



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD - GENÉTICA

**JITOMATE RIÑÓN TOLERANTE A PATÓGENOS DE RAÍZ
Y APTITUD COMBINATORIA DE COLECTAS DE JITOMATE
(*Solanum lycopersicum* L.) NATIVO DE MÉXICO**

MARCO ANTONIO GUZMÁN MORENO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

Montecillo, Texcoco, estado de México

2012

La presente tesis, titulada: **JITOMATE RIÑÓN TOLERANTE A PATÓGENOS DE RAÍZ Y APTITUD COMBINATORIA DE COLECTAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) NATIVO DE MÉXICO**, realizada por el alumno: MARCO ANTONIO GUZMÁN MORENO, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
GENÉTICA
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO
Y DIRECTOR



DR. RICARDO LOBATO ORTÍZ

ASESOR



DR. JOSÉ D. MOLINA GALÁN

ASESOR



DR. J. JESUS GARCÍA ZAVALA

ASESOR



DR. J. SERGIO SANDOVAL ISLAS

ASESOR



DR. RONEY SOLANO VIDAL

ASESOR



DR. SERAFÍN CRUZ IZQUIERDO

Montecillo, Texcoco, México, Noviembre de 2012.

JITOMATE RIÑÓN TOLERANTE A PATÓGENOS DE RAÍZ Y APTITUD
COMBINATORIA DE COLECTAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)
NATIVO DE MÉXICO

Marco Antonio Guzmán Moreno, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

En la primer parte del presente trabajo se tuvo como base el uso de germoplasma de jitomate nativo riñón para estudiar su tolerancia a patógenos de la raíz. Se utilizaron generaciones avanzadas obtenidas por selección (S_4) y por hibridación (F_4), así como progenitores originales, provenientes de colectas de los estados de Hidalgo, Puebla y Tabasco. Las generaciones en S_4 y F_4 más los progenitores originales fueron evaluados para resistencia poligénica a patógenos de raíz como *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. en condiciones de campo e invernadero. Para la siembra en campo se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El sitio experimental estuvo sembrado con jitomate comercial los últimos ocho años, encontrándose infestado en forma natural con *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. En invernadero, utilizando el mismo diseño experimental, se sembraron plantas de cada genotipo en macetas con 7 kg de suelo naturalmente infestado con *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp., principalmente, del mismo sitio donde se estableció el experimento de campo. Los resultados en campo indicaron que hubo genotipos con menor incidencia de *Fusarium* spp., como el 1, 2, 3, 4, 12, 49, y 51 y los padres originales P1, P3, P20 y P22. En cuanto a la severidad de la bacteriosis ocasionada por *Ralstonia* spp., se tuvieron genotipos en S_4 como 7, 4, 1 y 2, con valores del Tiempo

de Aparición de Síntomas (TAS) que muestran la aparición tardía de síntomas. Para la variable Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) no hubo diferencias significativas entre genotipos. En lo que respecta a los genotipos en F₄, se identificaron genotipos como el 18, 20 y 21 con TAS tardío y, exceptuando los dos últimos genotipos, el 18 tuvo una ABCPE significativa. Por último, bajo condiciones de invernadero los genotipos en S₄ 10, 3, 13, 2 y 7 tuvieron un promedio de plantas muertas similares al de algunos genotipos en F₄, como el 30, 18, y 24, con un 32.8%. La más baja incidencia se presentó en los progenitores P42, con un 3% de incidencia de plantas muertas.

En la segunda parte se empleó germoplasma de diez colectas de jitomate tipo cereza, las cuales se emplearon para realizar las 45 cruzas simples posibles entre ellas. Éstas fueron evaluadas para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los genotipos y aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas, g_i y s_{ij} respectivamente; los caracteres evaluados fueron rendimiento total (RT), rendimiento por planta (RP), número total de frutos (NTF), frutos por racimo (FR), peso promedio de frutos (PPF), diámetro (D), longitud (L), grados Brix (°BX) y pH de fruto. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones en dos fechas de siembra. Se detectaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre años para las variables RP, RT, NFP, °BX y pH. Entre las cruzas también hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para todas las variables evaluadas. Para la interacción años por craza ninguna de las variables evaluadas presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$). El coeficiente de variación mínimo de los caracteres de rendimiento fue de 10.09, correspondiente al FR, y el máximo fue de

24.52%, perteneciente a RT y RP. La craza LOR37 x 0819-4 resultó con diferencias significativas en relación con un mayor RT y RP.

Con la estimación de los efectos de ACG de las líneas y los efectos de ACE de las cruza se construyó la estructura genética de las cruza ($X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij}$). Con base en la estructura genética fue posible explicar el potencial genético de las variables de rendimiento y calidad evaluados de cada craza. En la estimación de los efectos de ACG de los diez genotipos y de ACE de las 45 cruza, resultó que los genotipos 0819-4, LOR37 y LOR25, presentaron los efectos más altos de ACG, y las cruza en las que intervinieron fueron las de mayor rendimiento; es decir, en las cruza con rendimiento alto, la aptitud combinatoria general (ACG) fue alta en al menos una de sus líneas y la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruza también fue alta. En las cruza con rendimiento bajo, al menos una de sus líneas tuvo ACG baja y los efectos de ACE fueron negativos con alto valor absoluto como las LOR34 x LOR44, LOR50 x LOR52, LOR34 x LOR52, LOR44 x LOR52 y LOR01 x LOR34.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., pudriciones de raíz, resistencia a enfermedades, cruza dialélicas, aptitud combinatoria,

KIDNEY SHAPED TOMATOES TOLERANT TO ROOT PATHOGENS AND
COMBINING ABILITY OF NATIVE TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)
GERMPLASM FROM MÉXICO

Marco Antonio Guzmán Moreno, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

The first part of this work was based on the use of native kidney tomato germplasm to study its tolerance to root pathogens. Advanced generations obtained by selection (S4) and hybridization (F4) were used, including the original parental genotypes whose collections came from the States of Hidalgo, Puebla and Tabasco. The S4 and F4 generations plus the parental lines were evaluated for polygenic resistance to root pathogens such as *Fusarium* spp. and *Ralstonia* spp., both in field and greenhouse conditions. A randomized complete block design (RCBD) with four replications was used to evaluate the materials in field conditions. The experimental site was infested naturally with *Fusarium* spp. and *Ralstonia* spp., as it had been planted with commercial tomato during eight years. The experiment under greenhouse conditions was also evaluated in a RCBD. The tomato genotypes were planted in 12-liter pots filled with soil from the same site where the field experiment was established; the soil was naturally infested with *Fusarium* spp. and *Ralstonia* spp.

Results from the field evaluation indicated that there were genotypes that had reduced incidence of *Fusarium* spp. such as 1, 2, 3, 4, 12, 49, and 51, including the

original parents P1, P3, P20, and P22. With regard to the severity of the bacterial spot caused by *Ralstonia* spp., the S4 genotypes 7, 4, 1 and 2 showed values of time of onset of symptoms (TOS) that indicated a late appearance of symptoms. There was no significant difference among genotypes for the area under the disease progress curve (AUDPC). Genotypes F4 such as 18, 20 and 21 were identified with late TOS and, except for the last two genotypes, 18 had a significant AUDPC. Finally, for the experiment carried out under greenhouse conditions, the S4 genotypes 10, 3, 13, 2, and 7 had an average of dead plants of 32.8%, which was similar to that one of some F4 genotypes (e.g. 30, 18, and 24). The lowest incidence occurred in parent P42, with a 3% of dead plants.

In the second part of this work, ten collections of native cherry tomato were used to make and evaluate the 45 possible simple crosses among them to estimate the general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects, g_i and s_{ij} , respectively. The traits evaluated were total yield (RT), yield per plant (RP), total number of fruits (NTF), fruits per cluster (FR), average weight of fruits (PPF), fruit diameter (D), fruit length (L), degrees Brix ($^{\circ}$ BX) and pH. A randomized complete block design with three replications was used to evaluate the genotypes in two planting dates. Statistical differences were detected ($p < 0.05$) among years for RP, RT, NFP, $^{\circ}$ BX and pH. Among the crosses there were statistical differences ($p < 0.05$) for all the traits, whereas the interaction years by crosses resulted no significant in all the traits. The minimum coefficient of variation for yield related traits was 10.09 for the variable FR, and the maximum one was 24.52% for RT and RP. The cross

LOR37 x 0819-4 had significant differences with the other crosses since it had a larger RT and RP.

With the estimation of the GCA effects of the lines and SCA effects of the crosses, the genetic structure of the crosses ($X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij}$) was constructed. Based on this genetic structure was possible to explain the genetic potential for yield and quality related traits evaluated from each cross. In the estimation of the GCA effects for the ten parental genotypes and SCA for the 45 crosses, the genotypes 0819-4, LOR37 and LOR25 showed the highest GCA effects, and the crosses in which these parents took part were those of higher performance; *i.e.* in crosses with high performance, the GCA effect was high in at least one of its parental lines, and the ACE of the crosses was also high for these three crosses. On the contrary, in the crosses with low performance at least one of its parental lines had a low GCA effect, and the SCA effects were negative with a high value, e.g. LOR34 x LOR44, LOR50 x LOR52, LOR34 x LOR52, LOR44 LOR52 and LOR01 x LOR34.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., root-rots, disease resistance, diallel crosses, combining ability.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** y a su hijo **Jesús** por estar conmigo en todos los días de mi vida y por haberme permitido lograr tan anhelado sueño.

AL **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por haberme financiado parte de mi formación.

Al **Colegio de Postgraduados**, por haberme permitido realizar mis estudios de doctorado.

Al **Departamento de Genética**, Maestros y trabajadores por la enseñanza y formación que me dieron.

Al **Dr. Ricardo Lobato Ortiz y al Dr. J. Jesús García Zavala**, por la dirección y orientación del presente trabajo, además, por su apoyo, confianza, amistad incondicional, paciencia y momentos de alegría brindados.

Al **Dr. José D. Molina Galán**, por su asesoría y motivación, así como, por su amistad brindada

Al **Dr. Roney Solano Vidal**, por su asesoría, aportaciones, motivación y consejos otorgados.

Al **Dr. J. Sergio Sandoval y Dr. Serafín Cruz Izquierdo** por sus aportaciones en la elaboración de este trabajo.

A la **Sra. Dalila** por su ayuda brindada en todo momento

DEDICATORIA

A Pastor Guzmán y Reyna Moreno mis padres:

Por su grandioso amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento.

A Maribel Reyes Osornio y mi hijo Marco Antonio:

Por su Amor y por ser lo más grandioso que ha sucedido en mi vida.

A Sebastiana Moreno, mi Tía:

Por su gran cariño, comprensión y apoyo.

**A Jesús, Amanda, Orquídea, Isabel, Juan, Guadalupe y José mis
hermanos:**

Por su amistad, cariño.

**A Mario Enrique, Itzayana, Arturo, Isabel, Karla, Sayi, Andrés, Antonio y
Karla y Carlos mis sobrinos:**

Por su gran cariño y por ser parte del futuro de México.

**A Roseline, Maribel, Luz, Ángeles, Liliana, Sandra y Enrique mis
primos:**

Por ser parte de mi familia.

A todas las personas que en algún momento me han otorgado su cariño y
apoyo.

