenitores.

c) s_{ij} = heterosis específica de la craza entre las variedades i y j

$$= Y_{ij} + \left(\frac{n}{n-2} \right) \bar{Y}_H - \left(\frac{n-1}{n-2} \right) (\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)$$

Con:

Y_{ij} = media de cada craza ij ;
 n = número de progenitores;
 $\bar{Y}_H$ = media de todas las cruzas;
 $\bar{Y}_i$ = media de las cruzas en que interviene el progenitor i ;
 $\bar{Y}_j$ = media de las cruzas en que interviene el progenitor j .

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1. Variedades tipo saladete

3.5.1.1. Análisis de varianza

Los análisis de varianza (Cuadro 3.2) mostraron que el factor cruza no fue significativo para número de frutos totales (FT) en los híbridos saladete determinados, mientras que en los indeterminados si lo fue para las tres variables. Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) en los determinados fueron significativos en producción de fruto por planta (PT) y peso promedio de fruto (PPF), mientras que en los jitomates indeterminados sólo fue significativo para PT. Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) sólo fueron significativos para PPF en los indeterminados

Cuadro 3.2. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método II de cruza dialélicas de Griffing para tres caracteres en jitomate tipo saladete.

FV	GL	Saladete determinado			Saladete indeterminado		
		PT ($\times 10^3$)	FT	PPF	PT ($\times 10^3$)	FT	PPF
REP	9	321.4	366.4	131.0	102.8	406.0	193.0
CRUZAS	14	878.4*	245.1	279.0*	288.4*	603.0*	251.0*
ACG	4	239.4*	387.4	628.0*	601.5*	1607.0	257.5
ACE	10	271.9	188.2	140.0	163.2	201.0	248.8*
ERROR	126	257.7	196.0	99.7	112.5	216.0	117.0
TOTAL	149						
MEDIA		1.670	48.5	35.5	1.127	47.4	26.1
CV		0.030	28.8	28.0	0.029	31.0	41.4

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; PT: producción total por planta (g); FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto (g); ACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica; * : significancia a una $p \leq 0.05$; CV: coeficiente de variación.

3.5.1.2 Variedades saladete determinado

3.5.1.2. Comparación de medias

En el Cuadro 3.3 se presentan las medias de las cruzas y progenitores evaluados en este experimento. No obstante que la craza 12 (3x5) tiene un comportamiento estadístico similar al de sus progenitores, superó estadísticamente en PT a las cruzas 4 (1x4) y 14 (4x5), así como al híbrido comercial 'Hybrid 882' (4).

Para FT no hay diferencia significativa entre las variedades estudiadas, entre tanto que para PPF, la craza 9 (2x5) superó estadísticamente a la craza 4 (1x4). Esta información indica que los progenitores utilizados no fueron útiles para producir cruzas cuyo comportamiento en PT, FT y PPF fuera superior al de sus progenitores.

El híbrido 'Hybrid 882' afectó significativamente en forma negativa el comportamiento de algunas cruzas como las previamente mencionadas, además, los valores de PT y PPF tienden a ser los más bajos en las cruzas en que participa dicho progenitor. Considerando que este híbrido fue el que presentó menor PT y PPF, era de esperarse que no contribuyera con genes favorables para la expresión de estos caracteres en las cruzas donde participó como progenitor.

Cuadro 3.3. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado de las cruza del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi Hj).

Cruza	Hi	Hj	Caracteres					
			PT (g)		FT		PPF (g)	
1	1	1	1789.3	abc ^t	49.1	a	37.3	ab
2	1	2	1586.7	abc	46.8	a	34.7	ab
3	1	3	1900.3	abc	47.8	a	40.9	ab
4	1	4	1273.4	bc	49.0	a	26.3	b
5	1	5	2000.0	ab	50.8	a	40.5	ab
6	2	2	2004.2	ab	41.3	a	40.3	ab
7	2	3	1742.1	abc	49.2	a	35.7	ab
8	2	4	1429.2	abc	47.2	a	32.6	ab
9	2	5	1992.0	ab	49.6	a	43.6	a
10	3	3	1645.4	abc	54.0	a	37.6	ab
11	3	4	1562.4	abc	59.4	a	28.4	ab
12	3	5	2105.0	a	53.3	a	40.9	ab
13	4	4	1129.5	c	38.7	a	29.4	ab
14	4	5	1345.6	bc	46.5	a	30.2	ab
15	5	5	1559.7	abc	45.8	a	34.5	ab
DMS			519.0		22.7		16.7	

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Madeer'; 2: 'Yaki'; 3: 'Zuley'; 4: 'Hybrid 882'; 5: 'Hypeel 45'; ^tmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

3.5.1.2.2. Análisis de progenitores

La media de PT del progenitor 'Hybrid 882' (4) fue estadísticamente igual a la de los progenitores 'Madeer' (1), 'Zuley' (3) y 'Hypeel 45' (5), pero superó a la del progenitor 'Yaki' en un 53.4 %. Con relación a FT y PPF, todos los progenitores se comportaron estadísticamente igual (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado.

Pi	Media						ACG			HV		
	PT (g)		FT		PPF (g)		PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
1	1789.3	abc ¹	49.1	a	37.3	a	44.7	0.1	0.5	47.4	-1.9	2.3
2	2004.2	ab	41.3	a	40.3	a	2.1	-2.2	2.0	5.9	3.9	-2.1
3	1645.4	abc	54.0	a	37.6	a	184.6*	3.7*	1.1	72.6	3.0	-1.0
4	1129.5	c	38.7	a	29.4	a	-308.0*	-1.7	-5.2*	-21.2	-1.8	2.5
5	1559.7	abc	45.8	a	34.5	a	76.5	0.1	1.5	-104.7	-3.2	-1.7
DMS	519.0		22.7		16.7							
$\bar{h}$										68.0	4.1	-0.4

1: 'Madeer'; 2: 'Yaki'; 3: 'Zuley'; 4: 'Hybrid 882'; 5: 'Hypeel 45'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; ¹medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; * : significancia a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

Para PT y FT el mejor progenitor de acuerdo con su ACG fue el 'Zuley' (P3), mientras que el 'Yaki' (2) lo fue para PPF. El peor progenitor de acuerdo con su ACG para PT y PPF fue el 'Hybrid 882' (4) y para FT el 'Yaki' (P2). De acuerdo con estos resultados, 'Zuley' (3) y 'Madeer' (1) pueden ser considerados para un programa de selección, pues además de buenos valores de ACG, también presentaron los mejores resultados de heterosis varietal para PT. La heterosis media no fue significativa, pero hay que considerar que para estimar este parámetro se involucran todos los progenitores, y que 'Hybrid 882' (4) tuvo el peor comportamiento de todos los genotipos evaluados, con cruza de rendimiento bajo, como las 4 (1x4) y 14 (4x5) (Cuadro 3.3), debido a su baja heterosis varietal.

3.5.1.2.3. Aptitud combinatoria específica y heterosis de los híbridos

Las cruzas con el mejor efecto de ACE en PT y PPF fueron la 12 (3x5), 9 (2x5) y 5 (1x5); de éstas, las dos últimas mostraron efectos de ACE más importantes que los efectos de ACG de los progenitores (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete de crecimiento determinado.

Cruza	Hi	Hj	PT		FT		PPF	
			ACG	ACE	ACG	ACE	ACG	ACE
2	1	2	46.8	-131.1	-2.0	0.3	2.5	-3.3
3	1	3	229.3	-0.01	3.9	-4.7	1.6	3.7
4	1	4	-263.3	-134.2	-1.5	1.9	-4.7	-4.5
5	1	5	121.3	236.5	0.2	2.2	2.1	3.5
7	2	3	186.7	-115.6	1.4	-0.8	3.1	-2.9
8	2	4	-305.9	64.1	-3.9	2.6	-3.2	0.3
9	2	5	78.6	212.4	-2.2	0.5	3.5	5.2
11	3	4	-123.4	14.8	2.0	8.7	-4.1	-3.0
12	3	5	261.1	136.8	3.8	-1.1	2.7	2.4
14	4	5	-231.4	-19.3	-1.6	-6.9	-3.6	2.7

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Madeer'; 2: 'Yaki'; 3: 'Zuley'; 4: 'Hybrid 882'; 5: 'Hypeel 45'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

El progenitor 'Hypeel 45' (P5) forma parte de las tres cruzas previamente referidas, que están entre las cuatro mejores en PT y los cinco mejores en PPF (Cuadro 3.3), por lo que este progenitor puede ser una buena opción para un programa de hibridación.

Para FT la cruza 11 (3x4) presentó el mayor valor de ACE, que también fue más alto que el efecto de ACG de los progenitores (Cuadro 3.5); sin embargo, esto no se reflejó en una mejor producción de fruto por planta, posiblemente debido a que sus valores de ACG y ACE para PPF fueron de los más bajos.

La heterosis estimada respecto al progenitor medio (Cuadro 3.6) fue positiva para las cruzas 3 (1x3), 5 (1x5), 8 (2x4), 9 (2x5), 12 (3x5) y 14 (4x5) en PT, donde destacan los altos valores de las cruzas 5 (1x5), 9 (2x5) y 12 (3x5), en que la heterosis se expresó en un 19.4, 24.3 y 18.2 %, respectivamente; no obstante, de los contrastes entre cruza y progenitor medio sólo hubo significancia para la cruza 9 (2x5).

Con respecto a FT exceptuando la cruza 3 (1x3) todas presentaron heterosis positiva; la 11 (3x4) mostró significancia estadística en el contraste de cruza contra progenitor medio. Con relación a PPF, las cruzas 3 (1x3), 5 (1x5), 9 (2x5) y 12 (3x5) mostraron valor positivo de heterosis absoluta ($HA_{\overline{p}}$); la última resultó con una heterosis del 16.5 %; sin embargo, la prueba del contrastes solamente mostró significancia para la cruza 4 (1x4), donde la estimación fue negativa; es decir, la cruza mostró comportamiento menor que la media de sus progenitores (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo saladete determinado.

Cruza	H_i	H_j	$HA_{\bar{p}}$			$HA_{\bar{p}} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	-130.6	1.5	-4.1	-7.6	3.4	-10.5
3	1	3	3.5	-3.7	3.4	0.1	-7.3	9.3
4	1	4	-185.9	5.0	-7.0*	-12.7	11.5	-21.1*
5	1	5	325.5	3.3	4.6	19.4	7.0	12.8
7	2	3	-82.72	1.5	-3.2	-4.5	3.3	-8.3
8	2	4	41.7	7.2	-2.2	3.0	18.0	-6.3
9	2	5	389.4*	6.0	6.2	24.3*	13.8	16.5
11	3	4	-4.4	13.0*	-5.1	-0.2	28.1*	-15.3
12	3	5	323.0	3.3	4.8	18.1	6.7	13.5
14	4	5	1.0	4.2	-1.7	0.07	9.9	-5.4

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Madeer'; 2: 'Yaki'; 3: 'Zuley'; 4: 'Hybrid 882'; 5: 'Hypeel 45'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste crusa vs. progenitor medio a una $p \leq 0.05$.