CONTENIDO

	Pag.
I INTRODUCCIÓN GENERAL	1
BIBLIOGRAFÍA	7
II: JITOMATE RIÑÓN TOLERANTE A PATÓGENOS DE LA RAÍZ EN CAMPO E INVERNADERO	8
2.1 RESUMEN	8
2.2 SUMMARY	9
2.3 INTRODUCCIÓN	10
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.5 RESULTADOS	16
2.5.1 Experimento I. Campo.....	16
2.5.2 Experimento II. Invernadero.....	18
2.6 DISCUSIÓN	19
2.7 CONCLUSIONES	23
2.8 BIBLIOGRAFÍA	24
III APTITUD COMBINATORIA DE COLECTAS DE JITOMATE (<i>Solanum licopersicum</i> L.) NATIVO DE MÉXICO	33
3.1 RESUMEN	33
3.2 SUMMARY	34
3.3 INTRODUCCIÓN	35
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.5 RESULTADOS	42
3.6 DISCUSIÓN	46
3.7 CONCLUSIONES	50
3.8 BIBLIOGRAFÍA	51
IV DISCUSIÓN GENERAL	78
V CONCLUSIONES GENERALES	80
VI BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE CUADROS

JITOMATE RIÑÓN TOLERANTE A PATÓGENOS DE RAÍZ

Cuadro		Pag.
Cuadro 1	Escala para determinar el grado de severidad del ataque de bacteriosis <i>Ralstonia</i> spp. en el cultivo de jitomate.....	27
Cuadro 2	Incidencia de <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de jitomate riñón generados por selección e hibridación, padres originales, y testigo, en campo, Yautepec, Morelos, México. 2010.....	27
Cuadro 3	Valores promedio de variables indicadoras de resistencia a <i>Ralstonia</i> spp., peso y número de frutos por planta de genotipos seleccionados a partir de jitomate nativo “riñón”, padres originales y Var. Río Grande. Yautepec, Morelos, México, 2010..	28
Cuadro 4	Valores promedio de variables indicadoras de resistencia a <i>Ralstonia</i> spp., peso y número de frutos por planta de cruzas en F ₄ de jitomate nativo “riñón” tipo “Saladette”, padres originales y Var. Río Grande. Yautepec, Morelos, México, 2010..	29
Cuadro 5	Valores promedio por grupo de materiales genéticos, para las variables TAS, ABCPE y EF de <i>Ralstonia</i> spp., Yautepec, Morelos, México, 2010.	30

Cuadro 6	Incidencia de <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de jitomate “riñón” generados por selección e hibridación, padres originales, y testigo, bajo condiciones de invernadero, Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 2011.....	31
----------	--	----

APTITUD COMBINATORIA DE COLECTAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) NATIVO DE MÉXICO

	Pag.	
Cuadro 1	Fórmula empleada por cada 1000 L de agua, en la fertilización del jitomate tipo cereza bajo condiciones de invernadero. Steiner (1997).....	54
Cuadro 2	Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico de nueve variables evaluadas en las 45 cruzas de jitomate tipo cereza.....	54
Cuadro 3	Peso de frutos (g planta-1), número de frutos por racimo, longitud, diámetro, sólidos solubles totales (°BX) y pH, de las 45 cruzas simples posibles de 10 colectas de jitomate nativo de México.....	55
Cuadro 4	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de diez colectas de jitomate mexicano tipo cereza	57
Cuadro 5	Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 45 cruzas directas de jitomate mexicano tipo cereza.	58
Cuadro 6	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano	

	tipo cereza, para rendimiento por planta, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.....	60
Cuadro 7	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para rendimiento total, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-012...	62
Cuadro 8	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para peso promedio de frutos, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.....	64
Cuadro 9	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para número total de frutos, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.....	66
Cuadro 10	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para número de frutos por racimo, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.....	68
Cuadro 11	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para longitud de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-012...	70
Cuadro 12	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para diámetro de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-012...	72
Cuadro 13	Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano	

	tipo cereza, para grados brix de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.....	74
Cuadro 14	Estructura genética de 45 cruzaes simples de jitomate mexicano tipo cereza, para pH de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.....	76

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El aumento constante en la siembra del cultivo de jitomate tanto en campo como en invernadero en los diferentes estados de México, genera la necesidad de buscar, en las variedades cultivadas en forma comercial así como en las cultivadas de forma tradicional, fuentes de germoplasma que permitan aprovechar el potencial genético presente en los genotipos de jitomate nativo, para generar programas de mejoramiento genético que conlleven a potenciar la investigación de nuestros recursos naturales. Esto debido a que tanto las variedades como los híbridos de jitomate utilizados en el país no han sido desarrollados en programas de mejoramiento nacionales, sino que han sido generados por empresas extranjeras.

El conocimiento del potencial genético de los genotipos de un cultivar, a través del uso de metodologías adecuadas que permitan su estudio, hace posible generar estrategias y técnicas para estimar ciertos parámetros genéticos; al mismo tiempo, el conocimiento del potencial genético de los genotipos estudiados, sobre todo en especies autógamias, permite identificar plantas individuales que al combinar sus características generen posibles cruces superiores (Hallauer *et al.*, 2010).

En un programa de mejoramiento genético se debe considerar el manejo adecuado de la variación genética, esto para identificar y generar genotipos adaptados y con calidad adecuada para su producción; para ello existe una amplia gama de métodos o técnicas que pueden ser tan sencillos como la selección, hasta

técnicas que incluyen polinizaciones controladas, e incluso técnicas de transformación genética.

En el cultivo del jitomate, los híbridos están sustituyendo tanto a las variedades tradicionales como a las seleccionadas; por esto, en la horticultura intensiva actual se cultivan en su mayoría híbridos. Por ello cualquier inicio de programa de mejoramiento genético en el jitomate deberá enfocarse hacia la generación de híbridos y pasar por el estudio de las combinaciones de los parentales; uno de los métodos más extendidos para realizar estudios de esta naturaleza es el análisis dialélico con o sin cruzamientos recíprocos, generado por Griffing (1956), quien propuso cuatro diseños básicos:

Método 1. Incluye la evaluación de los p progenitores (autofecundaciones), las $p(p - 1) / 2$ cruzas directas, y las $p(p - 1) / 2$ cruzas recíprocas; es decir, las p^2 cruzas simples posibles.

Método 2. Incluye los p progenitores (autofecundaciones) y las $p(p - 1) / 2$ cruzas directas; es decir, $p(p + 1) / 2$ cruzas simples.

Método 3. Incluye las $p(p - 1) / 2$ cruzas directas y las $p(p - 1) / 2$ cruzas recíprocas; es decir, $p(p - 1)$ cruzas simples.

Método 4. Incluye sólo las $p(p - 1) / 2$ cruzas directas.

El análisis dialélico tiene sus bases en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), introducidos por Sprague y Tatum (1942).

Es mediante los conceptos de ACG y ACE que se puede estudiar el comportamiento de cruzamientos dialélicos que son las cruzas simples posibles entre p progenitores. Además, se puede llegar a la estimación de las varianzas aditiva y de dominancia de poblaciones. Éstas varianzas de dominancia son útiles en la definición de las estrategias de mejoramiento genético que se deben seguir en función del tipo de variación genética, y los tipos de acción génica involucrados en la expresión del carácter de cada genotipo evaluado y en la población de referencia (Hallauer *et al.*, 2010).

Con la estimación de las varianzas de los efectos de ACG y de ACE se puede llegar a la estimación de las varianzas aditiva y de dominancia. Cuando los valores de ACG son mayores que los de ACE son más importantes los efectos aditivos. En caso contrario, son más importantes los efectos de dominancia, no aditivos (Peña *et al.*, 1999).

El mejoramiento de las plantas implica mantener una amplia base genética disponible para el continuo mejoramiento; los híbridos comerciales tienen una capacidad más estrecha de adaptación ecológica y patológica, lo que implica pérdidas agrícolas en amplias regiones por cambios ecológicos periódicos, o

ataques por patógenos favorecidos por condiciones ecológicas portentosas; y por último, la pérdida de variedades nativas regionales por el desplazamiento masivo por la siembra extensiva de las variedades mejoradas (Rodríguez, 1997).

El conocimiento de la forma en que los diversos genes se heredan es de gran importancia para el mejoramiento genético de las plantas, ya que ello permite determinar el procedimiento apropiado para transferir un gene específico a una variedad aceptable desde el punto de vista hortícola. En los trabajos de mejoramiento genético del jitomate se han utilizado especies silvestres, ya que en éstas los patógenos virulentos rara vez causan epidemias, debido a que cada planta puede tener un genotipo diferente como producto de eventos de recombinación intergenética o intragenética, (García-Pineda, 2004).

El jitomate, junto con el maíz, ha constituido uno de los soportes favoritos de la genética teórica, por lo que no es sorprendente la proporción elevada de genes de resistencia conocidos contra enfermedades. La genética de sus doce cromosomas es muy completa, conociéndose la distribución de algunos genes como el gen C4 de resistencia a *Fulvia fulva* situado en el cromosoma 1; el gen Tm-1 de resistencia al virus del mosaico del tabaco (ToMV), situado en el cromosoma 5; en el número 6, los de resistencia a *Meloidogyne* (Mi) y a la raza 2 (C2) de *Fulvia fulva*; en el noveno, el gen Tm-2 de resistencia al virus del mosaico del tabaco (ToMV); en el cromosoma 11, los genes de resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (I, I-2) y a *Stemphyllium solani* (Sm); y por último en el cromosoma 12 se encuentra el gen de

resistencia a *Verticillium dahliae* (Tello y La Casa, 1990). A partir de 1989, los principales objetivos en el mejoramiento del jitomate se abocaron a la búsqueda de variedades tolerantes a altas temperaturas ($> 37^{\circ}$); híbridos de tomate con larga vida de anaquel; formación de nuevos híbridos y cultivares; y la obtención de frutos con buena firmeza y tamaño para abastecer el mercado de exportación (Bai *et al.* 2007).

La obtención de cultivares con resistencia genética a nivel mundial es una estrategia importante para reducir el uso desmedido de pesticidas, y es uno de los pilares fundamentales del Manejo Integrado de Plagas (Lépiz, 1999).

La investigación del jitomate en nuestro país, en los últimos cuatro años ha comenzado a generar, aunque escasa, cierta información sobre trabajos relacionados con aspectos fisiológicos y de búsqueda de resistencia de los jitomates nativos. Basado en la consulta de revistas científicas nacionales, han transcurrido aproximadamente treinta y cinco años, desde que se hizo el intento por comenzar a hacer investigación sobre el jitomate en México (Soria 1993).

Debido a la importancia comercial del jitomate en México, además de otros países, en el presente trabajo se trató de aprovechar la diversidad genética de las plantas cultivadas tradicionalmente, tanto de jitomate tipo cereza como de jitomate riñón; de igual manera, se hizo uso de variedades comerciales que sirvieron, en algunos casos, como testigos para determinar los parámetros genéticos evaluados, en el caso de las cruas dialélicas, y en otros fueron utilizados como testigos para conocer

el nivel de resistencia de los genotipos evaluados. En los diferentes trabajos realizados con las accesiones de jitomate cereza y riñón, se plantearon de forma general los siguientes objetivos:

- Conocer genotipos de jitomate riñón en generaciones avanzadas, con resistencia a patógenos de la raíz, en condiciones de campo y de invernadero.
- Conocer el comportamiento de las cruzas dialélicas de los genotipos de jitomate tipo cereza, estimando parámetros genéticos útiles para el inicio de un programa de mejoramiento.

Los resultados de la investigación se presentan en dos capítulos; en el primero se analizan los niveles de resistencia de genotipos de jitomate riñón obtenidos por selección y por hibridación contra dos principales patógenos de la raíz, incluyendo progenitores originales y variedades comerciales, en condiciones de campo e invernadero. En el segundo capítulo se presenta el comportamiento de las cruzas dialélicas de jitomate tipo cereza, evaluados en dos fechas de siembra; se presentan y analizan los parámetros genéticos estimados.

1.1 BIBLIOGRAFÍA

- Baim Y, P Lindhout (2007)** Domestiacion and Breeding of Toamtoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Ann. of Bot.* 100: 1085 - 1094
- García P E, y G E Lozoya (2004)** Genes de resistencia a enfermedades en plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 414 – 422.
- Griffing (1956)** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science* 9: 463-491.
- Hallauer R, J B Miranda (2010)** *Quantitative Genetic in Maize Breeding.* Iowa State University Press. Ames, Iowa. pp:268-368.
- Hallauer R, J B Miranda Fo, (1988)** *Quantitative Genetics in Maize Breeding.* Iowa State University Press. 468.
- Lépiz I R (1999)** La contribución de la fitopatología al mejoramiento de los cultivos agrícolas. El caso del frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17: 54 – 72.
- Peña L, A, J D Molina G, J C Ortíz, S Cervantes, F S Márquez y J C Sahagún (1999)** Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Fitotecnia Mexicana* 22:199-212.
- Rodríguez R R, J M T Rodríguez y J A M San Juan (1997)** *Cultivo moderno del tomate.* Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 206 p.
- Sprague G F and L .A Tatum (1942)** General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. *Journal American Society Agronomy* 34(10):923-932.
- Tello M J C y A P La Casa (1990)** *Fusarium oxysporum* en los cultivos intensivos del litoral mediterraneo de España. Fases (*Fusariosis* vasculares del tomate y del clavel) y no parasitaria. *Bol. Ssn. Veg. Serie 19.* 191 p.

CAPITULO II. JITOMATE RIÑÓN TOLERANTE A PATÓGENOS DE LA RAÍZ EN CAMPO E INVERNADERO

2.1 RESUMEN

Las pudriciones de raíz inducidas por *Fusarium* spp. y otros patógenos afectan de manera importante al cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el Estado de Morelos y demás entidades donde se cultiva esta hortaliza. Para identificar jitomates riñón tolerante a patógenos de la raíz, se evaluaron genotipos en 2010 y 2011 en campo e invernadero. En campo, bajo condiciones de temporal y en suelo naturalmente infestado con patógenos de la raíz, se sembraron 10 genotipos S₄, 8 F₄, siete padres originales y la variedad comercial Río Grande (testigo). Las variables evaluadas fueron la incidencia de *Fusarium* spp. y severidad de *Ralstonia* spp. Los mismos genotipos se sembraron en invernadero, en macetas con suelo del mismo sitio de la evaluación en campo; se tomaron muestras de plantas de los genotipos para el aislamiento e identificación de *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. En campo, la mayor incidencia por *Fusarium* spp. se presentó en plántula durante el primer mes del ciclo. Los progenitores originales H24, P1, P3, P20, P22, P42 y T1, mostraron tolerancia a *Fusarium* spp. en campo e invernadero, y a *Ralstonia* spp. en campo. Los genotipos seleccionados con menor incidencia por *Fusarium* spp. fueron el 51, 12 y 1. Éste último, con los genotipos 7, 4 y 2 tuvieron menor severidad por *Ralstonia* spp.; los demás genotipos tuvieron un comportamiento similar entre ellos con ambas enfermedades, pero diferente a la variedad testigo, Río Grande; Los genotipos del grupo S₄ 49, 4, 12 y 51 mostraron igual tolerancia a *Fusarium* spp. que los padres originales.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., pudriciones de raíz, jitomate Mexicano, resistencia a enfermedades.

2.2 SUMMARY

Root rot induced damages caused by *Fusarium* spp. and other pathogens affect tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) in the State of Morelos and other estates where this vegetable is cultivated. In order to identify native genotypes of kidney shaped tomatoes resistant to root pathogens, two experiments were conducted under field and greenhouse conditions in 2010 and 2011, respectively. The field experiment was carried out under rainfed conditions in naturally infested soil with rot root pathogens. Ten genotypes S₄, eight F₄, seven original parents and the commercial variety Río Grande (check variety) were planted. The evaluated variables were incidence and severity of *Fusarium* spp. and *Ralstonia* spp. The same genotypes used in field were planted under greenhouse conditions in pots with soil from the field site. Plant samples were collected from all genotypes for isolation and identification of fungi causing root rots and bacteriosis. Under field conditions, the highest incidence of root rots was observed in the early stage of growth in the first month of the cycle. Original parental genotypes H24, P1, P3, P20, P22, P42 and T1 showed tolerance to *Fusarium* spp. in both field and greenhouse conditions and *Ralstonia* spp. in field. Under field and greenhouse conditions, both pathogens were aggressive in seedling and during flowering stages. The selected genotypes with the lowest incidence to *Fusarium* spp. were 51, 12 and 1. The latter along with genotypes 7, 4 and 2 had less damage due to *Ralstonia* spp. The other genotypes showed a similar performance among them to both diseases, but it was different to that one showed by the variety Río Grande. The group of S₄ genotypes 49, 4, 12 and 51 showed the same tolerance to *Fusarium* spp than the original parents.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., root-rots, Mexican tomatoes, disease resistance.

2.3 INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las especies hortícolas más importantes a nivel mundial, ocupando el 47 % de la producción total de hortalizas. En México se siembran 65 868 hectáreas (SIAP-SAGARPA, 2011), cultivándose en 26 estados del país, y concentrando más del 60 % de la superficie sembrada y cosechada de hortalizas. Ocupa el primer lugar en productos hortícolas de exportación, con un 36.3 %. (FAOSTAT, 2011).

Debido al aprovechamiento extensivo e intensivo del cultivo, el jitomate es afectado por microorganismos como virus, bacterias, hongos, nemátodos e insectos. Las poblaciones silvestres pueden, generalmente, enfrentar este tipo de patógenos. Cuando cultivos genéticamente uniformes cubren áreas extensas, éstos pueden sufrir graves daños por patógenos virulentos (García, 2004). En los sistemas de monocultivo, para alcanzar el máximo rendimiento, se requiere realizar varias actividades, entre ellas pulverizar el suelo, controlar malezas, usar riego, utilizar nutrimentos costosos, y aplicar productos químicos para el control de plagas y enfermedades. El costo del sistema de monocultivo es alto, en términos de energía, mano de obra y de efecto a largo plazo en el ambiente (Francis, 1984).

Los progresos en el desarrollo de variedades resistentes a enfermedades, han sido el resultado del esfuerzo colectivo de científicos enfocados en la búsqueda de genes de resistencia en especies silvestres de jitomate, y en la transferencia de estos genes a variedades comerciales adaptadas y rendidoras, pero susceptibles; ejemplo

de ello es la incorporación exitosa a variedades de jitomate cultivadas de manera comercial, de genes de resistencia a *Fusarium oxysporum* y al marchitamiento bacteriano, provenientes de *Lycopersicon pimpinellifolium*; la resistencia al virus del mosaico del tabaco, de *L. peruvianum*; y al tizón temprano de *L. peruvianum*, *L. pimpinellifolium* y *L. hirsutum* (Geiger y Heun, 1989).

La variabilidad genética en las plantas es la fuente de genes para mejorar las especies cultivadas, por lo que el hombre debe mantenerla para alcanzar los objetivos del mejoramiento vegetal (Krarup, 1984). Esta variación genética es importante, ya que provee de un arsenal de caracteres defensivos para las variedades cultivadas de manera tradicional, conservándolos en sus parientes silvestres, siendo ésta una base vital para la investigación asociada al mejoramiento de los cultivos (Johnson, 1984).

El mejoramiento de las plantas para resistencia a patógenos se puede conseguir mediante un solo gen, llamada resistencia vertical, o por genes múltiples, llamada resistencia horizontal. Robinson (1991) señala que la resistencia horizontal es usualmente controlada por poligenes; por lo que el fitomejoramiento en busca de resistencia horizontal consecuentemente requiere cambios en las frecuencias génicas de los alelos favorables, mediante selección poblacional.

Las enfermedades encontradas en campo, como la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia* spp., afectan a más de 30 especies de plantas. De *Ralstonia* spp. se

pueden distinguir cuatro razas; la raza 1 afecta a una amplia gama de solanáceas que incluyen a la papa (*Solanum tuberosum*), jitomate y varias malezas. La raza 2 afecta plantas de la familia Musáceae, como el plátano (*Musa paradisiaca*) y platanillo (*Phenakospermum* spp.); la raza 3 afecta principalmente a la papa y al jitomate; y la raza 4 afecta a la morera (*Morus alba*), y sólo se presenta en la China (Ji, 2007).

Por su parte, la marchitez producida por *Fusarium* spp. es la principal enfermedad en el cultivo de jitomate, pues disminuye hasta el 60 % el rendimiento. Esta enfermedad se ha reportado en por lo menos 32 países, prosperando desde los trópicos secos hasta los climas templados (Cai *et al.*, 2003).

En México no hay reportes sobre fuentes de resistencia poligénica a la marchitez causada por algunas formas especiales de *Fusarium* spp., que haya sido encontrada en genotipos comerciales recientemente estudiados. Con el fin de aprovechar la diversidad genética del jitomate cultivado tradicionalmente en ciertas regiones de México, se utilizó germoplasma de los Estados de Hidalgo, Puebla y Tabasco, así como una variedad comercial, para el mejoramiento de características hortícolas. El objetivo del presente estudio fue identificar genotipos de jitomate nativo riñón, mediante selección e hibridación, con resistencia a patógenos de la raíz en suelo naturalmente infestado, bajo condiciones de campo e invernadero.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron dos experimentos de evaluación: uno en campo y otro en invernadero; en ambos se incluyeron 10 genotipos seleccionados (S_4), 8 híbridos (F_4), 7 padres originales (PO), y la variedad comercial “Río Grande” (RG).

Sitio experimental. La siembra en campo se realizó en el Ejido de Pantitlán, perteneciente al municipio de Yauatepec, en el Estado de Morelos, México, ubicado a 18° 53' de LN y 99° 03' de LO, a 1203 msnm; el clima está clasificado como (A)Ca(wl)(w)(i')gw”, la temperatura media anual es de 21 °C, con una precipitación anual de 916.9 mm (García, 1988). El segundo experimento se estableció en invernaderos de cristal, de la Universidad Autónoma Chapingo, en Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' de LN y 98° 51' de LO, a 2250 msnm; el clima está clasificado como Cb(wo)(w)(i')g, con temperatura media anual de 15.2 °C, y precipitación anual de 636.5 mm (García, 1988).

Germoplasma. La semilla de jitomate nativo riñón utilizada resultó de un trabajo de investigación cuyo objetivo fue detectar genotipos con resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. El material genético se utilizó para formar híbridos de los genotipos resistentes con la variedad comercial “Río Grande”, tipo “Saladette”, que permitiera incorporar características deseables de fruto (forma y tamaño) al jitomate riñón. Además, se realizó selección de genotipos arriñonados, considerando como criterio el número de lóculos. El germoplasma evaluado corresponde a la generación F_4 y S_4 .

Experimento en campo. Los genotipos evaluados se sembraron a finales de julio de 2010. El trasplante se realizó a los 40 días después de la siembra (dds). Las labores de cultivo que se realizaron fueron las utilizadas convencionalmente por los productores locales. Cada genotipo se sembró en parcelas experimentales de un surco de 5 m de longitud, con separación de 1.20 m, y 10 plantas por surco. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El sitio experimental estuvo sembrado con jitomate comercial los últimos ocho años, encontrándose infestado en forma natural con *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. Durante el desarrollo de las plantas se fertilizó con la fórmula 18-46-00 (N,P,K), así como fertilización foliar con macro y micro elementos y ácidos húmicos. Las aplicaciones se realizaron a los 20 días después del trasplante y al inicio de la floración.

Experimento en invernadero. A finales de octubre de 2011 se sembraron 12 plantas de cada genotipo en macetas con 7 kg de suelo naturalmente infestado con *Fusarium* spp., y *Ralstonia* spp., principalmente, del mismo sitio donde se estableció el experimento de campo. Las macetas se distribuyeron en el invernadero en arreglo de bloques completos al azar con tres repeticiones y cuatro macetas por repetición. Para el desarrollo adecuado de las plantas se les proporcionó riego, fertilización y control de plagas. Tanto en el experimento de campo como en el de invernadero, la cosecha se realizó por planta en los genotipos S₄, F₄ y PO, y se evaluó el peso (g) y número de frutos por planta.

Incidencia de *Fusarium* spp. Se determinó mediante el conteo del número de plantas marchitas presentes en cada unidad experimental en campo e invernadero.

Severidad de *Ralstonia* spp. Se usó una escala visual (Cuadro 1), la cual consistió en determinar el porcentaje de área de la planta dañada. Los genotipos con valores de 1 a 2 se consideraron resistentes, de 3 a 4 intermedios, y 5 susceptibles (James, 1971).

Porcentaje de incidencia. La incidencia de las pudriciones de raíz se calculó con la fórmula de Van der Plank (1975): $I = PE / PT \times 100$, donde, I = índice de incidencia (%), PE = número de plantas dañadas, PT = número total de plantas.

Análisis de la información. El comportamiento de las enfermedades se evaluó mediante parámetros de resistencia como son: tiempo de aparición de síntomas (TAS), contando el número de días desde la siembra hasta la aparición de los primeros síntomas; área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE); y evaluación final de la enfermedad (EF), ocurrido a los 81 días después del trasplante (ddt) en los genotipos F₄, y a los 89 ddt en los genotipos seleccionados y PO. Para severidad de la bacteria se empleó la separación de medias de Duncan. Para la incidencia por *Fusarium* spp. los datos se transformaron a arcoseno, y para su interpretación éstos se presentaron en grados de severidad. En las variables con significancia se realizó la prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) (SAS Institute, 2002). Se realizó análisis de varianza por grupo de genotipos.

Aislamiento de *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. Del material vegetal colectado se tomaron muestras y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1 % en solución acuosa, se depositaron en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y se incubaron a 25 °C durante ocho días. La identificación del hongo aislado se realizó por medio de las claves de Snyder y Hansen (Romero, 1988). *Ralstonia* spp. fue aislada a partir de muestras de plantas de jitomate con síntomas típicos de la marchitez bacteriana. Las colonias presentaron características como apariencia mucoide y coloración rosa en el centro.

2.5 RESULTADOS

2.5.1 Experimento I. Campo

Incidencia de *Fusarium* spp. Se observó variabilidad de la incidencia en los genotipos seleccionados, excepto en la variedad “Río Grande”, que después del trasplante presentó muerte de plántula. Los genotipos con menor incidencia fueron el 1, 2, 3, 4, 12, 49, y 51 y los padres originales P1, P3, P20 y P22 (Cuadro 2). De los híbridos F₄ (Cuadro2), el genotipo 34 tuvo la mayor incidencia, junto con la variedad “Río Grande”; los genotipos restantes tuvieron incidencia similar de *Fusarium* spp., excepto el genotipo 18 y los padres originales H24, P20, P22 y P42, que mostraron resistencia.

En el análisis realizado por grupo de genotipos, los S₄ y PO no presentaron diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$) entre ellos, presentando incidencias de 13.9 y 15.7 % de plantas muertas por *Fusarium* spp., respectivamente, en comparación con el

grupo de híbridos F₄ con 53.3 y RG con 83.9 %. En relación con estos dos últimos grupos, los genotipos F₄ tuvieron mayor tolerancia a *Fusarium* spp., en contraste con el progenitor RG, que mostró susceptibilidad al patógeno.

Severidad de *Ralstonia* spp. En los genotipos seleccionados 7, 4, 1 y 2, los valores del TAS se presentaron de forma tardía (Cuadro 3), siendo considerados como resistentes. El resto de los genotipos tuvieron valores del TAS similares entre ellos y parecidos al de los PO; la variedad RG presentó el TAS más temprano, considerándose como susceptible. Para la variable ABCPE no hubo diferencias significativas entre genotipos, excepto para la variedad RG, que tuvo los valores mayores de ABCPE. Los genotipos 1, 7 y 12 presentaron los valores más bajos del porcentaje en la evaluación final, junto con los PO, P3 y P1. En general, los PO se calificaron como resistentes; los mayores valores en la EF los presentó RG, al tener 100 % de daño. En relación con el peso de frutos por planta, los genotipos 4 y 51 presentaron el valor más alto con 637.1 y 662.1 g, respectivamente el resto de los genotipos no presentaron diferencias significativas. Contrario a esto, en la variedad RG no fue posible cosechar frutos, debido a la muerte temprana de las plantas. En cuanto al número de frutos por planta, el genotipo 7 presentó el mayor número, con 9.5 frutos promedio por planta, siendo los genotipos 12 y T1 los que tuvieron entre 6 y 7 frutos promedio por planta.