La heterosis absoluta respecto al mejor progenitor en PT y PPF, fue positiva para las cruzas 5 (1x5), 9 (2x5) y 12 (3x5), pero de los contrastes entre crusa y el mejor progenitor sólo fueron significativos y negativos para la 4 (1x4) y 11 (3x4), en ambas variables. Para FT no hubo significancia en ninguna de las cruzas evaluadas, pero la heterosis fue positiva en las cruzas 5 (1x5), 8 (2x4), 9 (2x5), 11 (3x4) y 14 (4x5) (Cuadro 3.7); los progenitores 'Hybrid 882' (4) y 'Hypeel 45' (5) participan en tres de las cruzas anteriores.

Cuadro 3.7. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo saladete determinado.

Cruza	H_i	H_j	HA_{mp}			$HA_{mp} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	-202.5	-2.3	-5.6	-11.3	-4.7	-13.9
3	1	3	-103.9	-6.2	-3.3	-5.1	-11.4	-8.8
4	1	4	-515.8*	-0.1	-11.0*	-28.8*	-0.3	-29.4*
5	1	5	210.7	1.7	3.2	11.7	3.4	8.6
7	2	3	-262.1	-4.7	-4.5	-13.0	-8.7	-11.3
8	2	4	-216.1	5.9	-7.6	-13.1	14.2	-18.9
9	2	5	346.6	3.8	3.2	21.0	8.2	8.1
11	3	4	-441.8*	5.4	-9.2*	-22.0*	10.0	-24.5*
12	3	5	100.7	-0.7	3.3	5.0	-1.2	8.8
14	4	5	-214.0	0.6	-4.2	-13.7	1.4	-12.4

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Madeer'; 2: 'Yaki'; 3: 'Zuley'; 4: 'Hybrid 882'; 5: 'Hypeel 45'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruza vs. el mejor progenitor a una $p \leq 0.05$.

Con base en la heterosis respecto al progenitor medio y mejor progenitor, en general las cruzas en que participó el progenitor 'Hypeel 45' (5) presentaron los mayores valores positivos, los que indica que éste es un buen material para un programa de mejoramiento por hibridación, ya sea que se utilice directamente como progenitor o como fuente de líneas

Los efectos de heterosis específica no fueron significativos para ninguno de los caracteres evaluados, lo cual puede deberse a la alta heterocigosidad de los progenitores o bien a su poca divergencia genética (Villand *et al.*, 1998). Cabe destacar que los mejores valores en PT correspondieron a las cruzas 8

(2x4), 5 (1x5) y 9 (2x5); para FT lo fue la cruza 11 (3x4) y para PPF la 8 (2x4) y 3 (1x3) (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.8. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo saladete determinado.

Heterosis específica					Heterosis específica				
Cruza	$H_i H_j$	PT	FT	PPF	Cruza	$H_i H_j$	PT	FT	PPF
2	1 2	-94.0	1.0	-2.7	8	2 4	131.7	-1.2	3.6
3	1 3	33.1	-3.6	3.8	9	2 5	84.0	1.9	2.0
4	1 4	-27.6	0.1	-1.4	11	3 4	78.3	5.4	-0.5
5	1 5	88.5	2.6	0.3	12	3 5	10.4	-0.1	-0.5
7	2 3	-121.7	-1.7	-2.8	14	4 5	-182.7	-4.3	-1.7

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Madeer'; 2: 'Yaki'; 3: 'Zuley'; 4: 'Hybrid 882'; 5: 'Hypeel 45'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

Resumiendo, para PT las cruzas 3 (1x3), 5 (1x5), 8 (2x4), 9 (2x5), 3 (3x4), 11 (3x4) y 12 (3x5), fueron las que mejores valores de heterosis específica (HE) mostraron, pero al considerar las estimaciones de heterosis respecto al progenitor medio (HA_{mp}), heterosis respecto al mejor progenitor ($HA_{\bar{p}}$) y aptitud combinatoria específica (ACE), las cruzas 5 (1x5), 9 (2x5) y 12 (3x5) son notables, lo que se refleja en su superioridad en PT.

Es evidente que el factor común de estas cruzas es el progenitor 'Hypeel 45' (5), pero al analizar la información de aptitud combinatoria general (ACG) y heterosis varietal (HV) del Cuadro 3.4, también se considera que los progenitores 'Madeer' (1) y 'Zuley' (3) son importantes. El progenitor 'Hypeel 45' (5) tiene en PT un buen valor de ACG (7.65) y aunque su HV es negativa, esto responde a que en el cálculo de este último estimador, el buen comportamiento

de la mayoría de los progenitores conlleva a esta situación (ver en el modelo la estimación de HV).

Con excepción del progenitor 'Hybrid 882' (4), el híbrido 'Hypeel 45' (5) tiende a tener buena heterosis con todos los progenitores según lo evidencian sus valores de ACE, HA_{mp} , $HA_{\bar{p}}$ y HE, que a su vez se reflejan en la producción de fruto, en donde tres de las mejores cuatro cruzas en PT involucran a este progenitor ('Hypeel 45'). Por otra parte, también se observó un comportamiento similar en FT y PPF, debido a que en las cruzas 5 (1x5) y 9 (2x5), donde participa 'Hypeel 45', tienen buenos valores de ACE, HA_{mp} , $HA_{\bar{p}}$ y HE. Esta información lleva a concluir que el progenitor 'Hypeel 45' es una buena opción para hacer selección y a mediano plazo derivar líneas para un programa de hibridación.

Por otra parte, el progenitor 'Zuley' (P3), además de ser un híbrido de buen comportamiento, presentó la más alta ACG estadísticamente significativa para PT; adicionalmente, mostró el mejor valor de HV, lo que aparentemente sugeriría que es un buen genotipo para cruzas; sin embargo, los resultados de ACE, HA_{mp} , $HA_{\bar{p}}$ y HE, conducen a establecer que sólo combinó bien con dos progenitores, por lo cual sería de mayor importancia si se utiliza para selección y de menor para hibridación. Finalmente, el progenitor 'Madeer' (1) tiene buenos valores de ACG y HV, además, exceptuando su craza con 'Hypeel 45' (5), los

efectos de ACG son mayores que los de ACE en todas las cruzas en que participa, razón por la que este híbrido es una buena opción para selección.

Con relación a FT, sólo el progenitor 'Zuley' (3) mostró efecto significativo en ACG y buen valor de HV, pero su ACE en las cruzas 3 (1x3) y 7 (2x3), es negativa, lo que se refleja en HA_{mp} y HE, donde sólo la cruza con 'Hybrid 882' (4) mostró buenas estimaciones. De este modo, se puede considerar a 'Zuley' (3) como una fuente de germoplasma para seleccionar para FT, en el sentido de que éste y algunas de sus cruzas (11 (3x4) y 12 (3x5)), produjeron más frutos por planta que el resto de las variedades evaluadas.

En PPF el mejor valor de ACG fue para el progenitor 'Yaki' (2), pero su HV negativa se reflejó en el resto de las estimaciones de heterosis, ya que sólo tuvo valores positivos cuando se combinó con 'Hypeel 45' (5). En el Cuadro 3.5 se aprecia que los efectos de ACE de las cruzas en que participa 'Yaki' (2) (exceptuando la referida con 'Hypeel 45' (5)) son menores que los efectos de ACG, por lo cual este progenitor tendría más uso en un proceso de selección para PPF.

La ACG del progenitor 4 ('Hybrid 882') tuvo significancia para PPF pero su valor fue negativo, por lo que su comportamiento es muy pobre, lo que se reflejó en su baja PT. En las estimaciones de ACE sólo la cruza de 'Hybrid 882' (4) con 'Hypeel 45' (5) mostró un comportamiento regular, donde es evidente que la influencia de este último fue lo que permitió dicho resultado. Las

estimaciones de HA_p^- y HA_{mp} de las cruzas en que participa 'Hybrid 882' (4) son negativas, mientras que en HE sólo su interacción con 'Yaki' (2), que por cierto mostró la más alta ACG, generó valor positivo de HE. De esta forma, el progenitor 'Hybrid 882' (4) no debe ser considerado como una fuente de germoplasma.

3.5.1.3. Variedades saladete indeterminado

3.5.1.3.1. Comparación de medias

En los resultados de comparación de medias (Cuadro 3.9) el progenitor 'Drw 3410' (4) presentó el más alto valor de PT y superó estadísticamente sólo a la cruza 9 (2x5) y al progenitor 'Sunre 6110' (3). En FT los progenitores 'Italdor' (1), 'Drw 3410' y 'Tequila' (5), así como las cruzas 2 (1x2) y 5 (1x5), son estadísticamente mayores que el progenitor 'Sunre 6110'. Las cruzas 9 (2x5) y 5 (1x5) fueron superadas estadísticamente por la cruza 4 (1x4) en PPF.

Cuadro 3.9. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado de las cruza del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi x Hj).

Cruza	Hi	Hj	Caracteres					
			PT (g)		FT		PPF (g)	
1	1	1	1295.4	abc ¹	59.2	a	23.3	ab
2	1	2	1085.3	abc	53.6	ab	21.7	ab
3	1	3	973.2	abc	42.8	abc	24.4	ab
4	1	4	1426.7	ab	45.6	abc	38.1	a
5	1	5	1106.4	abc	55.0	ab	19.9	b
6	2	2	1083.5	abc	43.6	abc	25.1	ab
7	2	3	1063.6	abc	43.3	abc	26.0	ab
8	2	4	1101.1	abc	46.0	abc	26.4	ab
9	2	5	899.0	c	48.1	abc	19.6	b
10	3	3	936.5	bc	30.5	c	32.4	ab
11	3	4	1051.1	abc	46.4	abc	24.9	ab
12	3	5	1040.9	abc	36.4	bc	32.5	ab
13	4	4	1477.9	a	53.4	ab	28.3	ab
14	4	5	1080.4	abc	50.4	abc	23.1	ab
15	5	5	1290.0	abc	57.3	ab	25.4	ab
DMS			785.4		21.7		15.4	

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Italdor'; 2: 'Psx5712'; 3: 'Sunre 6110'; 4: 'Drw 3410'; 5: 'Tequila'; ¹medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

3.5.1.3.2. Análisis de progenitores

La mejor media para PT la presentó el progenitor 'Drw 3410' (4) y sólo superó estadísticamente al progenitor 'Sunre 6110' (3) (Cuadro 3.10); este último presentó el más bajo valor de FT, y estadísticamente fue superado por los híbridos, 'Drw 3410' (4) 'Tequila' (5) e 'Italdor' (1). 'Italdor' (1) mostró el

mejor resultado en FT, pero estadísticamente tiene el mismo comportamiento que los progenitores 'Psx5712' (2), 'Drw 3410' (4) y 'Tequila' (5). En la variable PPF todos los progenitores fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 3.10. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado.