Los genotipos F₄ 21, 20 y 18 (Cuadro 4) presentaron un TAS poco tardío, y no tuvieron diferencias significativas entre ellos; el genotipo 18 tuvo un ABCPE

significativamente diferente al de los genotipos 20 y 21. En lo que respecta a la EF, los tres obtuvieron un porcentaje similar, sin alcanzar el 100 %. Los genotipos 30 y 34 mostraron los menores TAS y mayor ABCPE y EF, siendo calificados como susceptibles junto con la variedad RG. Respecto a los componentes del rendimiento (peso y número de frutos/planta), el genotipo 21 tuvo el mayor número de frutos y mayor peso. Es importante señalar que los genotipos 24 y 46, con el TAS poco tardío, y con valores del ABCPE y EF alto, produjeron número y peso de frutos por planta comparables con aquellos genotipos que tuvieron los valores más bajos de ABCPE y EF. Los progenitores P22, P42, P20 y H24 presentaron un TAS tardío sin diferencias significativas entre ellos, y tuvieron valores de ABCPE y EF bajos; en cuanto a las variables de rendimiento, produjeron número de frutos y peso por planta similares entre ellos.

En el análisis del TAS por grupo (Cuadro 5), los genotipos S₄ y los PO fueron los más tardíos; el grupo de plantas testigo RG presentó el TAS más temprano; éste mismo grupo presentó el ABCPE y la EF mayores en ambas variables, y los grupos S₄ y PO presentaron los valores más bajos. En cuanto al rendimiento, los grupos S₄, PO y F₄ tuvieron los valores más altos.

2.5.2 Experimento II. Invernadero

Incidenca de *Fusarium* spp. Durante el ciclo del cultivo hubo incidencia del patógeno en la mayoría de los genotipos; en los PO y genotipos en S₄ la muerte de plántulas fue menor; los genotipos en F₄ presentaron en igual proporción

susceptibilidad al hongo (Cuadro 6). En general, los valores de incidencia por *Fusarium* spp. disminuyeron con el desarrollo del cultivo.

La incidencia de *Fusarium* spp. disminuyó a principio de floración, cerca de los 70 dds. La incidencia promedio de la variedad RG fue del 81.6 %. En general, los genotipos S₄ 10, 3, 13, 2 y 7 tuvieron un promedio de plantas muertas similar al de algunos genotipos F₄, como el 30, 18, y 24, con un 32.8 %. La más baja incidencia se presentó en los progenitores P42, con un 3 % de incidencia de plantas muertas, y H24, P20, P22, P1, P3, T1, así como seleccionados 4, 49 y 51, con promedios de incidencia bajos en comparación a los genotipos F₄.

En el análisis por grupo de genotipos, los PO y los genotipos en S₄ no presentaron diferencia estadística significativa, y tuvieron una incidencia de plantas muertas por el patógeno de 7.3 y 17.2 % respectivamente; el grupo de híbridos en F₄ tuvo 43.4 % y RG 96.9 %. En relación a estos dos últimos grupos, los híbridos en F₄ tuvieron mayor tolerancia a *Fusarium* spp., en contraste con el RG.

2.6 DISCUSIÓN

En campo, durante el período de plántula, los genotipos presentaron incidencia de plantas muertas, principalmente por *Fusarium* spp. Rekah, *et al.* (1998) y Rekah, *et al.* (1999) han reportado la presencia de pudriciones de raíz causadas por *Fusarium* spp. en tallos de plántulas de jitomate después de los 63 días de la siembra; sin embargo, el uso constante del suelo para el cultivo de jitomate ocasiona el

incremento de inóculo en cada ciclo, haciendo posible la infección por *Fusarium* spp. de planta a planta por el contacto de la raíz (Rekah, *et al.*, 1999). El uso de riego rodado provocó la infección de plantas por *Fusarium* spp. en la mayoría de los genotipos evaluados. La incidencia de plantas muertas en los genotipos S₄ y PO disminuyó en un 95 %, con respecto al testigo. Es importante destacar que los genotipos que mostraron menor incidencia, llegaron hasta la etapa de maduración de frutos; esto fue relevante, ya que como mencionan Jarvis (1988) y Apodaca (2002), en condiciones de campo, las plantas resistentes, en fases más avanzadas de su desarrollo pueden presentar síntomas y sucumbir antes de la maduración de frutos.

En la etapa fenológica de formación del segundo racimo floral (8 días previos a la evaluación), se presentaron condiciones ambientales, de humedad y temperatura, que favorecieron la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia* spp.; en la evaluación realizada, los PO, genotipos S₄ y F₄, presentaron variación en la severidad causada por *Ralstonia* spp., lo que confirma que ésta es uno de los principales problemas en el lote donde se evaluaron los genotipos de jitomate nativo riñón. Hoker (1980) y Martin y French (1985) mencionan que esta bacteria tiene la particularidad de sobrevivir en el suelo por tiempo variable, tanto en áreas tropicales, subtropicales, así como en altitudes elevadas o en zonas templadas, parecidas a las condiciones que presenta el sitio de evaluación.

En la variedad RG y en los híbridos F₄ (24, 27, 30, 34, 46), al inicio de la enfermedad, se observó un porcentaje de severidad por *Ralstonia* spp. del 20 al 40 %, siendo progresivo el desarrollo de la enfermedad. En los genotipos originales T1, P20, P22, P42 (Cuadros 3 y 4), seleccionados S₄ 51, 12, 49, 2 y 13 (Cuadro 3), e híbridos F₄, 21 (Cuadro 4), los síntomas de la enfermedad se presentaron a los 49 ddt, con una severidad menor al 20 %, lo que pudo deberse a la presencia de resistencia de planta adulta, que como menciona Robinson (1991), en esa etapa es más alta que en plántulas.

En las distintas fechas de evaluación se observaron diferencias entre los genotipos para el TAS y para la EF de la severidad de *Ralstonia* spp. El mayor daño ocurrió a los 65 dds, causando marchitamiento de partes de algunas plantas; al respecto, Van Elsas *et al.* (2001) mencionan que en campo el marchitamiento inicial de partes de la planta es característico de *Ralstonia* spp, presentándose también marchitez generalizada, enanismo y amarillamiento del follaje en cualquier etapa de desarrollo del hospedante. La severidad máxima por *Ralstonia* spp. fue del 100 % en la variedad comercial “Río Grande” y en los genotipos F₄, como 27, 30, 34 y 46 (Cuadro 4). Se observó en la planta pérdida de turgencia en las hojas, muerte de las hojas y muerte de la planta (Janse, *et al.* 2004). Los genotipos con menor daño fueron los padres originales P1, P3, P20, P22 y P42 y los genotipos en S₄1 y 7.

Los genotipos 12 y 13 presentaron severidad del 20 % en las primeras fechas de evaluación; sin embargo, al final mostraron un comportamiento tolerante,

permitiendo el desarrollo de frutos, lo que pudo haber estado influenciado por la edad de las plantas (Robinson 1991).

Bajo condiciones de campo, *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. se presentaron en diferentes etapas de desarrollo de la planta; es decir, la mayor incidencia de *Fusarium* spp. se tuvo en los primeros 20 ddt, siendo la variedad RG y el genotipo 34 los más susceptibles, con 100 % de incidencia de plantas muertas. Swanson (2005) menciona que dependiendo de la severidad de *Fusarium* spp, el daño vascular asciende a la parte apical del hospedante, causando la muerte de plántulas o planta adulta. A finales del segundo racimo floral se presentó *Ralstonia* spp. en casi todos los genotipos, tanto S₄ como F₄, excepto en algunos como el 7, 4, 1, 10, 3, 21, P20, P22 y P42 (Cuadro 3 y4). Grey y Steck (2001) y Carusso *et al.* (2005) mencionan que *Ralstonia* spp. es un patógeno que puede sobrevivir por tiempo prolongado en condiciones adversas en la rizósfera del suelo de plantas y de malezas hospedadas, lo cual favorece el incremento de su población en épocas húmedas.

Bajo condiciones de invernadero, los genotipos que presentaron resistencia a *Fusarium* spp. fueron los padres originales H24, P1, P3, P20, P22, P42, y T1, los seleccionados 1, 2, 3, 4, 12, 49 y 51; el resto de los materiales presentaron un comportamiento similar dentro de cada grupo S₄ y F₄ pero diferente entre grupos; sin embargo, la agresividad de los patógenos en condiciones de invernadero fue menor a la que se presentó en campo, lo cual pudo deberse a las diferencias en condiciones que se presentaron en campo. Al respecto, Sánchez (1998) menciona

que dependiendo de la temperatura y humedad, la severidad de *Fusarium* spp. puede causar la muerte de plántulas o planta adulta; sin embargo, hubo una variabilidad del 4.5 al 22.3 % en la respuesta de los genotipos seleccionados 1, 2, 3, 4, 12, 40, 49 y 51, así como en PO a la incidencia del hongo, parecida a la ocurrida en campo. En concordancia con este trabajo, se han encontrado genes de resistencia a las diferentes razas de *Fusarium* spp. En parientes silvestres del jitomate (Cai, 2003). En otro estudio se reportó resistencia a las diferentes razas de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, tanto en variedades de jitomate comerciales como en especies silvestres, aunque sólo de tipo vertical (Ascencio-Alvarez, 2008); sin embargo, este tipo de resistencia es poco durable y fácil de romper por los patógenos (Robinson, 1991).

2.7 CONCLUSIONES

Se detectaron genotipos seleccionados, como el 1, 4, 49 y 51, con tolerancia a *Fusarium* spp., presentando incidencia del 10 al 25 %, tanto en campo como en invernadero; en cuanto a los genotipos en F₄, el 18 y 24, presentaron incidencia del 29 al 37 % a *Fusarium* spp. en ambos sitios. Por grupo, los genotipos S₄ y PO, presentaron incidencia del 21.9 y 23.4 %, respectivamente.

En relación con *Ralstonia* spp., se detectaron genotipos S₄ (1, 4, 7 y 51) con el mayor TAS, menor EF y con similar ABCPE; el genotipo 51 tuvo un mayor peso de fruto por planta; entre los genotipos en F₄ destacaron el 18, 20 y 21 con el mayor TAS, el 21 con una menor EF y todos con similar ABCPE.

Los genotipos de jitomate nativo riñón que se han venido seleccionando (S₄) en los diferentes ciclos de cultivo, presentaron igual o mayor tolerancia que los genotipos originales y al testigo comercial.

El desarrollo de las enfermedades en genotipos como el 7, 4, 1 y 2, presentaron desarrollo lento, con TAS prolongados, esto hizo posible el desarrollo de la planta y la producción de frutos, por lo que estos genotipos se pueden tomar para la generación de nuevas variedades de jitomate con resistencia durable.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

Apodaca Sanchez M A (2002) Frecuencia de campos infestados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* en Sinaloa, México, y su control. Rev. Mex. Fitopatol. 20:1-7.

Ascencio Álvarez A, A López-Benítez, F Borrego-Escalante, S A Rodríguez-Herrera, A Flores Olivas (2008) Marchitez Vascular del Tomate: II. Herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon*. Rev. Mex. Fitopatol.26:180-183.

Cai G, I R Gale, R W Scheider, H C Kistler, R M Davis, K S Elias and E M Miyao (2003) Origin of race 3 of *Fusarium oxysporum*f. sp. *lycopersici* at a single site in California. Phytopathology 93:1014-1022.

Caruso P, J Palomo, E Bertolini, B Álvarez, M López, E Bioscan (2005) Seasonal variation of *Ralstonia solanacearum* Biovar 2 populations in a Spanish river: Recovery of stressed cells at low temperatures. App. Environ. Microbiol. 71:140-148.

Francis A Ch (1984) El futuro del fitomejoramiento en el desarrollo agrícola. Rev. Fitotec. Mex. 5:142-161.

Geiger H H, M Heun (1989) Genetics of quantitative resistance to fungal disease. Ann. Rev. Phytopathol. 27:317-341.

- García P E, G E Lozoya (2004)** Genes de resistencia a enfermedades en plantas. Rev. Mex. Fitopatol. 22: 414-422.
- García E (1988)** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, México 217 p.
- Grey B, T Steck (2001)** The viably but non culturable state of *Ralstonia solanacearum* may be involved in long-term survival and plant infection. Applied and Environmental Microbiology 67:3866-3872.
- Hooker W J (1980)** Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. pp. 37-42.
- James W C (1971)** An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. Can. Plant Dis. Surv., 51:39-65.
- Janse J D, H E van den Beld, J Elphinstone, S Simpkins, N A ATjou-Tam-Sin, J van Vaerenbergh (2004)** Introduction to Europe of *Ralstonia solanacearum* biovar 2, race 3 in Pelargonium zonale cuttings. J. Plant Pathol. 86:147-155.
- Jarvis W R (1988)** *Fusarium* Crown and root rot of tomatoes. Phytoprotection. 69:49-64.
- Johnson R (1984)** A critical analysis of durable resistance. Ann. Rev. PHYtopathology 22:309-330.
- Ji P, C Allen, A P Sanchez, J Yao, J G Elphinstone, J B Jones, M T Momol (2007)** New diversity of *Ralstonia solanacearum* strains associated with vegetable and ornamental crops in Florida. Plant Dis. 91:195-203.
- Krarpup H A (1984)** Organización de la variabilidad genética en poblaciones de plantas. In: Contreras A. J. (Eds). Anales Simposio Recursos Fitogenéticos. Valdivia, 1984. UACH-IBPGR.
- Martín C, E French (1985)** Bacterial wilt of potato: *Pseudomonas solanacearum*. Technical information Bulletin 13. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 16 p.
- Rekah Y, D Shtienberg, J Katan (1998)** Relationship between inoculum level in soil and onset of crown and root-rot disease in tomato. Phytoparasitica 26:157-158.

- Rekah Y, D Shtienberg, J Katan (1999)** Spatial distribution and temporal development of *Fusarium* crown and root-rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. *Phytopathology* 89:831-839.
- Robinson R A (1991)** The controversy concerning vertical and horizontal resistance. *Rev. Mex. Fitopatol.* 9:57-63.
- Romero C S (1988)** Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 347 p.
- Swanson J K, J Yao, J K Tans Kersten, C Allen (2005)** Behavior of *Ralstonia solanacearum* race 3 biovar 2 during latent and active infection of geranium. *Phytopathology* 95:136-143.
- SAS Institute (2002)** SAS/STAT USER'S GUIDE. Release 9.0 editions. SAS Institute. Cary North Carolina. USA. 1028 p.
- Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2012, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.** Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>. Consulta: 20 de febrero 2012.
- Food and Agriculture Organization (2012)** Disponible en <http://www.fao.org>. Consulta: 10 febrero 2012.
- Van Elsas J D, P Kastelein, P M de Vries, L S van Overbeek (2001)** Effects of ecological factors on the survival and pHysiology of *Ralstonia solanacearum* bv. 2 in irrigation water. *Can. J. Microbiol.* 47:842-854.

Cuadro 1. Escala para determinar el grado de severidad del ataque de bacteriosis *Ralstonia* spp. en el cultivo de jitomate. (James, 1971).

Nivel	Área dañada (%)	Descripción
0	Planta sana	Planta sana
1	1 – 20	Plantas con hojas verdes y principios de necrosis
2	21 – 40	Plantas con hojas verdes y necróticas
3	41 – 60	Planta con achaparramiento y hojas verdes y necróticas
4	61 – 80	Planta con achaparramiento y hojas necróticas
5	81 – 100	Planta marchita con hojas necróticas

Cuadro 2. Incidencia de *Fusarium* spp. en genotipos de jitomate riñón generados por selección e hibridación, padres originales, y testigo, en campo, Yautepec, Morelos, México. 2010.

Selección (S ₄)		Híbridos (F ₄)	
Genotipo	Incidencia [†] (%)	Genotipo	Incidencia [†] (%)
RG	70.2 a	RG	82.7 a
7	44.9 b	34	80.5 a
13	29.7 b	27	67.8 b
T1	27.3 b	46	62.5 b
10	27.3 b	21	50.0 c
4	22.3 c	20	47.4 c
P1	19.4 c	30	42.3 c
P3	19.4 c	24	37.4 c

49	16.3 c	H24	32.4 d
2	14.6 c	18	29.7 d
3	10.0 c	P42	27.3 d
12	10.0 c	P22	19.9 d
51	10.0 c	P20	19.4 d
P22	10.0 c	DMS	9.6
1	10.0 c	CV (%)	9.4
P20	4.5 d		
DMS	12.3		
CV (%)	13.5		

†La incidencia se estimó mediante un censo en la población. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Padres originales: H24: Genotipo Hidalgo, P1, P3, P20, P22, P42: Genotipos Puebla, T1: Tabasco 1.

Cuadro 3. Valores promedio de variables indicadoras de resistencia a *Ralstonia* spp., peso y número de frutos por planta de genotipos seleccionados a partir de jitomate nativo “riñón”, padres originales y Var. Río Grande. Yautepec, Morelos, México, 2010.

Genotipo	Fruto	TAS [†]	ABCPE ^{††}	EF [¶] (%)	No. Fruto	Fruto/planta(g)
		(días)	(%-día)			
7	Redondo	66.8 a	10.2 b	65.0 bcde	9.5 a	452.0 abc
4	Redondo	65.6 a	9.0 b	70.0 bcd	8.6 ab	637.1 ab
1	Redondo	65.2 ab	10.8 b	55.0 de	7.3 ab	484.6 abc
2	Redondo	64.4 ab	13.4 b	70.0 bcd	8.5 ab	541.3 abc

P1	Ovalado/riñón	63.8 abc	8.0 b	50.0 e	8.0 ab	562.7 abc
10	Redondo	63.4 abc	9.4 b	70.0 bcd	7.5 ab	499.3 abc
13	Redondo	63.2 abc	13.0 b	75.0 bc	7.2 ab	430.8 abc
P3	Redondo/riñón	63.0 abcd	10.8 b	60.0 cde	8.5 ab	588.8 abc
P20	Redondo/riñón	62.8 abcd	10.2 b	70.0 bcd	7.5 ab	509.6 abc
3	Redondo	62.8 abcd	11.8 b	80.0 b	8.0 ab	559.9 abc
12	Redondo	61.6 abcd	12.4 b	65.0 cde	6.7 b	500.3 abc
49	Redondo	61.4 abcd	13.6 b	75.0 bc	7.6 ab	626.6 abc
51	Redondo	61.2 abcd	10.8 b	75.0 bc	8.2 ab	662.1 a
P22	Redondo/riñón	60.2 abcd	12.8 b	70.0 bcd	7.7 ab	595.4 abc
T1	Redondo/riñón	59.7 abcd	11.0 b	70.0 bcd	7.0 b	609.6 abc
RG	Ovalado	33.0 c	32.8 a	100 a	0.0 c	0.0 d

[†]TAS: tiempo de aparición de síntomas (días). ^{††}ABCPE: área bajo la curva del progreso de la enfermedad (%-día). [¶]EF: evaluación final (%).

Cuadro 4. Valores promedio de variables indicadoras de resistencia a *Ralstonia* spp., peso y número de frutos por planta de cruza en F₄ de jitomate nativo “riñón” por tipo “Saladette”, padres originales y Var. Río Grande. Yautepec, Morelos, México, 2010.

Genotipo	Fruto	TAS [†]	ABCPE ^{††}	EF [¶] (%)	No.	
		(día)	(%-día)		Fruto	Fruto/planta (g)
P22	Redondo/riñón	60.2 a	12.1 d	65.0 bc	7.5 ab	595.4 abc
P42	Redondo/riñón	60.0 a	7.2 d	50.0 d	7.0 b	512.2 abc
21	Redondo	57.8 a	11.4 d	70.0 bc	9.5 a	690.2 a

20	Redondo	56.4 a	10.8 d	75.0 b	7.5 ab	411.0 bc
P20	Redondo/riñón	56.4 a	10.1 d	60.0 cd	7.5 ab	509.6 abc
18	Redondo	55.2 a	16.0 cd	75.0 b	7.0 b	379.9 c
H24	Redondo	54.0 a	12.8 d	70.0 bc	8.5 ab	561.0 abc
24	Redondo	43.2 b	22.6 bc	90.0 a	9.0 ab	581.9 abc
46	Redondo/riñón	39.4 bc	28.8 ab	100 a	7.0 b	401.4 bc
27	Redondo	36.8 bc	28.8 ab	100 a	7.0 b	491.1 abc
30	Redondo	33.0 c	32.8 a	100 a	0.0 c	0.0 d
34	Redondo	33.0 c	32.8 a	100 a	0.0 c	0.0 d
RG	Ovalado	33.0 c	32.8 a	100 a	0.0 c	0.0 d

[†]TAS: tiempo de aparición de síntomas (días). ^{††}ABCPE: área bajo la curva del progreso de la enfermedad (%-día). [‡]EF: evaluación final (%).

Cuadro 5. Valores promedio por grupo de materiales genéticos, para las variables TAS, ABCPE y EF de *Ralstonia* spp., Yautepec, Morelos, México, 2010.

	TAS [†] (día)	ABCPE ^{††} (%-día)	EF [‡] (%)	No. Fruto/pta.	Fruto/pta.(g)
grupo	Media	Media	Media	Media	Media
S	63.5 a	2.2 c	49.0 b	7.9 a	539.4 a
PO	60.5 a	2.1 c	47.0 b	7.7 a	562.7 a
F	44.3 b	5.1 b	69.0 a	5.8 b	369.4 b
RG	33.0 c	5.6 a	70.0 a	0.0 c	0.0 c

[†]TAS: tiempo de aparición de síntomas (días). ^{††}ABCPE: área bajo la curva del progreso de la enfermedad (%-día). [‡]EF: evaluación final (%).

Cuadro 6. Incidencia de *Fusarium* spp. en genotipos de jitomate “riñón” generados por selección e hibridación, padres originales, y testigo, bajo condiciones de invernadero, Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 2011.

Selección (S ₄)		Híbridos (F ₄)	
Genotipo	Incidencia [†] (%)	Genotipo	Incidencia [†] (%)
RG	75.0 a	RG	88.3 a
10	32.9 a	34	58.8 a
3	32.9 a	46	58.8 a
13	32.9 a	20	50.0 a
2	32.9 a	27	41.3 b
7	32.9 a	21	41.3 b
1	25.0 b	30	32.9 b
12	25.0 b	18	32.9 b
51	25.0 b	24	32.9 b
4	25.0 b	H24	25.0 b
P1	25.0 b	P20	25.0 b
P20	25.0 b	P22	25.0 b
P22	25.0 b	P42	3.0 c
P3	25.0 b	DMS	38.2
T1	25.0 b	CV(%)	21.2
DMS	26.2		
CV (%)	17.5		

[†] La incidencia se estimó mediante un censo en la población. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Padres originales: H24: Genotipo Hidalgo, P1, P3, P20, P22, P42: Genotipos Puebla, T1: Tabasco 1.

CAPITULO III. APTITUD COMBINATORIA DE COLECTAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) NATIVO DE MÉXICO

3.1 RESUMEN

En el presente trabajo se estimaron los efectos genéticos de diez genotipos de jitomate nativo tipo cereza. El material genético estudiado consistió de 45 cruzas directas entre los diferentes genotipos. Las cruzas fueron evaluadas durante los años 2011 y 2012, en los invernaderos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. La siembra se realizó en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. La aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE), fueron estimadas mediante el método IV de Griffing. Las variables evaluadas fueron: rendimiento por planta (RP), rendimiento total (RT), número total de frutos (NTF), frutos por racimo (FR), peso promedio de fruto (PPF), diámetro (D), longitud (L), grados Brix (°BX) y pH del fruto. Se encontró que tres progenitores (0819-4, LOR37 y LOR25) mostraron los efectos positivos más altos de ACG en RT y RP, y los tres genotipos generaron híbridos con altos valores de ACE, como la craza LOR37 x 0819-4 con diferencia significativa ($P < 0.05$) en relación con mayor RT y RP. La colecta 0819-4, formó parte en siete de las 12 cruzas con mayor RT y RP. En cuanto a °BX, la colecta 0819-4 volvió a observarse entre las nueve cruzas sobresalientes. En pH, las cruzas sobresalientes fueron la LOR01 x LOR52 y LOR17 x LOR64, con valores de 7.43 y 6.55, respectivamente; el 73.33% presentaron valores fluctuantes entre 6.41 y 5.63.

Palabras clave: Cruzas dialélicas, parámetros genéticos, aptitud combinatoria, *Solanum lycopersicum* L.

3.2 SUMMARY

Genetic effects of ten native cherry type tomato genotypes were estimated in this work. The genetic material consisted of the resultant 45 direct crosses among ten parental genotypes. The crosses were evaluated during the years 2011 and 2012, in greenhouse conditions at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México. The crosses were planted in a randomized complete block design with three replications. General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects were estimated using the method IV of Griffing. The traits evaluated were total yield (RT), yield per plant (RP), total number of fruits (NTF), fruits per cluster (FR), average weight of fruits (PPF), fruit diameter (D), fruit length (L), degrees Brix (° BX) and pH. It was found that three parents (0819-4, LOR37 and LOR25) showed the highest GCA positive effects in RT and RP, and these three genotypes generated hybrids that had the highest values of SCA, e.g. the cross LOR37 x-0819-4.

The accession 0819-4 formed part in seven out of the 12 crosses with larger RT and RP. For degrees °BX, the accession 0819-4 was again part of the nine outstanding crosses. For pH, the outstanding crosses were LOR01 x LOR52 and LOR17 x LOR64, and they had values of 7.43 and 6.55, respectively; the 73.33% of genotypes showed values between 6.41 and 5.63.

Key words: Diallel crosses, genetic parameters, combining ability, *Solanum lycopersicum* L.

3.3 INTRODUCCIÓN

Para disminuir los costos de producción en el cultivo de jitomate en nuestro país, es necesario generar programas de investigación y mejoramiento genético que aprovechen los recursos naturales existentes en las diferentes regiones donde se conserva germoplasma poco manipulado.