Pi	Media			ACG			HV		
	PT (g)	FT	PPF (g)	PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
1	1295.4 ab ^t	59.2 a	23.3 a	59.7	4.4*	-0.8	-86.5	-3.4	-0.4
2	1083.5 ab	43.6 abc	25.1 a	-64.0	-0.9	-1.7	-18.1	-0.1	-0.5
3	936.5 b	30.5 c	32.4 a	-108.9*	-7.8*	2.3*	-10.9	-0.8	0.5
4	1477.9 a	53.4 ab	28.3 a	1221.5*	1.5	1.8	-139.8	4.2	-4.8
5	1290.0 ab	57.3 ab	25.4 a	-8.2	2.8*	-1.4	255.5	0.1	5.2
DMS	785.4	21.7	15.4						
$\bar{h}$							-133.9	-2.0	-1.2

1: 'Italdor'; 2: 'Psx5712'; 3: 'Sunre 6110'; 4: 'Drw 3410'; 5: 'Tequila'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; ^tmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; * : significancia a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

El progenitor 'Drw 3410' (4) presentó un valor estadísticamente significativo de ACG en PT; para FT fueron los progenitores 'Italdor' (1) y 'Tequila' (5) y en PPF el progenitor 'Sunre 6110' (3). De esta información, un primer planteamiento es considerar a los genotipos 'Italdor' (1) y 'Drw 3410' (4) como buen germoplasma para mejoramiento por selección. El híbrido 'Tequila' (5) mostró la mejor heterosis varietal para PT y PPF, y para FT el progenitor 'Drw 3410' (4).

La heterosis media no fue significativa para ningún carácter evaluado, debido a que el comportamiento de los progenitores en general fue mejor que el de las cruzas.

3.5.1.3.3. Aptitud combinatoria específica y heterosis de los híbridos

Las cruzas 4 (1x4) 7 (2x3) y 12 (3x5) mostraron efectos positivos de ACE para PT, y sólo en los últimos dos casos los efectos de ACE de las cruzas fueron más importantes que los efectos de ACG de los progenitores (Cuadro 3.11). De las cinco cruzas en que hubo efectos positivos de ACE en FT, la 7 (2x3) y 11 (3x4) presentaron los mayores valores, los cuales fueron más importantes que la ACG de los progenitores. Finalmente, en las cruzas 4 (1x4) y 12 (3x5) los efectos de ACE en PPF fueron positivos y mayores que los efectos de ACG de sus progenitores.

La heterosis respecto al progenitor medio en PT sólo fue positiva en las cruzas 4 (1x4) y 7 (2x3), lo que representa una heterosis porcentual de 2.8 y 5.2 %, respectivamente; no obstante, las cruzas 9 (2x5) y 14 (4x5), con valores negativos, son las que tuvieron significancia en la prueba de contrastes ortogonales entre craza y progenitor medio, lo cual puede deberse a la alta heterocigosidad de los progenitores y a la consecuente segregación de las cruzas (Cuadro 3.12).

Cuadro 3.11. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete de crecimiento indeterminado.

Cruza	Hi	Hj	PT		FT		PPF	
			ACG	ACE	ACG	ACE	ACG	ACE
2	1	2	-4.3	-37.7	3.4	2.6	-2.6	-1.7
3	1	3	-49.2	-104.9	-3.4	-1.2	1.4	-3.1
4	1	4	181.2	118.0	5.9	-7.7	0.9	11.0
5	1	5	51.4	-23.9	7.2	3.3	-2.3	-5.0
7	2	3	-173.0	109.1	-8.7	4.5	0.5	-0.5
8	2	4	57.4	-83.7	0.5	-2.0	0.03	0.2
9	2	5	-72.3	-71.8	1.9	-3.2	-3.2	-0.5
11	3	4	12.5	-88.8	-6.3	5.2	4.1	-5.2
12	3	5	-117.1	57.6	-4.9	-7.3	0.8	7.2
14	4	5	113.2	-52.8	4.3	1.5	0.3	4.6

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Italdor'; 2: 'Psx5712'; 3: 'Sunre 6110'; 4: 'Drw 3410'; 5: 'Tequila'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

En FT la heterosis respecto al progenitor medio fue positiva en las cruzas 2 (1x2), 7 (2x3) y 11(3x4), pero sólo fue superior al 10 % en las últimas dos; con valor negativo de heterosis en FT, la cruza 4 (1x4) tuvo significancia estadística en la prueba de contrastes ortogonales entre cruza y progenitor medio, y con valores positivos en PPF, que representó 47.8 % de heterosis. La cruza 12 (3x5) también presentó resultados positivos de 12.5 % en PPF.

Cuadro 3.12. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo saladete indeterminado.

Cruza	H_i	H_j	$HA_{\bar{p}}$			$HA_{\bar{p}} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	-104.1	2.1	-2.4	-8.7	4.1	-10.1
3	1	3	-142.7	-2.0	-3.3	-12.7	-4.6	-12.0
4	1	4	40.0	-10.7*	12.3*	2.8	-19.0*	47.8*
5	1	5	-186.3	-3.2	-4.3	-14.4	-5.5	-17.9
7	2	3	53.5	6.2	-2.7	5.2	16.8	-9.4
8	2	4	-179.6	-2.5	-0.3	-14.0	-5.1	-1.4
9	2	5	-287.7*	-2.3	-5.6	-24.2*	-4.5	-22.2
11	3	4	-156.1	4.3	-5.4	-12.9	10.4	-17.9
12	3	5	-72.4	-7.4	3.6	-6.5	-16.9	12.5
14	4	5	-303.5*	-4.9	-3.7	-21.9*	-8.8	-13.9

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Italdor'; 2: 'Pxs5712'; 3: 'Sunre 6110'; 4: 'Drw 3410'; 5: 'Tequila'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste craza vs. progenitor medio a una $p \leq 0.05$.

Con base a la prueba de contrastes ortogonales entre craza y el mejor progenitor, la heterosis respecto al mejor progenitor para PT fue estadísticamente significativa en las cruza 3 (1x3), 8 (2x4), 9 (2x5), 11 (3x4) y 14 (4x5), mientras que para FT lo fue en las cruza 3 (1x3), 4 (1x4) y 12 (3x5); sin embargo, en ninguna de estas dos variables se mostraron efectos positivos de heterosis (Cuadro 3.13). En PPF, las cruza 12 (3x5) y 4(1x4) presentaron valores positivos de heterosis respecto al mejor progenitor, pero sólo la última mostró significancia en la prueba de contrastes ortogonales, que representa 64.2 % de heterosis. De acuerdo a las estimaciones de $HA_{\bar{p}}$ y HA_{mp} , los progenitores 'Italdor' (1) y 'Drw 3410' (4) pueden ser adecuados para un

programa de hibridación para PPF. En mayoría de las cruzas la heterosis respecto al progenitor medio como al mejor progenitor resultaron negativas en los tres caracteres estudiados.

Cuadro 3.13. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo saladete indeterminado.

Cruza	H_i	H_j	HA_{mp}			$HA_{mp} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	-210.0	-5.6	-3.4	-16.2	-9.5	-13.6
3	1	3	-322.2*	-16.4*	-7.9	-3.9*	-40.1*	-24.5
4	1	4	-51.2	-13.6*	9.7*	-10.1	-23.0*	64.2*
5	1	5	-189.0	-4.2	-5.4	-14.5	-7.0	-14.0
7	2	3	-19.9	-0.2	-6.3	-13.5	-41.7	-3.6
8	2	4	-376.8*	-7.4	-1.9	-1.6*	-5.5	-4.7
9	2	5	-390.9*	-9.1	-5.7	-17.0*	-15.9	-21.8
11	3	4	-426.8*	-7.0	-7.4	12.2*	-51.8	-23.0
12	3	5	-249.1	-20.8*	0.1	11.1	-19.3*	0.4
14	4	5	-397.4*	-6.8	-5.2	-16.2*	-11.9	-9.0

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Italdor'; 2: 'Pxs5712'; 3: 'Sunre 6110'; 4: 'Drw 3410'; 5: 'Tequila'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruce vs. el mejor progenitor a una $p \leq 0.05$.

En la mayoría de la cruzas la heterosis respecto tanto al progenitor medio como al mejor progenitor resultaron negativas en los tres caracteres estudiados, lo cual puede deberse a la alta heterocigosidad de los progenitores y por ende la segregación de sus cruzas, aspecto que podría explicar su pobre comportamiento.

Los mejores resultados de heterosis específica en PT lo presentaron las cruzas 4 (1x4), 7 (2x3) y 12 (3x5); para FT la craza 11 (3x4) y en PPF las cruzas 12 (3x5) y 4 (1x4) (Cuadro 3.14).

Cuadro 3.14. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo saladete indeterminado.

Heterosis específica						Heterosis específica					
Cruza	Hi	Hj	PT	FT	PPF	Cruza	Hi	Hj	PT	FT	PPF
2	1	2	-23.6	2.2	-1.5	8	2	4	-30.4	-2.5	0.4
3	1	3	-129.0	-1.2	-3.5	9	2	5	-55.0	-0.9	-0.6
4	1	4	147.7	-4.9	8.7	11	3	4	-73.6	5.2	-5.8
5	1	5	4.9	4.0	-3.7	12	3	5	93.6	-5.3	7.6
7	2	3	108.9	1.3	1.6	14	4	5	-43.6	2.2	-3.3

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Italdor'; 2: 'Pxs5712'; 3: 'Sunre 6110'; 4: 'Drw 3410'; 5: 'Tequila'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

En resumen, los resultados de este experimento se centran principalmente en el comportamiento de la craza 4 (1x4) y sus progenitores, debido a que mostraron los mejores valores en la mayoría de los estimadores; la craza tuvo la mejor media para PT entre cruas y produjo 9.2 % más que su progenitor 'Italdor' (1) y 3.4 % menos que 'Drw 3410' (4); además, estos progenitores presentaron los mejores valores de ACG, de los cuales 'Drw 3410' mostró significancia estadística, razón por la que los efectos de ACG de los progenitores fueron mayores que los efectos de ACE de la craza 4 (1x4) para PT. En el mismo carácter la craza 4 (1x4) tuvo el mejor valor de ACE, HE y el segundo mejor de HA_p^- .