Para obtener un mayor aprovechamiento de los recursos genéticos del jitomate, es necesario recurrir al desarrollo de variedades superiores que presenten características agronómicas con buena capacidad de rendimiento, y que sean competitivas con las variedades ya establecidas en el mercado (Betrán *et al.*, 2003). Para lograr lo anterior, el cruzamiento dialélico es un método adecuado que eficientiza el proceso de un programa de mejoramiento genético; mediante ésta metodología se pueden llegar a caracterizar los progenitores y conocer las propiedades genéticas que los cruzamientos generados expresen. De ésta forma se puede conocer con más certeza las características cuantitativas de los progenitores y sus cruas (Viana *et al.*, 1999).

El diseño dialélico de Griffing (1956) a través de sus cuatro métodos permite conocer las mejores combinaciones generadas a partir de diferentes genotipos. La capacidad de combinación que presentan algunos individuos o una población es medida a través de su progenie. Para poder medir la aptitud combinatoria de un genotipo es necesario estudiar varios individuos para poder seleccionar los que presenten la más alta capacidad de combinación (Márquez, 1988).

La aptitud combinatoria general explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la aptitud combinatoria específica revela la proporción de la varianza genotípica que puede deberse a las desviaciones de dominancia. En un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos, la ACE es más importante que la ACG (Hallauer, 1976).

En relación con las características superiores de las cruzas dialélicas, Escorcía *et al.* (2010), mencionan que una craza es de alto rendimiento cuando en ella participa al menos una línea de alta ACG y cuyos efectos de ACE son positivos y relativamente altos, por lo que la craza simple con el mayor rendimiento será aquella cuyas dos líneas progenitoras sean las de más alta ACG y tengan un alto efecto de s_{ij} , (Reyes 2004). Por otro lado, las cruzas con más bajo rendimiento son originadas por las líneas con la más baja ACG y con efectos de ACE negativos altos. El objetivo del presente trabajo fue conocer el comportamiento de los cruzamientos dialélicos obtenidos de diez genotipos de jitomate nativo tipo cereza, y detectar híbridos de craza simple con ventajas agronómicas en relación con sus progenitores, con base en los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE).

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. Durante los años 2011 y 2012 se realizaron dos siembras con genotipos de jitomate cereza en los invernaderos del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad - Genética, ubicados dentro de las instalaciones del Colegio de postgraduados, Campus Montecillo, en Texcoco estado de México, ubicado a 19° 29' de LN y 98° 51' de LO, a 2250 msnm; el clima está clasificado como Cb(wo)(w)(i') g, con temperatura media anual de 15.2 °C, y precipitación anual de 636.5 mm (García, 1988).

Germoplasma. La semilla de jitomate tipo cereza empleado en el cruzamiento dialélico fue proporcionado por el Dr. Ricardo Lobato Ortiz del Colegio de Postgraduados; las colectas utilizadas fueron las siguientes: LOR01, LOR17, LOR25, LOR34, LOR37, LOR44, LOR50, LOR52, LOR64 y 0819-4. El material proviene de colectas realizadas en diferentes partes del país.

Cruza entre genotipos. A mediados del mes de junio de 2009, se dio inicio a las cruza directas entre los genotipos de jitomate tipo cereza. Se emplearon diez plantas de cada progenitor para las cruza; la técnica empleada en las cruza de los materiales fue la emasculación en la cual a cada una de las flores de los genotipos receptores (hembras), se les quitaron los órganos reproductores masculinos con la finalidad de evitar la autopolinización; un día después de este procedimiento se realizó la polinización de las flores emasculadas de cada uno de los genotipos, con

polen proveniente de flores de las diferentes colectas de jitomate. Por último, se colocó una etiqueta en la que se anotaron los siguientes datos: progenitor masculino y femenino, y fecha de la cruce (Muñoz, 1976). La cruce de los materiales consistió en efectuar las $P(P-1)/2$ cruces directas posibles entre los diferentes genotipos utilizados, siguiendo el método IV de Griffing (1956).

Experimentos en invernadero. Las 45 cruces simples obtenidas se sembraron a finales de abril de 2011; la siembra de cada uno de los materiales se realizó en charolas germinadoras, utilizando como sustrato “peat moss”; el semillero se regó con solución “Steiner” cada tercer día. A los 40 días después de la siembra, las plántulas se trasplantaron en bolsas de polietileno con capacidad de 10 litros, utilizando tezontle fino como sustrato.

La segunda siembra se realizó a finales de noviembre de 2011. Las condiciones en las que se estableció este experimento fueron similares a las del primero, empleando la misma fórmula de fertilización, marco de plantación y diseño experimental.

El diseño experimental empleado para evaluar los cruzamientos en ambas fechas fue un bloques completos al azar con tres repeticiones. La distancia entre plantas fue de 40 cm y entre hileras de 80 cm. Se sembraron 15 plantas por cruce directa, el comportamiento de los híbridos y progenitores se evaluó con base en el análisis dialélico según el método IV propuesto por Griffing (1956).

Fertilización. Durante el desarrollo de las plantas se realizó fertilización con solución “Steiner” (Cuadro 1), al mismo tiempo se realizaron aplicaciones preventivas de fungicida (Captan[®], Amistar[®]), para el control de *Laveillula* spp., *Alternaria* spp., e insecticida (Lorsban[®], Confidor[®], Beleaf[®]) para el control de mosca blanca *Trialeurodes* spp.

Cosecha. La recolección de frutos de los distintos materiales se realizó por planta. Los frutos provenientes de los mismos padres se recolectaron y juntaron para la extracción de la semilla F₁; para ello se partieron los frutos y se lavaron en agua corriente para la obtención de la semilla; hecho esto, las semillas húmedas se colocaron sobre un papel, extendiéndolas para su completo secado. Una vez secas, las semillas fueron colocadas en bolsas de papel, las cuales se rotularon según su origen.

Variables evaluadas. Las variables evaluadas fueron rendimiento por planta (RP), rendimiento total (RT), número total de frutos (NTF), número de frutos por racimo, peso promedio de frutos, tamaño de frutos: longitud (L) y diámetro(D), sólidos solubles totales (SST) expresados en grados brix, grado de acidez (pH): que se expresó basándose en la escala de acidez de 0 a 14.

Análisis de las cruces (F₁). El modelo estadístico para el análisis de las variables evaluadas de las 45 cruces simples posibles, entre los diez genotipos de jitomate cereza, fue el diseño dialélico método IV de Griffing, (1956).

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico observado de la cruce con progenitores i y j .

μ = media poblacional.

g_i , g_j = efecto de ACG del progenitor i y del progenitor j , respectivamente.

s_{ij} = efecto de ACE del cruzamiento del progenitor i con el progenitor j .

e_{ijk} = efecto del error de la cruce ij en la repetición k .

La estructura genética de cada una de las 45 cruces se construyó de acuerdo con el modelo del dialélico de Griffing (1956).

$$X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Valor promedio de la variable evaluada de la cruce del genotipo i con el genotipo j .

μ = valor medio de las 45 cruces

g_i = efecto de ACG del genotipo i

g_j = efecto de ACG del genotipo j

s_{ij} = efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j .

La estimación de los efectos de ACG y ACE se hizo mediante el programa de análisis estadístico en SAS[®] (SAS Institute, 2002), adaptado al método IV de Griffing (1956).

La comparación estadística entre los valores de ACG de los progenitores se hizo con base en la estimación de la varianza de las variables. Para esto se calculó la diferencia significativa honesta (DSH) como lo cita Griffing (1956).

$$ACG_{DHS} = [q_{\alpha}(p, gle)] \left[\sqrt{\left(\frac{p-1}{2rp^2}\right) (CME)} \right]$$

Donde:

q = Es el cuantil de la prueba de Tukey para comparar las medias de los p progenitores

p = Progenitores

gle = Son los grados de libertad del error establecidos en el análisis de varianza del Método IV de Griffing (1956).

r = Es el número de repeticiones

CME = Es el cuadrado medio del error del análisis de varianza.

Se hizo un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey para RP, RT, NTF, FR, PPF, D, L, ° BX y pH de las cruzas, para un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, mediante el procedimiento ANOVA y MEANS del sistema SAS[®] para Windows[®] versión 9.0.

3.5 RESULTADOS

Los cuadrados medios del análisis de varianza combinado de dos fechas de siembra y nueve variables (Cuadro 2) mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre años para las variables RP, RT, NFP, °BX y pH. Entre las cruzas hubieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las variables. En la interacción años por craza ninguna de las variables presentó diferencias significativas ($p < 0.05$). El coeficiente de variación mínimo para rendimiento fue de 10.09%, correspondiente al FR, y el máximo fue de 24.52%, perteneciente a RT y RP; los valores del CV de los parámetros de calidad fueron 6.75 el mínimo y 6.76 el máximo, correspondiente a pH y °BX respectivamente.

En el Cuadro 3 se presenta el rendimiento promedio de cada una de las 45 cruzas directas. La craza LOR37 x 0819-4 resultó con diferencias significativas en relación con mayor RT y RP, seguida por 11 cruzas estadísticamente similares entre sí en las mismas variables. Se observó que en siete de las 12 cruzas con mayor RT y RP se presentó la colecta 0819-4, y en cuatro de las cruzas se presentó la colecta LOR25. Las cruzas de la colecta 0819-4 tuvieron diferencias significativas en todas las variables evaluadas con respecto a las demás colectas.

Las diez cruzas de menor rendimiento resultaron con valores entre los 441.7 g y 567.2 g, y fueron las de menor significancia estadística, en comparación con las 12 de mayor rendimiento. Las colectas que se presentaron con mayor frecuencia fueron

LOR34, LOR44 y LOR50, y las cruzas entre ellas fueron las de menor promedio en RT y RP; no obstante, de estas colectas, la craza LOR34 x LOR44, aunque presentó uno de los rendimientos más bajos, tuvo efectos de ACE positivos, y resultó diferente a la craza LOR44 x LOR50, que presentó el rendimiento más bajo de las cruzas y además tuvo los efectos de ACE negativos.

Los valores más altos de °BX (Cuadro 3) entre las cruzas fluctuaron entre 7.23 y 8.14, donde se volvió a observar a la colecta 0819-4 en las nueve cruzas sobresalientes en las variables de calidad determinadas. Por otro lado, las cruzas que presentaron diferencias significativas en pH, fueron LOR01 x LOR52 y LOR17 x LOR64, con valores de 7.43 y 6.55, respectivamente; el 73.33% presentaron valores fluctuantes entre 6.41 y 5.63.

Las cruzas que mostraron valores bajos en relación con sólidos solubles totales (°BX), mostraron valores fluctuantes entre 5.20 y 5.47; en pH fluctuaron entre 5.22 y 5.47. Las cruzas que presentaron valores similares tanto en °BX como en pH fueron: LOR01 x LOR17, LOR25 x LOR37 y LOR25 x LOR50, con valores de 5.46, 5.22 y 5.34, respectivamente.

Con respecto a los efectos genéticos estimados de las cruzas para las variables de rendimiento (Cuadro 4), el progenitor 0819-4 tuvo valores positivos de los efectos de ACG para RT, RP, PPF, L y D; de igual manera, los progenitores LOR25 y LOR37 mostraron valores positivos; sin embargo, éstos presentaron valores negativos para

NTF y FR; para estos caracteres, los progenitores LOR01, LOR17, LOR44 y LOR64 fueron los que presentaron valores positivos de ACG. En los caracteres de calidad, los progenitores que tuvieron valores positivos de ACG fueron LOR44, LOR52, 664 y 0819-4; los otros seis progenitores presentaron valores negativos de ACG.

De las 45 cruzas directas, 17 presentaron valores positivos y 28 valores negativos para las variables RT y RP; 23 cruzas mostraron valores positivos de ACE para NTF y FR (Cuadro 5). En las variables L y D, 20 y 21 cruzas, respectivamente, presentaron valores positivos. En °BX y pH, 20 cruzas mostraron valores positivos de ACE. En el Cuadro 5, se observan las siete cruzas con los mayores valores de ACE para RT, y las nueve con los valores más bajos. En los parámetros de calidad, cinco cruzas presentaron valores altos de ACE para °BX y pH, y tres con los más bajos. Los resultados en estas cruzas indican que existió un efecto positivo al cruzar los genotipos que las formaron; es importante mencionar que la craza LOR01 x LOR17 presentó en PPF valores altos de ACE, siendo también de las cruzas con valores altos de RT; sin embargo, presentó valores bajos de ACE para °BX y pH (Cuadro 5). También sobresalieron las cruzas LOR01 x LOR34, LOR44 x 0819-4, LOR52 x LOR64 y LOR64 x 0819-4 con valores estimados de ACE para RT de 92.42, 75.52, 50.00 y 53.35 respectivamente, en dos de las cuales participó el genotipo de jitomate 0819-4, con alta calidad agronómica, siendo de los materiales más promisorios, ya que tiene características agronómicas deseadas que pueden ser incorporadas a genotipos con baja calidad.