Los mejores valores de ACG en FT también fueron para los progenitores 'Italdor' y 'Drw 3410', pero no se observa en ninguna de las estimaciones efecto de heterosis, por lo que el comportamiento del carácter obedece más a efectos aditivos; sin embargo, el patrón descrito para PT se repite parcialmente en PPF, ya que la cruza 4 (1x4) generó las mejores estimaciones de HA_p^- , HA_{mp} , HE y ACE, pero los efectos de ACG de los progenitores fueron menores que los de ACE de la cruza.

Esta información ayuda a establecer que 'Italdor' y 'Drw 3410', pueden ser explotados principalmente para selección, sin olvidar su buena combinación para PT. Por este motivo también pueden proponerse para un esquema de mejoramiento en el que simultáneamente se lleve a cabo selección recurrente en ambos genotipos, para que a corto plazo se generen variedades y a mediano y largo plazo líneas elite que sean utilizadas para cruzar entre ambos grupos con el conocimiento previo de que combinan bien (Kannenberg y Falk, 1995).

3.5.2. Variedades tipo bola

3.5.2.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró un efecto significativo en el factor cruza para todas las variables en ambos hábitos de crecimiento (Cuadro 3.15). Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) fueron significativos para FT y PPF en ambos tipos de jitomate; para PT sólo hubo significancia en los de

crecimiento indeterminado. Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) fueron significativos para PT y PPF en los dos hábitos de crecimiento, y para FT sólo se mostró efecto significativo en los de crecimiento indeterminado.

Cuadro 3.15. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método II de cruzas dialélicas de Griffing para tres caracteres en jitomate tipo bola.

FV	GL	Bola determinado			Bola indeterminado		
		PT (x10 ³)	FT	PPF	PT (x10 ³)	FT	PPF
REP	9	405.7	50.5	626.0	279.9	128.4	107.7
CRUZAS	14	655.5*	245.9*	2278.4*	747.9*	315.7*	999.7*
ACG	4	402.3	606.6*	4813.0*	148.9*	430.1*	1915.0*
ACE	10	756.8*	101.6	1264.6*	451.2*	269.9*	633.5*
ERROR	126	248.5	103.8	638.0	168.7	81.2	255.5
TOTAL	149						
MEDIA		1.798	28.3	69.3	1.668	33.8	52.5
CV		0.027	35.9	36.4	0.024	26.6	30.4

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; PT: producción total por planta (g); FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto (g); ACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica; * : significancia a una $p \leq 0.05$; CV: coeficiente de variación.

3.5.2.2. Variedades bola determinado

3.5.2.2.1. Comparación de medias

Las medias de producción total de fruto por planta (PT) de las cruzas y los progenitores de jitomate tipo bola de crecimiento determinado, tuvieron un comportamiento estadísticamente similar (Cuadro 3.16); en FT la cruza 9 (2x5) superó estadísticamente a las cruzas 3 (1x3) y 7 (2x3). En PPF el progenitor 'W 489' (3) fue estadísticamente superior a todos los genotipos exceptuando las cruzas 2 (1x2), 3 (1x3) y 7 (2x3), de las cuales dos están integradas con el progenitor 'W 489' (3) y otras dos el progenitor 'Home Sweet' (1). Estos

resultados indican que los progenitores no generaron híbridos con mejor comportamiento de PT

Cuadro 3.16. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo bola de crecimiento determinado de las cruza del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi x Hj).

Cruza	Hi	Hj	Caracteres					
			PT (g)		FT		PPF (g)	
1	1	1	1817.7	a ^t	25.8	ab	71.8	b
2	1	2	1982.0	a	26.4	ab	80.8	ab
3	1	3	1585.2	a	19.8	b	79.1	ab
4	1	4	1561.7	a	29.9	ab	54.8	b
5	1	5	1404.2	a	26.0	ab	57.9	b
6	2	2	1782.5	a	34.3	ab	54.0	b
7	2	3	1419.4	a	19.6	b	78.4	ab
8	2	4	1973.6	a	31.9	ab	66.8	b
9	2	5	1603.2	a	35.7	a	52.8	b
10	3	3	2150.7	a	22.4	ab	111.1	a
11	3	4	1881.7	a	28.7	ab	67.0	b
12	3	5	1983.9	a	29.4	ab	69.2	b
13	4	4	2225.8	a	33.0	ab	71.7	b
14	4	5	1620.6	a	32.2	ab	53.2	b
15	5	5	1983.4	a	30.0	ab	70.8	b
DMS			771.4		15.7		39.0	

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Home sweet'; 2: 'Ginan'; 3: 'W 489'; 4: 'Acclaim'; 5: 'Pik Ripe'; ^tmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

3.5.2.2.2. Análisis de progenitores

No existió diferencia estadística entre progenitores para los caracteres PT y FT (Cuadro 3.17); en PPF el progenitor 'W 489' (3) superó estadísticamente al resto de los progenitores, lo que se reflejó en una mejor PT pues sólo 'Acclaim' (4) produjo más fruto por planta. De acuerdo con la ACG para PT, los progenitores 'W 489' (3) y 'Acclaim' (4) podrían ser usados para selección, y 'Ginan' (2) para hibridación por su alto valor de HV en PT y PPF. La heterosis media no mostró significancia; los valores negativos responden a que el comportamiento promedio de los progenitores seleccionados fue mejor que el de las cruzas evaluadas.

Cuadro 3.17. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo bola de crecimiento determinado..

Pi	Media						ACG			HV		
	PT (g)	FT	PPF	PT	FT	PPF	PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
1	1817.7 a ^t	25.8 a	71.8 b	-88.8	-2.3*	0.07	-3.8	-1.6	4.9			
2	1782.5 a	34.3 a	54.0 b	-35.2	1.7	-4.1	162.0	-2.0	15.8			
3	2150.7 a	22.4 a	111.1 a	54.4	-3.9*	14.2*	-58.0	-1.4	-7.7			
4	2225.8 a	33.0 a	71.7 b	99.8	2.6*	-4.3	-39.7	1.6	-5.2			
5	1983.4 a	30.0 a	70.8 b	-30.2	1.8	-5.8*	-60.4	3.3	-7.7			
DMS	771.4	15.7	39.0									
$\bar{h}$							- 290.5	-1.1	-9.8			

1: 'Home sweet'; 2: 'Ginan'; 3: 'W 489'; 4: 'Acclaim'; 5: 'Pik Ripe'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; ^tmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; * : significancia a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

3.5.2.2.3. Aptitud combinatoria específica y heterosis de los híbridos

Las cruzas 2 (1x2), 8 (2x4) y 12 (3x5) mostraron el mejor efecto de ACE en PT (Cuadro 3.18), lo que explica que las medias de PT de estas cruzas hayan sido las mejores con respecto a las demás cruzas (Cuadro 3.16);

adicionalmente, los efectos de ACE fueron más importantes que los efectos de ACG de los progenitores. El mayor efecto de ACE para FT se presentó en la cruza 9 (2x5), la cual también tuvo la mejor media (Cuadro 3.16).

Valores positivos de ACE en PPF se presentaron en las cruzas 8 (2x4), 12 (3x5) 14 (4x5) y 2 (1x2), siendo esta última la de mas alto valor. De estos resultados se considera que las cruzas 2 (1x2) y 8 (2x4), con 'Ginan' (2) como progenitor común, y la cruza 12 (3x5), mostraron mejor PT que el resto de las cruzas.

Cuadro 3.18. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo bola de crecimiento determinado.

Cruza	Hi	Hj	PT		FT		PPF	
			ACG	ACE	ACG	ACE	ACG	ACE
2	1	2	-124.1	307.7	-0.5	-1.3	-4.0	15.5
3	1	3	-34.3	-178.8	-6.2	-2.2	14.3	-4.5
4	1	4	11.0	-247.7	0.3	1.2	-4.3	-10.1
5	1	5	-119.0	-78.1	-0.4	0.2	-5.7	-3.2
7	2	3	19.1	-398.2	-2.1	-6.5	10.1	-1.0
8	2	4	64.5	110.6	4.4	-0.8	-8.5	5.9
9	2	5	-65.4	-74.9	3.6	6.1	-9.9	-13.5
11	3	4	154.3	-71.0	-1.2	1.6	9.9	-12.2
12	3	5	24.2	404.6	-2.0	5.1	8.4	4.6
14	4	5	69.6	-19.6	4.5	-1.3	-10.2	5.3

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Home sweet'; 2: 'Ginan'; 3: 'W 489'; 4: 'Acclaim'; 5: 'Pik Ripe'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruza vs. progenitor medio a una $p \leq 0.05$.

La heterosis respecto al progenitor medio fue positiva en PT sólo para la cruza 2 (1x2) (Cuadro 3.19). Las cruzas 3 (1x3), 4 (1x4), 5 (1x5), 7 (2x3) y 14 (4x5) tuvieron heterosis negativa y mostraron efecto significativo en la prueba de contrastes ortogonales entre cruza y progenitor medio.

Cuadro 3.19. Heterosis absoluta ($HA_{\bar{p}}$) y porcentual ($HA_{\bar{p}} \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola determinado.

Cruza	H_i	H_j	$HA_{\bar{p}}$			$HA_{\bar{p}} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	181.8	-3.6	17.9*	10.1	-12.1	28.4*
3	1	3	-399.0*	-4.3	-12.3	-20.1*	-17.8	-13.5
4	1	4	-460.0*	0.5	-16.9*	-22.7*	1.6	-23.5*
5	1	5	-496.4*	-1.9	-13.3	-26.1*	-6.8	-18.7
7	2	3	-547.2*	-8.7*	-4.2	-27.8*	-30.7*	-5.0
8	2	4	-30.5	-1.7	3.9	-1.5	-5.1	6.2
9	2	5	-279.7	3.5	-9.6	-14.8	11.0	-15.4
11	3	4	-306.6	1.0	-24.4*	-14.0	3.6	-26.7*
12	3	5	-83.1	3.2	-21.7*	-4.0	12.1	-23.9*
14	4	5	-484.0*	0.7	-18.0*	-22.9*	2.3	-25.2*

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Home sweet'; 2: 'Ginan'; 3: 'W 489'; 4: 'Acclaim'; 5: 'Pik Ripe'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruza vs. progenitor medio a una $p \leq 0.05$.

Con valor negativo de heterosis en FT, la cruza 7 (2x3) tuvo significancia estadística en la prueba de contrastes ortogonales entre cruza y progenitor medio; las cruzas 4 (1x4), 9 (2x5), 11 (3x4), 12 (3x5) y 14 (4x5) presentaron valores positivos de heterosis. En PPF las cruzas 2 (1x2) y 8 (2x4) tuvieron valores positivos de heterosis, pero sólo la primera fue significativa en la prueba

de contrastes ortogonales; de acuerdo a la misma prueba estadística, también las cruza 4 (1x4), 11 (3x4), 12 (3x5) y 14 (4x5) fueron significativas con valores negativos de heterosis.

La heterosis respecto al mejor progenitor fue positiva en PT y PPF sólo en la cruza 2 (1x2), y para FT lo fue en la 9 (2x5) (Cuadro 3.20). La prueba de contrastes ortogonales entre cruza y el mejor progenitor mostró significancia para HA_{mp} en PT para las cruza 3 (1x3), 4 (1x4), 5 (1x5), 7 (2x3), 9 (2x5) y 14 (4x5); en FT para las cruza 2 (1x2) y 7 (2x3); y en PPF para la 3 (1x3), 7 (2x3), 11 (3x4) y 12 (3x5), todos ellos con valores negativos.

Cuadro 3.20. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola determinado.

Cruza	H_i	H_j	HA_{mp}			$HA_{mp} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	164.2	-7.9*	9.0	9.0	-2.3*	49.5
3	1	3	-565.5*	-6.0	-32.0*	-26.2*	-11.7	-28.8*
4	1	4	-664.1*	-3.0	-17.0	-14.0*	-15.7	-23.6
5	1	5	-579.3*	-4.0	-13.8	-22.7*	-0.6	-19.3
7	2	3	-731.3*	-14.6*	-32.7*	-34.0*	-12.4*	44.9*
8	2	4	-252.2	-2.4	-4.8	10.7	-6.9	23.5
9	2	5	-380.2*	1.3	-18.0	-10.0*	19.0	-2.3
11	3	4	-344.2	-4.2	-44.1*	-12.5	27.9	-39.7*
12	3	5	-166.8	-0.5	-41.9*	-7.7	30.9	-37.7*
14	4	5	-605.2*	-0.7	-18.4	-18.2*	7.4	-24.8

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Home sweet'; 2: 'Ginan'; 3: 'W 489'; 4: 'Acclaim'; 5: 'Pik Ripe'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruza vs. el mejor progenitor a una $p \leq 0.05$.

Como se indicó previamente la ACE para PT y PPF fue estadísticamente significativa (Cuadro 3.2). Los mayores valores de las estimaciones de heterosis específica (HE) para PT los presentaron las cruzas 2 (1x2), 8 (2x4), 11 (3x4) y 12 (3x5) (Cuadro 3.21) y para PPF las cruzas 2 (1x2), 8 (2x4) y 12 (3x5); en FT los valores mas altos se reportaron en las cruzas 9 (2x5) y 12 (3x5).

Cuadro 3.21. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo bola determinado.

Heterosis específica					Heterosis específica						
Cruza	Hi	Hj	PT	FT	PPF	Cruza	Hi	Hj	PT	FT	PPF
2	1	2	314.2	1.1	7.0	8	2	4	137.6	-0.3	3.2
3	1	3	-46.7	-0.1	0.3	9	2	5	-90.9	3.3	-7.8
4	1	4	-125.9	1.6	-6.7	11	3	4	81.7	1.9	-1.5
5	1	5	-141.6	-2.5	-0.7	12	3	5	325.8	2.4	3.6
7	2	3	-360.8	-4.2	-2.4	14	4	5	-93.3	-3.2	-4.9

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Home sweet'; 2: 'Ginan'; 3: 'W 489'; 4: 'Acclaim'; 5: 'Pik Ripe'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

En resumen, las cruzas 2 (1x2), 8 (2x4) y 12 (3x5) presentaron altos valores heterosis específica (HE) y ACE en PT y PPF, lo que posiblemente influyó para que hubiera efecto significativo de ACE en PT y PPF en el análisis de varianza (Cuadro 3.15); estas cruzas presentaron las mejores medias de PT entre cruzas, debido a que tuvieron altos valores de ACE, que son mayores a los efectos de ACG de sus respectivos progenitores. La mayor HE y ACE se expresó en la craza 12 (3x5) que tuvo la mejor PT entre las cruzas; sin embargo, su heterosis absoluta (HA_p^- y HA_{mp}) fue negativa, debido a que la HV

de ambos progenitores también fue negativa, y sólo la ACG del progenitor 'W 489' (3) fue alta.

La cruz 11 (3x4) tuvo el menor valor positivo de HE en PT, por lo que hubo un ligero abatimiento de PT; sin embargo, en esta cruz, el efecto del mejor progenitor del experimento ('Acclaim' (4)), permitió que la cruz 11 (3x4) fuera la cuarta mejor entre las cruces en PT. Adicionalmente, en la cruz 8 (2x4) los aceptables valores de HE y ACE, así como la alta HV del progenitor 'Ginan' (2), contribuyeron a mejorar la PT de esta cruz con respecto a la 11 (3x4); en ambas cruces no hubo valores positivos de HA_p^- y HA_{mp} para PT, lo que responde a la alta PT del progenitor 'Acclaim' (4), ya que en el cálculo de ambos estimadores, la buena producción de los progenitores, disminuye los valores de HA_p^- y HA_{mp} (observar el modelo para el cálculo de ambos estimadores). Por este motivo, el progenitor 'Acclaim' (4) puede ser utilizado para hacer selección y para generar híbridos.

La cruz 2 (1x2) mostró para PT buenas estimaciones de HE, ACE, HA_p^- y HA_{mp} , comportamiento que respondió a la buena HV del progenitor 'Ginan' (2), que también forma parte de las cruces 2 (1x2) y 8 (2x4), que mostraron buenas medias de PT; por este motivo 'Ginan' (2) es una buena opción para ser explotado en la producción de híbridos.

En frutos totales por planta (FT) los progenitores 'Ginan' (2), 'Pik Ripe' (5) y 'Acclaim' (4) tuvieron valores positivos de ACG; sin embargo, sólo el último

tuvo significancia estadística; coincidentemente, las cruzas 4 (1x4), 8 (2x4) y 9 (2x5), en las que se incluye al menos uno de los progenitores mencionados, presentaron los mejores valores para FT entre cruzas. Los estimadores de ACE, HE y HA_p^- , indicaron que sólo las cruzas 4 (1x4) y 9 (2x5) mostraron resultados positivos, lo que da más argumentos para utilizar 'Ginan' (2) y 'Acclaim' (4) como fuente de germoplasma en el mejoramiento de FT.

En el análisis de varianza hubo significancia estadística para ACG y ACE en el carácter PPF, y sólo el progenitor 'W 489' (3) presentó efecto significativo para ACG, por lo que mostró la mejor media de PPF. Cuando 'W 489' (3) se cruzó con 'Home Sweet' (1) y 'Ginan' (2) el PPF fue alto, lo cual obedeció también a que estos progenitores presentaron los mejores valores de HV. De esta forma, la crusa 2 (1x2) fue la que mayor PPF mostró entre las cruzas, lo que respondió que tuvo los mejores valores de ACE, HE, HA_p^- y HA_{mp} . Estos resultados dan más argumentos para recomendar el uso de 'Ginan' (2) como fuente de germoplasma en un programa de mejoramiento genético.

3.5.2.3. Variedades bola indeterminado

3.5.2.3.1. Comparación de medias

El progenitor 'Park 112589' (1) tuvo el mejor valor de PT en los resultados de comparación de medias (Cuadro 3.22) y superó estadísticamente a las cruzas 4 (1x4), 5 (1x5), 7 (2x3), 9 (2x5) y 14 (4x5), así como al progenitor 'Heat Master' (4). Los progenitores 'Park 112589' (1) y 'Gabriela' (5), además de la

cruza 12 (3x5), tuvieron las mejores medias de FT y superaron estadísticamente a las cruzas 4 (1x4), 5(1x5) y 8 (2x4). Las cruzas 3 (1x3) y 8 (2x4), y el progenitor 'Bond' (3), fueron estadísticamente mejores en PPF a las cruzas 9 (2x3) y 14 (4x5), y al progenitor 'Gabriela' (5).

Cuadro 3.22. Medias de producción de fruto por planta (PT), frutos totales por planta (FT) y peso promedio de fruto (PPF) de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado de las cruzas del dialélico II de Griffing hecho con cinco híbridos comerciales (Hi x Hj).

Cruza	Hi	Hj	Caracteres					
			PT (g)		FT		PPF (g)	
1	1	1	2200.8	a ^t	40.0	a	55.8	abc
2	1	2	1746.4	abcd	37.4	abc	50.0	abc
3	1	3	2092.6	ab	33.2	abc	64.4	a
4	1	4	1293.3	d	26.5	bc	51.3	abc
5	1	5	1560.8	bcd	27.3	bc	58.7	ab
6	2	2	1714.5	abcd	32.1	abc	55.8	abc
7	2	3	1552.8	bcd	31.2	abc	54.3	abc
8	2	4	1623.4	abcd	26.0	c	66.8	a
9	2	5	1411.3	bcd	38.6	abc	38.8	bc
10	3	3	1967.6	abcd	30.0	abc	66.1	a
11	3	4	1663.8	abcd	33.2	abc	52.1	abc
12	3	5	1817.8	abcd	41.9	a	45.4	abc
13	4	4	1546.8	bcd	29.0	abc	55.6	abc
14	4	5	1205.7	d	39.8	ab	33.6	c
15	5	5	1636.6	abcd	41.6	a	38.5	bc
DMS			635.5		13.9		24.7	

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Park112589'; 2: 'Big Beef'; 3: 'Bond'; 4: 'Heat Master'; 5: 'Gabriela'; ^tmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

Las cruzas 3 (1x3) y 12 (3x5) presentaron los mejores valores para PT con respecto a las demás cruzas, y aunque ambas sólo superaron a uno de sus respectivos progenitores, 'Bond' (3) puede ser candidato para hibridación.

3.5.2.3.2. Análisis de progenitores

No existió diferencia significativa entre progenitores para FT; en PT el progenitor 'Park 112589' (1) sólo superó estadísticamente a 'Heat Master' (4), y en PPF el progenitor 'Bond' (3) fue estadísticamente mejor que 'Gabriela' (5) (Cuadro 3.23).

Cuadro 3.23. Media, aptitud combinatoria general (ACG), heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de tres caracteres en cinco progenitores (Pi) de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado.

Pi	Media						ACG			HV		
	PT (g)		FT		PPF (g)		PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
1	2200.8	a ^t	40.0	a	55.8	ab	154.4*	0.1	3.0	-91.7	-5.9	5.3
2	1714.5	ab	32.1	a	55.8	ab	-35.8	-0.8	0.9	31.6	0.9	0.5
3	1967.6	ab	30.0	a	66.1	a	149.7*	-0.5	4.7*	169.3	4.0	-2.5
4	1546.8	b	29.0	a	55.6	ab	-161.9*	-2.8	0.1	-67.0	-0.1	-1.4
5	1636.6	ab	41.6	a	38.5	b	-106.4*	3.9*	-8.7*	-42.1	0.9	-1.9
DMS	635.5		13.9		24.7							
$\bar{h}$										- 216.4	-1.0	-2.8

1: 'Park112589'; 2: 'Big Beef'; 3: 'Bond'; 4: 'Heat Master'; 5: 'Gabriela'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; ^tmedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$; *: significancia a una $p \leq 0.05$; DMS: diferencia mínima significativa.