La contribución a la varianza de RT y RP, atribuible a las cruzas, estuvo constituida por 41.66 y 58.34% para los efectos aditivos (ACG) y no aditivos (ACE), respectivamente. Esta superioridad de los efectos no aditivos sobre los aditivos pudiera deberse a la variabilidad resultante de las combinaciones híbridas entre los progenitores, debido a la diversidad en las colectas de jitomate. Para las otras características, de igual forma se observaron efectos mayores del tipo no aditivo (64.62% para efectos de ACE y 35.38% para ACG en el PPF; 13.29% de ACG y 86.71% de ACE para NTF; 15.02% de ACG y 84.98% de ACE para FR y con valores de 9.33% en ACG y 90.66% en ACE, en L y, 10.45% en ACG y 89.55% en ACE, en D). También en los caracteres de calidad se observaron mayores efectos de tipo no aditivo con 7.47 % en ACG y 92.52% en ACE para °BX y, 1.03% en ACG y 98.97% en ACE para pH. Las proporciones para los efectos de ACG y ACE se calcularon con base en las sumas de cuadrados, con respecto a la proporción que ocupan cuando las cruzas se fraccionan en estos efectos.

En los cuadros 6 al 14 se presenta la estructura genética de las 45 cruzas directas en cada una de las variables evaluadas; en las 11 cruzas con el más alto rendimiento se observa que en todas participó cuando menos una línea de alta ACG. En las cruzas LOR37 x 0819-4 y LOR25 x LOR37, que mostraron el más alto rendimiento, los efectos s_{ij} fueron numéricamente los más altos (94.04 y 52.41). En tres de las 11 cruzas (LOR25 x 0819-4, LOR52 x 0819-4 y LOR50 x 0819-4) los efectos s_{ij} fueron negativos, con valor absoluto relativamente bajo (-30.06, -0.61 y -

0.75); el alto rendimiento de estas tres cruzas es atribuible a que en ellas participó la línea con la más alta ACG (0819-4).

En las 12 cruzas directas con más bajo rendimiento participaron las líneas con ACG intermedia a baja; sin embargo, todas ellas tuvieron efectos s_{ij} negativos, lo que explica que hayan tenido el más bajo rendimiento. Por tanto, es de esperarse que la craza directa con más bajo rendimiento sea aquella cuyas dos líneas sean las de intermedia ó más baja ACG y el s_{ij} más bajo.

3.6 DISCUSIÓN

La proporción relativa de los efectos de ACG y ACE determinada con base en los cuadrados medios, indicó que el tipo de acción génica más importante correspondió a los efectos de ACG (Cuadro 2), lo que sugiere que la mayor proporción de la variabilidad genética observada estuvo asociada con efectos aditivos, lo cual es importante, pues estos son efectos heredables que pueden ser aprovechados en el mejoramiento del jitomate por hibridación junto con las interacciones entre alelos intralocus e interloci.

Por su parte, el análisis de varianza detectó diferencias estadísticas entre años para las variables RT, RP y NTF, lo cual pudiera deberse en parte a que los efectos ambientales constituidos por temperatura, sustrato y manejo cambiaron en las distintas fechas de siembra, por lo que en un programa de mejoramiento genético de plantas es necesario establecer los experimentos bajo condiciones similares o

mismas fechas de siembra, para que no haya alteraciones grandes al estimar el valor de los componentes genéticos (Gutiérrez *et al.* 2002).

Las diferencias detectadas para la fuente de variación cruzas, en el análisis de varianza, sugiere que las cruzas fueron diferentes entre sí para todas las variables (RT, RP, PPF, NTF, FR, L, D, °BX y pH); lo cual indica que al incrementarse la divergencia genética entre los materiales en estudio, también se incrementó la variabilidad entre sus híbridos (Gutiérrez *et al.*, 2002).

El mayor coeficiente de variación correspondió a las variables RT y RP; no obstante resultó de magnitud aceptable. El resto de los coeficientes de variación de las variables estudiadas resultaron con valores bajos, fluctuando entre 6.75 y 17.84 (Cuadro 2); al respecto, Kang *et al* (1999), mencionan que por la diversidad de orígenes de los genotipos que se utilicen y a lo cambiante de los efectos ambientales durante la evaluación de los mismos, es de esperarse mayores coeficientes de variación, pero eso no ocurrió en este trabajo, por lo que puede considerarse que la información obtenida es confiable. Además, los genotipos no interaccionaron con los ambientes de prueba para ninguno de los caracteres evaluados.

En relación con los efectos genéticos, Antuna *et al.* (2003) mencionan que la proporción relativa de los efectos de ACG y ACE, determinada por los cuadrados medios, indica el tipo de acción génica de los factores genéticos que determinan los caracteres; así, para las variables NTF, FR, L, D, °BX y pH, los efectos de ACE fueron más importantes que los de ACG, lo cual pudo deberse a que los efectos de

tipo no aditivo estuvieron actuando. Por otro lado la significancia de la ACE en las variables estudiadas, indica que existieron cruzas específicas con efectos de dominancia de ciertos genotipos que pueden ser utilizados en la formación de híbridos con características de valores altos para las mismas variables; resultados similares fueron encontrados por De la Rosa (2006) y Cortéz (1985), indicando la importancia de los efectos de dominancia en las cruzas en los caracteres evaluados. Por otro lado, para los caracteres RT, RP y PPF, los efectos de ACG fueron superiores a los de ACE, lo cual indica la importancia de los efectos aditivos o promedio de los genes.

Las cruzas que presentaron el mayor valor de ACE para RT, RP, PPF, L y D, así como para NTF, FR, °BX y pH, pueden ser empleadas en la formación de híbridos con características deseables, tanto de rendimiento como de calidad en cuanto a °BX y PH, pues según Pons *et al.* (1991), las cruzas con los mayores efectos de ACE resultaron de cruzar dos líneas de cualquier valor de ACG, ya sea positivo o negativo, con una tendencia a tener bajos valores entre dos líneas de baja ACG.

En relación con los valores de sólidos solubles totales (°BX), estos fluctuaron desde 5.20 (LOR25 x LOR50) hasta 8.14 °Brix (LOR52 x 0819-4) (Cuadro 3). En un trabajo reportado por Boada *et al.* (2010), en la evaluación de 30 colectas de jitomate cereza, se obtuvieron valores de °BX fluctuantes entre 3.87 y 6.30. Por otro lado Márquez *et al.* (2005), reportaron resultados con valores cercanos a los presentados en esta evaluación, entre 7.23 y 7.93 °BX en jitomate tipo cereza de

producción orgánica. Mazur *et al.* (2012) en evaluaciones de dos híbridos, Dasher y Pareso, de jitomate cereza en F_1 , encontraron valores altos de °BX, que fluctuaron entre 8.34 y 8.50 en ambos materiales. En este trabajo, entre los valores extremos, 23 de las 45 cruzas directas, presentaron de 5.32 a 7.96 °BX, observándose una alta concentración de sólidos solubles totales y una amplia variación en los °BX de las cruzas. Young *et al.* (1993) mencionan al respecto que muchos genotipos nativos, como los evaluados en este trabajo, producen frutos con mayores SST, debido a la mayor capacidad que tienen sus frutos para acumular o incorporar fotosintatos.

El pH en los genotipos evaluados fluctuó desde 5.22 hasta 7.43, encontrándose diferencias ($P \leq 0.05$) entre las colectas evaluadas (Cuadro 3). Estos resultados difieren de los reportados por Mazur *et al.* (2012), quienes encontraron híbridos en F_1 de jitomate tipo cereza, con pH entre 3.93 y 4.54; sin embargo, estos resultados coinciden con los reportados por Cantwell (1998) y Jiménez *et al.* (1996), quienes en frutos de jitomate “sunny” y tipo cereza en etapa de madurez rojo uniforme encontraron valores de pH desde 4.0 hasta 4.8.

Los resultados presentados en el Cuadro 6 muestran que el rendimiento de una craza simple depende de la magnitud y signo de los efectos de g_i y g_j de sus líneas, y de su efecto S_{ij} (Escorcia *et al.* 2010). Por otra parte, de acuerdo con la estructura genética de las cruzas (Cuadro 6) se puede determinar que en una craza de alto rendimiento participó cuando menos un genotipo de alta ACG y sus efectos s_{ij} fueron positivos y relativamente altos; por lo que es de esperarse que la craza simple con el

mayor rendimiento será aquella donde los dos genotipos sean los de más alta ACG, y también el efecto s_{ij} sea el más alto; al respecto, Reyes *et al.*, (2004) y Escorcía *et al.*, (2010) encontraron resultados similares a los expuestos en este trabajo; ellos encontraron que en las cruzas con rendimiento alto, la aptitud combinatoria general (ACG) fue alta en al menos una de sus líneas y la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas también fue alta.

3.7 CONCLUSIONES

La variabilidad genética de las cruzas para los caracteres RT, RP y PPF se debió principalmente a los efectos aditivos de los genes, esto de acuerdo con la proporción relativa de los efectos de ACG y ACE, indicando que el tipo de acción génica más importante correspondió a los efectos de ACG.

A partir de los efectos de ACG de las características evaluadas, se identificaron colectas que pueden ser rescatadas para contribuir como fuentes de germoplasma. Con estas colectas se implementaría una base genética para la formación de nuevos híbridos comerciales en un programa de mejoramiento genético. Las colectas sobresalientes en una o más variables fueron la 0819-4, LOR25 y LOR37.

En las cruzas directas de alto rendimiento, al menos una de sus líneas fue de alta ACG, y los efectos de ACE fueron positivos y altos. En las cruzas simples con bajo rendimiento, cuando menos una de sus líneas fue de baja ACG y entre las dos líneas hubo efectos de ACE negativos de alto valor.

Los genotipos que mostraron los valores más altos de ACG para RT, RP, PPF, L y D, fueron 0819-4, LOR37 y LOR25; para NTF y FR fueron los genotipos 0819-4, LOR52, LOR44 y LOR17; en los caracteres de calidad solo el genotipo 0819-4 presentó valores altos de ACG; para pH los genotipos 0819-4, LOR64, LOR52, LOR44, fueron los de mayor ACG.

De manera general se puede concluir que algunas de las colectas tienen un gran potencial en la formación de híbridos de cruce simple tipo cereza, y que se pueden explotar los efectos genéticos de ACG y ACE para algunas características importantes, principalmente el rendimiento de fruto.

3.8 BIBLIOGRAFÍA

Antuna G O, Rincón S F, Gutiérrez del R E, Ruiz T N A, Bustamante G L (2003) Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas de líneas de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 26(1):11-17.

Betrán F J, J M Ribaut, D Beck, D González de León (2003) Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and non-stress environments. Crop Sci. 43:797-806.

Boada H M Y, J L R Mejía, N A Ceballos, F J Orozco (2010) Evaluación agronómica de treinta introducciones de tomate silvestre tipo cereza (*solanum lycopersicum* L.). agron. 18 (2): 59 – 67.

Cantwell M (1998) Postharvest horticulture serie Núm. 9. Postharvest Outreach Program. Department of Pomology. University of California. Davis, CA. pp. 31-32.

Cortez M H, M Gutierrez, A Rodríguez, J Duron, R Giron, M Oyervides (1985) Evaluation of a broad-base improved population of maize (*Zea mays* L.) and cumulative gene effects and heterosis. Folleto de Divulgación, U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coah. 43 p.

- De La Rosa L A, H L Castillo, F R Sanchez, G M Zambrano (2006)** Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados a el bajo mexicano. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 29 (3): 247 – 254.
- Escorcia, G N, J D G Molina, F G Castillo, J A C Mejía (2010)** Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruzas simples de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 33 (3): 271 – 279.
- Griffing (1956)** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science.* 9: 463-491.
- Gutiérrez del R E, Palomo G A, Espinoza B A, de la Cruz L E (2002)** Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(3):271- 277.
- Jiménez, M, E Trejo, M Cantwell (1996)** Cereza tomato storage and quality evaluation. *Vegetables Research Reports.* University of California. Davis, CA. USA. 17 p.
- Kang S M, Kushairi D A, Zhang Y, Magari R (1999)** Combining ability for rind puncture resistance in maize. *Crop Sci.* 39:368-371.
- Márquez SF (1988)** *Genotecnia Vegetal.* Tomo II. Primera edición. Editor AGT. México. 563 pp.
- Márquez C, y P Cano, (2005)** Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. En: *Actas Portuguesas de Horticultura, No. 5, Vol. 1, pp. 219-224.*
- Mazur Z K, M Gajewski, A M Metera, J A Wtulich, M Marcinkowska (2012)** Effect of Growing Medium and Harvest Term on Yield and Several Quality Traits of Two Cultivars of “Cherry” Tomatoes. *Not Bot Horti Agrobo,* 2012, 40(2): 197-202.
- Pons H J L, Carballo Q A, González H V, Ángeles A H (1991)** Modificaciones al índice de cosecha. *Agrociencia* 2:35-49.
- Reyes L D, J D Molina G, M A Oropeza R, E C Moreno P (2004)** Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz de la raza Tuxpeño. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:49-56.

SAS Institute (2002) SAS/STAT USER'S GUIDE. Release 9.0 editions. SAS Institute. Cary North Carolina. USA. 1028 p.

Sprague G S, L A Tatum (1942) General vs Specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34: 923-932.