Los mejores progenitores de acuerdo con su ACG fueron 'Park 112589' (1) y 'Bond' (3) para PT, 'Gabriela' (5) para FT y 'Bond' (3) para PPF, por lo que, 'Park 112589' (1) y 'Bond' (3) son una buena fuente para un programa de

mejoramiento por selección para PT. La mayor heterosis varietal fue para el progenitor 'Bond' (3) en PT y FT, y para PPF lo fue 'Park 112589' (1). No hubo diferencia significativa para heterosis media y los valores negativos responden al mejor comportamiento promedio de los progenitores sobre las cruzas.

3.5.2.3.3. Aptitud combinatoria específica y heterosis de los híbridos

Las cruzas con mejor ACE para PT fueron la 3 (1x3), 8 (2x4) y 12 (3x5), y sólo en la última el efecto de ACE fue más importante que los efectos de ACG de sus progenitores (Cuadro 3.24).

Cuadro 3.24. Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo bola de crecimiento indeterminado.

Cruza	Hi	Hj	PT		FT		PPF	
			ACG	ACE	ACG	ACE	ACG	ACE
2	1	2	118.6	-41.1	-0.6	4.2	3.9	-6.4
3	1	3	304.2	119.4	-0.3	-0.2	7.7	4.1
4	1	4	-7.5	-368.1	-2.6	-4.7	3.0	-4.2
5	1	5	47.9	66.8	4.1	-4.9	-5.7	9.2
7	2	3	113.9	-230.1	-1.3	-1.2	5.7	1.4
8	2	4	-197.7	152.2	-3.6	-4.2	0.9	3.9
9	2	5	-142.2	1.7	3.1	1.4	-7.8	13.3
11	3	4	-12.1	7.0	-3.3	2.6	4.8	-4.4
12	3	5	43.3	104.5	3.4	1.7	-3.9	0.9
14	4	5	-268.3	6.9	1.1	5.5	-8.7	-7.0

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Park112589'; 2: 'Big Beef'; 3: 'Bond'; 4: 'Heat Master'; 5: 'Gabriela'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

Los mayores efectos de ACE en FT se expresaron en las cruzas 2 (1x2) y 14 (4x5), los cuales fueron más importantes que los efectos de ACG de sus respectivos progenitores. Finalmente, para PPF los efectos más importantes de ACE se presentaron en las cruzas 3 (1x3), 5 (1x5) y 9 (2x5). El progenitor 'Bond' (3) formó parte de las cruzas 3(1x3) y 12 (3x5), las cuales presentaron altos valores de PT (Cuadro 3.22) y de ACE (Cuadro 3.24), por lo cual este híbrido es una buena fuente de germoplasma para mejoramiento genético de PT por hibridación.

La heterosis respecto al progenitor medio fue positiva en PT sólo para las cruzas 3(1x3) y 12 (3x5); las cruzas 4 (1x4), 5 (1x5), 7 (2x3), 9 (2x5) y 14 (4x5), mostraron diferencia negativa significativa en la prueba de contrastes ortogonales entre cruce y progenitor medio de la misma variable (Cuadro 3.25).

Para FT seis cruzas fueron positivas y el más alto valor de heterosis correspondió a la 12 (3x5), que representó un 16.9 % de incremento significativo de acuerdo con la misma prueba de contrastes; también hubo significancia para las cruzas 4 (1x4) y 5 (1x5) que mostraron heterosis negativa. En PPF se presentó heterosis positiva en tres cruzas, de las cuales hubo significancia estadística de la prueba de contrastes entre cruce y progenitor medio en las cruzas 5 (1x5) y 8 (2x4) que corresponden a una heterosis de 24.4 y 19.8 %, respectivamente; asimismo, se mostró significancia estadística en la cruce 14 (4x5), que presentó heterosis negativa.

Cuadro 3.25. Heterosis absoluta (HA_p^-) y porcentual ($HA_p^- \%$) respecto al progenitor medio de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola indeterminado.

Cruza	H_i	H_j	HA_p^-			$HA_p^- \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	-211.2	1.4	-5.7	-10.7	3.9	-10.3
3	1	3	8.4	-1.7	3.4	0.4	-5.0	5.5
4	1	4	-580.5*	-7.9*	-4.4	-30.9*	-23.0*	-7.9
5	1	5	-357.8*	-13.5*	11.5*	-18.6*	-33.1*	24.4*
7	2	3	-288.2*	0.1	-6.6	-15.6*	0.5	-10.9
8	2	4	-7.2	-4.5	11.0*	-0.4	-14.7	19.8*
9	2	5	-264.2*	1.7	-8.3	-15.7*	4.6	-17.6
11	3	4	-93.3	3.7	-8.7	-5.3	12.5	-14.3
12	3	5	15.6	6.0*	-6.8	0.8	16.9*	-13.1
14	4	5	-385.9*	4.5	-13.4*	-24.2*	12.8	-28.4*

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Park112589'; 2: 'Big Beef'; 3: 'Bond'; 4: 'Heat Master'; 5: 'Gabriela'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruza vs. el progenitor medio a una $p \leq 0.05$.

No se presentó heterosis positiva respecto al mejor progenitor en PT, y las cruzas 2(1x2), 4 (1x4), 5 (1x5), 7 (2x3) y 14 (4x5), mostraron heterosis negativa estadísticamente significativa de acuerdo con la prueba de contrastes ortogonales entre cruza y el mejor progenitor (Cuadro 2.26).

Para FT sólo las cruzas 11 (3x4) y 12 (3x5) tuvieron heterosis positiva, que corresponde a un incremento de 10.6 y 39.7 %, respectivamente; las cruzas 3 (1x3), 4 (1x4) y 5 (1x5) presentaron heterosis negativa estadísticamente significativa para FT de acuerdo con la prueba de contrastes ortogonales entre cruza y mejor progenitor; con la misma prueba estadística se

mostró significancia en PPF para las cruzas 9 (2x5), 11 (3x4), 12 (3x5) y 14 (4x5), las cuales presentaron heterosis negativa. La heterosis en PPF fue positiva en las cruzas 5 (1x5) y 8 (2x4) (Cuadro 3.26).

Cuadro 3.26. Heterosis absoluta (HA_{mp}) y porcentual ($HA_{mp} \%$) respecto al mejor progenitor de cada uno de los diez híbridos intervarietales ($H_i \times H_j$) de jitomate tipo bola indeterminado.

Cruza	H_i	H_j	HA_{mp}			$HA_{mp} \%$		
			PT	FT	PPF	PT	FT	PPF
2	1	2	-454.3*	-2.5	-5.7	-20.6*	-6.3	-10.3
3	1	3	-108.1	-6.7*	-1.7	6.3	10.8*	-2.6
4	1	4	-907.4*	-13.4*	-4.5	-41.2*	-33.6*	-8.1
5	1	5	-639.9*	-14.3*	2.9	-29.0*	-31.7*	5.2
7	2	3	-414.8*	-0.8	-11.8	-21.0*	4.1	-2.7
8	2	4	-91.0	-6.0	11.0	-5.3	-18.9	19.7
9	2	5	-303.2	-3.0	-16.9*	-17.6	-7.3	-30.4*
11	3	4	-303.8	3.2	-13.9*	-15.4	10.6	-21.1*
12	3	5	-149.8	0.2	-20.6*	-7.6	39.7	-31.2*
14	4	5	-430.8*	-1.8	-21.9*	-26.3*	-4.3	-12.6*

H_i : progenitor hembra; H_j : progenitor macho; 1: 'Park112589'; 2: 'Big Beef'; 3: 'Bond'; 4: 'Heat Master'; 5: 'Gabriela'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto; *: significancia en el contraste cruce vs. el mejor progenitor a una $p \leq 0.05$.

Los mejores valores de heterosis específica para PT los presentaron las cruzas 3 (1x3), 8 (2x4) y 12 (3x5), en FT la 2 (1x2) y 14 (4x5), y para PPF la 3 (1x3), 5 (1x5) y 8 (2x4) (Cuadro 3.27).

Cuadro 3.27. Heterosis específica de diez híbridos intervarietales (Hi x Hj) de jitomate tipo bola indeterminado.

Heterosis específica						Heterosis específica					
Cruza	Hi	Hj	PT	FT	PPF	Cruza	Hi	Hj	PT	FT	PPF
2	1	2	65.4	7.4	-8.8	8	2	4	244.6	-4.4	14.8
3	1	3	147.3	1.1	3.4	9	2	5	-37.3	0.8	-4.1
4	1	4	-205.2	-1.0	-5.6	11	3	4	20.8	0.7	-2.0
5	1	5	-7.4	-7.5	11	12	3	5	104.9	2.1	0.4
7	2	3	-272.8	-3.8	-1.8	14	4	5	-60.3	4.7	-7.3

Hi: progenitor hembra; Hj: progenitor macho; 1: 'Park112589'; 2: 'Big Beef'; 3: 'Bond'; 4: 'Heat Master'; 5: 'Gabriela'; PT: producción de fruto por planta; FT: frutos totales por planta; PPF: peso promedio de fruto.

Resumiendo, existió efecto significativo de aptitud combinatoria general (ACG) para los progenitores 'Park 112589' (1) y 'Bond' (3) en PT, de los cuales el último además presentó el mejor valor de heterosis varietal (HV). Las cruzas 3 (1x3) y 12 (3x5) tuvieron las mejores medias para PT entre cruzas, lo que no sólo respondió a la buena ACG y HV de los progenitores mencionados, sino también a que ambas cruzas presentaron altos valores de aptitud combinatoria específica (ACE), donde los efectos de ACG de los progenitores de la cruz 3 (1x3) fueron mejores que los de ACE, situación que respondió a lo previamente indicado; en la cruz 12 (3x5) los efectos de ACE para PT son mayores que los de ACG de los progenitores, debido a que la ACG y HV del progenitor 'Gabriela' (5) son negativas, por lo que se deduce que efecto del progenitor 'Bond' (3) fue más importante en el comportamiento de dicha cruz.

La HE en PT de la craza 12 (3x5) fue menor que la 3 (1x3), pero la heterosis respecto al progenitor medio ($HA_{\bar{p}}$) fue menor en esta última, debido a que sus progenitores ('Park 112589' (1) y 'Bond' (3)) fueron los de mejor PT.

El análisis de varianza mostró significancia estadística de ACG en FT, pero sólo el progenitor 'Gabriela' presentó significancia. Las mejores medias para FT las presentaron las cruzas 12 (3x5), 9 (2x5) y 14 (4x5), en las que el progenitor común fue 'Gabriela' (5); la mejor craza fue con 'Bond' (3), ya que este último tuvo una buena HV. Las tres cruzas mostraron valores positivos de ACE, $HA_{\bar{p}}$ y HE; sin embargo, sólo la craza 12 (3x5) mostró valores positivos de heterosis respecto al mejor progenitor (HA_{mp}). La buena ACG del progenitor 'Gabriela' (5) y los resultados descritos lo hacen buen candidato para ser usado en mejoramiento de FT por selección o hibridación.

La ACG y ACE para PPF fueron significativos en el análisis de varianza. El progenitor 'Bond' (3) mostró efecto significativo en ACG y 'Park 112589' (1) presentó la mejor HV. La mayor HE en PPF se expresó en las cruzas 5 (1x5), 3 (1x3) y 8 (2x4), las cuales también mostraron las mejores medias para PPF entre las cruzas. La alta HV de 'Park 112589' (1) influyó en las cruzas 3 (1x3) y particularmente en la 5 (1x5), ya que en la craza 3 (1x3) la ACG significativa del progenitor 'Bond' (3) más las propiedades de 'Park 112589' (1) determinaron los buenos valores de ACE, $HA_{\bar{p}}$ y HE, que se reflejaron en el segundo mejor valor de PPF entre las cruzas y el tercer mejor al considerar los progenitores del

estudio. En este contexto, 'Park 112589' (1) y 'Bond' (3) pueden ofrecer una alternativa de germoplasma para selección o hibridación para PPF. Adicionalmente, la craza 8 (2x4) expresó las mejores medias de PPF de todo el experimento como respuesta a las buenas estimaciones de HE, $HA_{\bar{p}}$ y HA_{mp} , y a los efectos positivos ACE, que fueron mayores a los efectos de ACG de los progenitores de esta craza. Considerando que el progenitor 'Big Beef' (2) tiene HV positiva para los tres caracteres evaluados, entonces también es una buena opción para incluirlo en un programa de selección, principalmente para mejorar el PPF.

3.6. CONCLUSIONES

Las estimaciones de ACG, ACE y heterosis permitieron identificar progenitores útiles para un programa de mejoramiento genético de jitomate.

Los híbridos tipo saladete de crecimiento determinado 'Hypeel 45' y 'Zuley', pueden ser utilizados en mejoramiento por selección o hibridación para PT, mientras que 'Madeer' es más apropiado para emplearlo sólo en un programa de selección; para los tipos saladete de hábito indeterminado, los mejores genotipos para selección o hibridación para PT son 'Italdor' y 'Drw 3410'.

El híbrido 'Acclaim' es una buena alternativa para selección o hibridación en jitomate bola de hábito de crecimiento determinado para PT, mientras que 'Ginan' posee buenas características para un programa de hibridación. En los tipos bola de crecimiento indeterminado 'Park 112589' y 'Bond' son buenas fuentes para selección e hibridación para PT, y el híbrido 'Big Beef' para PPF.

3.7. LITERATURA CONSULTADA

Crow, J. F. 1952. Dominance and overdominance. In: Gowen, J. W. (ed). Heterosis. Iowa State College Press. Ames, Iowa. pp. 282-297.

Degiglio, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae* 611: 91-92.

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.; Lonquist, J. H. 1966. Teoría genético-estadística y procedimientos útiles para el estudio de las variedades y cruzamientos intervartetales de maíz. CIMMYT. Folleto de investigación No. 3. 37 p.

Gardner, C. O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotecnica Latinoamericana* 4 (2): 1-12.

Gilbert, N. E. 1958. Diallel cross in plant breeding. *Heredity* 12:477-492.

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. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Sciences*. 9:463-493.

Hallauer, A. R. 1976. Heterosis: what have we learned, what have we done, and where are we headed? In: *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. J.G. Coors and S. Pandey (Ed.) American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Wisconsin, USA. 380 p.

Hallauer, A. R.; Miranda J., B. 1988. *Quantitative genetic in maize breeding*. 2nd ed Iowa State University Press. Ames, Iowa. 468 p.

Kannenberg, L. W.; Falk, D. E. 1995. Models for activation of plant genetic resources for crop breeding programs. *Canadian Journal of Plant Science*. 75: 45-53.

Márquez S., F. 1988 *Genotecnia vegetal. Métodos teoría resultados*. Tomo II. AGT EDITOR, S. A. México. pp: 25-28.

Martínez G., A. 1983. *Diseños de experimentos. Métodos y elementos de Teoría*. Primera edición. Ed. Trillas. México. 756 p.

- Martínez G., A. 1988. Análisis de los experimentos de cruzas dialélicas a través del procedimiento matriz de SAS. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Comunicaciones en estadística y computo 7 (1): 9-23.
- Mastache L., A. A.; Martínez G., A.; Castillo M., A.; González C., F. V. 1998. Los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI) en experimentos dialélicos parciales sin efectos maternos. Revista Fitotecnia Mexicana 21: 49-60.
- Peña L., A.; Molina G., J. D.; Ortiz C., J.; Cervantes S., T.; Márquez S., F.; Sahagún C., J. 1999. Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Fitotecnia Mexicana 22: 199-212
- Pérez G., M.; Márquez S. F.; Peña L. A. 1988. Mejoramiento genético de hortalizas. Ed. Mundi-Prensa. México, D.F. pp 159-161.
- 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. 58p.
- Sahagún C., J.; Villanueva V., C. 1997. Teoría de las variedades sintéticas formadas con híbridos de cruzas simples. Revista Fitotecnia Mexicana 20: 69-79.
- Sahagún C., J.; Villanueva V., C. 2003. Coeficiente de endogamia de las variedades sintéticas de cruzas dobles. Agrociencia 37(6): 641-655.
- Vega O., P. C. 1988. Introducción a la teoría de la genética cuantitativa: con especial referencia al mejoramiento de plantas. Ed. Ediciones de la Biblioteca Central de Venezuela. pp 140-156.
- Villand, J.; Skroch, P. W.; Lai, T.; Hanson, P.; Kuo, C. G.; Nienhuis, J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. Crop Science 38: 1339-13347.
- Villanueva V., C.; Castillo G., F.; Molina G., J. D. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruzas. Revista Fitotecnia Mexicana. 17: 175-185.
- Zang, Y.; Kang, M. S. 1997. Diallel-SAS: A SAS program for Griffing's diallel analyses. Agronomy Journal 89: 176-179.

4. DISCUSIÓN GENERAL

El presente estudio se llevó a cabo para evaluar y comparar el comportamiento de híbridos comerciales de jitomate con relación a sus respectivas generaciones filiales dos (F_2), y determinar la pertinencia del uso de híbridos comerciales como progenitores para un programa de mejoramiento genético.

4.1. Jitomate saladete de hábito determinado

Los híbridos evaluados no mostraron diferencia estadística con relación a sus respectivas F_2 en ninguno de los caracteres evaluados. No obstante, se apreciaron reducciones importantes en la producción total de fruto por planta (PT), número de frutos por planta (FT) y promedio de fruto por planta (PPF) de las F_2 de los híbridos 'Hybrid 882' y 'Madeer', las cuales se abatieron 18.6 y 22.8 % para PT, 6.7 y 4.9 % para FT, y 6.7 y 4.9 % para PPF, respectivamente. Debido a que cada híbrido tiene una particular composición genética, hubo diferencia en la magnitud en la que se redujeron PT, FT y PPF en cada F_2 ; en algunas generaciones F_2 el abatimiento de los caracteres no fue tan drástico, por lo que pudiesen ser una buena alternativa para agricultores de recursos económicos limitados. No obstante, el valor de la producción también depende de la calidad del fruto como firmeza, color, acidez y vida de anaquel, por lo que es necesario evaluar estas características en generaciones F_2 para establecer un juicio más razonable sobre su utilidad.

Por otra parte, el potencial genético de algunas variedades comerciales evaluadas en esta investigación puede ser explotado como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento; el híbrido 'Hypeel 45' es un buen genotipo para ser considerado en programas de hibridación, debido a que sus estimaciones de heterosis, medidas en aptitud combinatoria específica (ACE), heterosis específica (HE), heterosis respecto al progenitor medio ($HA_{\bar{p}}$) y heterosis respecto al mejor progenitor (HA_{mp}), presentaron buenos valores. Los progenitores 'Zuley' y 'Madeer' presentaron los valores más altos de PT, por lo cual también pueden ser considerados como una alternativa de base genética, debido a que tuvieron buenos valores de ACG, potencial que puede ser explotado mediante selección recurrente.

El híbrido 'Zuley' tuvo la mejor aptitud combinatoria general (ACG) y heterosis varietal (HV) así como buena ACE sólo en la cruza 12 (3x5) por lo que es de menor importancia utilizarla para hibridación. De forma similar, 'Madeer' no se mostró como buena alternativa para hibridación de acuerdo con el comportamiento de su F_2 , la cual se abatió 22.8 % en PT y 4.9 % en FT, situación que hace pensar que la F_1 es muy heterocigótica.

4.2. Jitomate saladete de hábito indeterminado

Para PT, FT y PPF, en los genotipos saladete de hábito indeterminado, no se encontró diferencias significativas entre los híbridos y sus respectivas F_2 .

Siempre hubo una reducción de PT en un intervalo de 4.2 a 8.5 %; 'Italdor', el híbrido de mayor producción, redujo su producción en 6.8 % en la F_2 . En este contexto, el uso de la F_2 de alguno de estos genotipos puede ser una buena opción para algunos agricultores. El buen comportamiento de 'Italdor' también lo refleja su ACG, que junto con 'Drw 3410' fueron los más altos en PT y FT, lo que implica que el comportamiento de PT y FT en ambos obedece más a efectos aditivos; este planteamiento se puede comprobar con las estimaciones de heterosis, ya que se observó que si bien la PT de las cruzas mejoraron con la incursión de estos padres ('Italdor' y 'Drw 3410'), en ningún caso se mostró un efecto positivo de heterosis en los estimadores. La combinación de ambos progenitores produjo la mejor craza (4 (1x4)) de acuerdo con su ACE, HE y HA_p^- , para PT y PPF. De esta manera, 'Italdor' y 'Drw 3410' pueden ser explotados principalmente para selección, sin olvidar su buena combinación para PT y PPF.

4.2. Jitomate bola de hábito determinado

No se presentó diferencia estadística para ninguna de las variables estudiadas en los nueve híbridos comerciales tipo bola de hábito de crecimiento determinado. En seis casos hubo un decremento en la producción total de fruto

en sus F_2 , de los cuales el abatimiento fue estadísticamente significativo sólo en los híbridos 'Home Sweet' y 'Equinox'. Por otro lado, 'Ginan', 'Acclaim' y 'Chiro' mostraron para PT una F_2 similar a su F_1 por lo que de nuevo se establece que algunas generaciones F_2 pueden satisfacer las exigencias de algunos agricultores.

En este grupo de híbridos se identificaron algunos candidatos para un programa de mejoramiento genético. El híbrido 'Acclaim' mostró alta ACG para PT y FT, y a pesar de que las estimaciones de ACE, HE, HA_p^- y HA_{mp} , no fueron positivas, fue evidente que la PT de las cruza en que se involucró tendieron a mejorar; de ésta manera, proponerlo para selección recurrente es una primera opción, aunque a mediano plazo sería evaluarlo para hibridación.

Debido a su buen valor de HV, 'Ginan' combinó bien con 'Acclaim' y 'Home Sweet'. En esta última cruza en la que se tuvieron buenas estimaciones de HE y ACE, y además la única que presentó heterosis de acuerdo con las estimaciones de HA_p^- y HA_{mp} ; por esta razón, 'Ginan' se propone como progenitor de híbridos para mejorar PT.

4.4. Jitomate bola de hábito indeterminado

Con excepción del híbrido 'Kastalia', se observó un abatimiento de PT y FT en la F_2 de cada híbrido. En PT la reducción fue estadísticamente significativa en los híbridos 'Bond' (21.4 %), 'Jobot' (22.5 %), 'Galileo formely'

(21.0 %) y 'Ball 544191' (30.7 %), pero hay cuatro más que abatieron su PT en F_2 por arriba del 20 %. Estos resultados muestran que el uso de jitomates F_2 tipo bola de hábito indeterminado, representa un mayor riesgo de pérdida para los agricultores, lo que a su vez lleva a establecer que la base genética para desarrollar estos híbridos es más amplia (Giordano *et al.*, 1999), considerando que los programas de mejoramiento para este tipo son relativamente más recientes que para los otros tipos de jitomate

El efecto significativo de ACG en PT para los híbridos 'Park 112589' y 'Bond', de entrada los hace buenos candidatos para explotar su germoplasma. Al cruzarlos su comportamiento en PT y PPF fue muy bueno por lo que la ACE y HE de la crua mostró valores altos; sin embargo, esta expresión obedece a que el progenitor 'Bond' también tuvo buenas estimaciones de HV, que lo hace un progenitor potencial muy importante, ya que además de mostrar efectos aditivos por su alta ACG, también hay la posibilidad de explotar efectos heteróticos en virtud de que al combinar con cualquiera de los progenitores evaluados, tendió a mejorar el comportamiento de PT en cada crua. Finalmente, el progenitor 'Big Beef' se mostró como una buena alternativa para mejorar el peso promedio de fruto, y aunque sus valores de HV son muy bajos, en cruas particulares tendió a mejorar este carácter.

5. CONCLUSIONES GENERALES

Existen F_2 de híbridos comerciales de jitomate que tuvieron un comportamiento similar a la F_1 , por lo que pueden ser alternativa pertinente para satisfacer las necesidades de algunos agricultores.

La producción de fruto por planta, el número de frutos por planta y el peso promedio de fruto de los híbridos tipo saladete y de sus F_2 , fueron estadísticamente similares; en los tipos bola los efectos negativos de la segregación en F_2 redujeron en al menos 20 % la producción de fruto por planta en 10 de los 24 híbridos estudiados, efecto que fue más notorio en los híbridos de crecimiento indeterminado; la reducción de PT sólo fue estadísticamente significativa en los híbridos 'Equinox', 'Home sweet', 'Ball 544191', 'Jobot', 'Bond' y 'Galileo Formely'.

Dada la naturaleza genética de los híbridos comerciales de jitomate, es posible identificar con estimaciones de aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE) y heterosis, genotipos para ser explotados en programas de mejoramiento genético por selección o hibridación.

Los híbridos tipo saladete de hábito de crecimiento determinado 'Hypeel 45' y 'Zuley' mostraron altos valores de ACG y heterosis específica (HE) en PT, por lo que pueden ser utilizados para mejoramiento genético por selección o

hibridación para este carácter, mientras que 'Madeer' dada su buena ACG es mas viable de explotarse sólo en un programa de selección.

Para los híbridos tipo saladete de hábito de crecimiento indeterminado, con base en las estimaciones de ACG en PT, se concluye que los mejores genotipos para selección son 'Italdor' y 'Drw 3410', aunque también pueden ser aprovechados para hibridación ya que mostraron una alta ACE entre ellos.

Debido a su alta ACG en PT y FT, el híbrido 'Acclaim' tipo bola de hábito de crecimiento determinado es una buena alternativa principalmente para selección para PT y FT, pero también debe ser considerado para hibridación porque las cruas en que participó mostraron un buen comportamiento de PT; el híbrido 'Ginan' tuvo alta heterosis varietal por lo que posee buenas características para un programa de hibridación.

En los jitomates tipo bola de crecimiento indeterminado valores significativos de ACG y buenas estimaciones de heterosis hacen de los híbridos 'Park 112589' y 'Bond' buenas fuentes para selección e hibridación para PT. Para mejorar PPF, el híbrido 'Big Beef' es una buena fuente de germoplasma.

6. LITERATURA GENERAL CONSULTADA

- Anónimo 2004. Texas A & M University System. San Antonio, Texas, U.S.A. Avoidance of TSWV by using a resistant hybrid Tomato 444. <http://www.plantanswers.com/tomato444.htm>. Mayo, 2004.
- Bartkaite, O. 2001. Evaluation of tomato heterosis expression. Scientific works. Horticulture and Vegetable growing. Lithuanian Institute of Horticulture. Babtai, Kaunas district, Lithuania. [Http://www.lsd.lt/t20\(2\)_eng/T20\(2\)_eng:6.htm](Http://www.lsd.lt/t20(2)_eng/T20(2)_eng:6.htm). Mayo, 2004.
- Crow, J. F. 1952. Dominance and overdominance. In: Gowen, J. W. (ed). Heterosis. Iowa State College Press. Ames, Iowa. pp. 282-297.
- De Vicente M. C.; Tanksley, S. D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-589.
- Degiglio, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae* 611: 91-92.
- Foolad, M. R.; Subbiah, P.; Ghangas, G. S. 2002. Parent-offspring correlation estimate of heritability for early blight resistance in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica* 126 (2): 291-297.
- 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.
- Gardner, C. O.; Lonquist, J. H. 1966. Teoría genético-estadística y procedimientos útiles para el estudio de las variedades y cruzamientos intervarietales de maíz. CIMMYT. Folleto de investigación No. 3. 37 p.
- Gilbert, N. E. 1958. Diallel cross in plant breeding. *Heredity* 12:477-492.
- Giordano, I.; Pentangelo, A.; Castaldo, D.; Villari, G.; Carboni, A. 1999. Bio-morphological and productive characterization of several accessions of small "Pomodoro di corbara" tomatoes. *Acta Horticulturae* 487: 343-348.
- González S., R. F.; Martínez D., M. A. 2002. Dumping: El caso del jitomate, México 1996. *Comunicaciones en Socioeconomía Estadística e Informática* Vol. 6 (1): 1-30.

- Grandillo, S.; Zamir, D.; Tanksley, S. D. 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: A 20 years perspective. *Euphytica* 110 (2): 85-97.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Sciences* 9:463-493.
- Griffing, F.; Zsiros, E. 1970. Heterosis associated with genotype-environment interactions. *Genetics* 68: 443 – 445.
- Hallauer, A. R. 1976. Heterosis: what have we learned, what have we done, and where are we headed? In: *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. J.G. Coors and S. Pandey (Ed.) American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Wisconsin, USA. 380 p.
- Hallauer, A. R.; Miranda J., B. 1988. *Quantitative Genetic in Maize Breeding*. 2nd ed Iowa State University Press. Ames, Iowa. 468 p.
- Juárez L., G F.; Sánchez del C., F.; Contreras M., E. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6 (1): 19-23.
- Kannenberg, L. W.; Falk, D. E. 1995. Models for activation of plant genetic resources for crop breeding programs. *Canadian Journal of Plant Science*. 75: 45-53.
- Márquez S., F. 1988 *Genotecnia Vegetal. Métodos Teoría Resultados*. Tomo II. AGT EDITOR, S. A. México. pp: 25-28.
- Martínez G., A. 1988. Análisis de los experimentos de cruas dialélicas a través del procedimiento matriz de SAS. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. *Comunicaciones en estadística y computo* 7 (1): 9-23.
- Martínez G., A. 1983. *Diseños de Experimentos. Métodos y Elementos de Teoría*. Primera edición. Ed. Trillas. México. 756 p.
- Mastache L., A. A.; Martínez G., A.; Castillo M., A.; González C., F. V. 1998. Los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI) en experimentos dialélicos parciales sin efectos maternos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 21: 49-60.
- 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.
- Peña L., A.; Molina G., J. D.; Ortíz C., J.; Cervantes S., T.; Márquez S., F.; Sahagún C., J. 1999. Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 22: 199-212

Pérez G., M.; Castro B., R. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Programa de Investigación y Servicio en Olericultura. Chapingo, México. Boletín 3. 58 p.

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. 58p.

Pérez G., M.; Márquez S. F.; Peña L. A. 1988. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Ed. Mundi-Prensa. México, D.F. pp 159-161.

Poehlman, J. M.; Allen, D. S. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 172-176.

Sahagún C., J.; Villanueva V., C. 1997. Teoría de las variedades sintéticas formadas con híbridos de cruza simples. Revista Fitotecnia Mexicana 20: 69-79.

Sahagún C., J.; Villanueva V., C. 2003. Coeficiente de endogamia de las variedades sintéticas de cruza dobles. Agrociencia 37(6): 641-655.

Vega O., P. C. 1988. Introducción a la teoría de la genética cuantitativa: con especial referencia al mejoramiento de plantas. Ed. Ediciones de la Biblioteca Central de Venezuela. pp 140-156.

Villand, J.; Skroch, P. W.; Lai, T.; Hanson, P.; Kuo, C. G.; Nienhuis, J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. Crop Science. 38: 1339-13347.

Villanueva V., C.; Castillo G., F.; Molina G., J. D. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruza. Revista Fitotecnia Mexicana. 17: 175-185.

Wijnands, J. 2003. The international competitiveness of fresh tomatoes, peppers and cucumbers. Acta Horticulturae 611: 79-90.

Zang, Y.; Kang, M. S. 1997. Diallel-SAS: A SAS program for Griffing's diallel analyses. Agronomy Journal 89: 176-179.