Steiner A A (1997) Principles of plant nutrition by recirculating nutrient solutions. Proceedings 6th. Int. Congre. Soilles Culture: 634-649.

Viana J M S, Cruz, D A Cardozo (1999) Theory and analysis of partial diallel crosses. Genet. Mol. Biol. 22 (4): 591-599.

Young T E, J A Jovic, G Sullivan (1993) Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. American Journal of Horticultural Sciences 118: 286-292.

Cuadro 1. Fórmula empleada por cada 1000 L de agua, en la fertilización del jitomate tipo cereza bajo condiciones de invernadero. Steiner (1997).

Elemento	g/ 1000L	Elemento	g/ 1000L
Nitrato de calcio	883.5	Boro (B)	50.0
Nitrato de potasio	497.2	Sulfato de manganeso	52.8
Sulfato de calcio	223.2	Zinc (Zn)	9.6
Sulfato de magnesio	170.3	Cobre (Cu)	1.92
Fierro (Fe)	15.0		

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico de nueve variables evaluadas en las 45 cruzas de jitomate tipo cereza.

FV	GL	RT (g)	RP(g)	PPF(g)	NTF	FR	L	D	°BX	pH
A	1	3105691.88	124227.67	0.77	4320.00	0.17	30.11	18.66	10.80	33.07
R(A)	2	659989.06	26399.56	1.77	624.18	0.18	36.44	42.16	0.15	6.43
C	44	756270.63	30250.82	28.61	332.14	11.10	67.39	74.28	3.97	0.97
ACG	9	3048556.25	121942.25	96.74	1080.32	42.46	230.64	268.66	16.17	1.86
ACE	35	1097512.64	43900.51	45.43	1812.35	61.76	576.17	592.05	51.48	46.24
A*C	44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31	0.00	0.00	0.00
Error	176	43528.87	1741.15	0.74	41.42	0.46	9.47	5.97	0.18	0.16
CV		24.52	24.52	16.68	17.84	10.09	14.87	11.63	6.76	6.75

(GL= grados de libertad; RT= Rendimiento total (g); RP= Rendimiento por planta (g); PPF = Peso promedio de frutos (g); NTF = Número total de frutos; FR = Frutos por racimo; L = Longitud; D = Diametro; °BX = Grados brix; pH = Potencial de Hidrogeno; A = Años; R = Repetición; C = Cruzas; ACG = Aptitud combinatoria general; ACE = Aptitud combinatoria específica; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 3. Peso de frutos (g planta⁻¹), número de frutos por racimo, longitud, diámetro, sólidos solubles totales (°BX) y PH, de las 45 cruzas simples posibles de 10 colectas de jitomate nativo de México.

Cruza	RP (g)	RT (g)	PPF (g)	NTF	FR	L (mm)	D (mm)	°BX	pH
LOR37 x 0819-4	403.38	2016.90	9.86	46.80	8.67	26.56	27.23	7.23	6.14
LOR25 x LOR37	318.14	1590.70	10.96	29.47	6.80	27.48	29.25	5.29	5.22
LOR25 x 0819-4	303.39	1517.00	9.54	31.13	7.73	27.43	28.49	7.49	5.69
LOR17 x 0819-4	278.15	1390.80	5.46	52.07	11.07	22.15	22.66	7.96	6.06
LOR64 x 0819-4	272.02	1360.10	6.24	44.47	7.43	22.28	20.86	7.65	6.35
LOR25 x LOR64	259.44	1297.20	9.49	26.67	5.43	28.65	28.22	5.83	5.99
LOR44 x 0819-4	252.97	1264.90	5.51	53.67	10.83	20.35	20.54	7.79	6.02
LOR52 x 0819-4	241.88	1209.40	5.47	45.00	8.20	19.95	20.04	8.14	6.29
LOR25 x LOR44	230.26	1151.30	7.82	32.6	5.80	26.90	25.67	5.70	5.36
LOR50 x 0819-4	228.68	1143.40	5.10	45.47	7.93	22.61	20.54	7.47	6.32
LOR17 x LOR37	214.74	1073.70	6.11	36.80	6.57	21.53	22.43	5.53	5.98
LOR01 x LOR17	211.31	1056.6	9.87	23.13	5.33	25.13	26.17	5.34	5.47
LOR01 x 0819-4	202.04	1010.20	4.63	45.40	9.43	19.36	19.73	7.71	5.86
LOR37 x LOR64	188.11	940.60	6.42	30.27	6.22	23.50	24.99	5.22	5.82
LOR17 x LOR25	188.05	940.30	5.21	31.13	5.60	20.05	20.68	5.80	5.88
LOR01 x LOR25	187.88	939.40	6.27	29.73	6.00	20.77	22.03	6.50	5.64
LOR25 x LOR50	178.62	893.10	7.59	23.53	5.57	24.26	25.50	5.20	5.34
LOR34 x 0819-4	176.56	882.80	5.31	34.07	8.57	19.97	20.15	7.59	5.99

LOR25 x LOR34	175.54	877.70	7.14	23.33	6.00	23.42	24.49	5.43	5.63
LOR25 x LOR52	168.85	844.30	6.08	31.67	5.07	22.70	23.36	5.82	6.00
LOR37 x LOR52	161.52	807.60	5.47	31.60	6.27	21.98	22.58	6.07	6.02
LOR34 x LOR37	142.24	711.20	6.24	28.20	5.73	23.37	24.43	5.75	5.47
LOR01 x LOR37	141.00	705.00	4.04	36.73	6.87	23.16	23.44	5.50	6.21
LOR52 x LOR64	136.78	683.90	3.67	38.13	5.73	18.83	18.82	6.17	6.40
LOR17 x LOR52	135.24	676.20	3.27	47.93	7.53	16.30	16.53	5.85	5.41
LOR17 x 9644	132.99	665.00	3.37	43.87	7.37	17.03	16.35	6.05	5.61
LOR34 x LOR50	132.46	662.30	4.85	28.93	5.60	21.22	20.59	5.47	5.70
LOR01 x LOR52	129.56	647.80	3.38	40.73	7.63	16.96	17.30	6.09	7.44
LOR37 x LOR50	129.22	646.10	4.74	29.2	5.53	20.13	20.67	5.35	5.60
LOR17 x LOR64	123.91	619.60	3.93	34.4	5.43	20.04	20.08	6.32	6.55
LOR17 x LOR50	122.50	612.50	3.01	45.00	6.93	16.31	16.92	6.10	6.22
LOR17 x LOR34	120.53	602.70	3.45	39.07	6.27	17.42	17.98	6.71	5.57
LOR37 x LOR44	118.90	594.50	4.27	31.53	6.60	18.88	19.48	6.51	6.41
LOR44 x LOR64	118.16	590.80	3.33	41.00	6.07	17.97	18.11	5.69	6.19
LOR01 x LOR64	117.66	588.30	3.36	36.13	6.63	17.66	17.97	6.48	5.77
LOR01 x LOR34	113.44	567.20	3.15	41.87	6.87	17.66	17.97	5.57	5.71
LOR44 x LOR52	109.58	547.90	3.21	39.47	7.40	16.95	17.07	6.16	6.28
LOR34 x LOR64	108.96	544.80	3.68	33.27	5.40	19.51	18.62	6.18	6.03
LOR50 x LOR64	108.33	541.70	3.27	36.67	5.53	18.19	18.60	6.22	6.21
LOR34 x LOR52	101.78	508.90	3.20	35.33	6.13	17.77	18.04	6.47	6.12
LOR01 x LOR44	99.16	495.80	2.93	37.07	7.03	16.25	16.37	5.87	5.89

LOR50 x LOR52	97.31	486.60	3.21	32.33	6.15	17.30	17.75	6.87	6.24
LOR34 x LOR44	95.13	475.70	3.35	32.13	5.60	19.13	19.85	5.95	6.04
LOR01 x LOR50	92.55	462.80	3.24	31.47	6.97	17.65	18.26	6.31	5.39
LOR44 x LOR50	88.34	441.70	2.67	34.60	6.60	18.66	18.85	6.01	6.16
DMS	96.755	483.78	1.99	14.92	1.58	7.13	5.66	0.98	0.93

RP= Rendimiento por planta (g); PPF = Peso promedio de frutos (g); NTF = Número total de frutos; FR = Frutos por racimo; L = Longitud; D = Diametro; °BX = Grados brix; pH = Potencial de Hidrogeno; Xij = Comparación de medias de variables evaluadas.

Cuadro 4. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de diez colectas de jitomate Mexicano tipo cereza.

Colecta	RT(g)	RP(g)	PPF(g)	NTF	FR	L	D	°BX	pH
LOR01	-148.03	-29.60	-0.70	-0.29	0.24	-1.46	-1.23	-0.13	-0.02
LOR17	-2.52	-0.50	-0.35	3.59	0.15	-1.29	-1.16	-0.10	-0.09
LOR25	299.20	59.84	2.95	-8.16	-0.85	4.42	4.81	-0.42	-0.34
LOR34	-228.00	-45.60	-0.76	-3.55	-0.58	-0.84	-0.87	-0.16	-0.15
LOR37	178.62	35.72	1.45	-3.00	-0.19	2.53	3.17	-0.50	-0.08
LOR44	-178.72	-35.74	-1.25	2.66	0.30	-1.76	-2.10	-0.09	0.05
LOR50	-220.90	-44.18	-1.09	-2.17	-0.50	-1.24	-1.43	-0.18	-0.04
LOR52	-155.59	-31.11	-1.18	2.19	-0.08	-2.19	-2.20	0.14	0.33
LOR64	-61.29	-12.25	-0.38	-0.45	-0.86	0.04	-0.35	-0.09	0.22
0819-4	517.26	103.45	1.33	9.18	2.38	1.80	1.39	1.57	0.14

* (p<0.05); RT= Rendimiento total (g); RP= Rendimiento por planta (g); PPF = Peso promedio de frutos (g); NTF = Número total de frutos; FR = Frutos por racimo; L = Longitud; D = Diametro; °BX = Grados brix; pH = Potencial de Hidrogeno.

Cuadro 5. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 45 cruzas directas de jitomate Mexicano tipo cereza.

Cruza	RT(g)	RP(g)	PPF(g)	NTF	FR	L	D	°BX	pH
LOR01 x LOR17	356.31	71.26	5.75	-16.24	-1.82	7.18	7.55	-0.69	-0.36
LOR01 x LOR25	-62.42	-12.51	-1.15	2.13	-0.14	-2.89	-2.57	0.79	0.05
LOR01 x LOR34	92.42	18.48	-0.55	9.64	0.44	-0.73	-0.92	-0.39	-0.06
LOR01 x LOR37	-176.41	-35.28	-1.88	3.96	0.06	1.38	0.49	-0.13	0.36
LOR01 x LOR44	-28.26	-5.65	-0.28	-1.37	-0.26	-1.21	-1.3	-0.16	-0.09
LOR01 x LOR50	-19.12	-3.82	-0.12	-2.13	0.46	-0.35	-0.08	0.35	-0.49
LOR01 x LOR52	100.65	20.12	0.10	2.76	0.72	-0.08	-0.27	-0.18	1.17
LOR01 x LOR64	-53.16	-10.63	-0.71	0.81	0.50	-1.62	-1.45	0.43	-0.38
LOR01 x 0819-4	-209.85	-41.96	-1.16	0.44	0.05	-1.67	-1.44	-0.0008	-0.21
LOR17 x LOR25	-207.23	-41.44	-2.55	-0.36	-0.46	-3.77	-3.98	0.05	0.37
LOR17 x LOR34	-17.62	-3.52	-0.60	2.95	-0.06	-1.14	-0.98	0.71	-0.12
LOR17 x LOR37	46.78	9.35	-0.16	0.13	-0.15	-0.42	-0.58	-0.13	0.21
LOR17 x 9644	-4.61	-0.92	-0.19	1.53	0.14	-0.6	-1.39	-0.03	-0.28
LOR17 x LOR50	-14.90	-2.97	-0.70	7.51	0.51	-1.86	-1.49	0.11	0.41
LOR17 x LOR52	-16.50	-3.29	-0.35	6.07	0.70	-0.91	-1.11	-0.46	-0.77
LOR17 x LOR64	-167.44	-33.48	-0.49	-4.81	-0.61	0.59	0.59	0.23	0.47
LOR17 x 0819-4	25.21	5.04	-0.69	3.22	1.77	0.95	1.43	0.21	0.07
LOR25 x LOR34	-44.29	-8.85	-0.21	-1.01	0.67	-0.85	-0.47	-0.25	0.19
LOR25 x LOR37	262.08	52.41	1.40	4.57	1.09	-0.18	0.24	-0.05	-0.29
LOR25 x LOR44	180.00	36.00	0.96	2.04	-0.41	3.54	1.94	-0.05	-0.29
LOR25 x LOR50	-36.02	-7.20	0.57	-2.19	0.16	0.39	1.09	-0.46	-0.21
LOR25 x LOR52	-150.16	-30.03	-0.85	1.57	-0.75	-0.23	-0.27	-0.17	0.06
LOR25 x LOR64	208.51	41.70	1.76	-0.78	0.39	3.48	2.75	0.07	0.16
LOR25 x 0819-4	-150.31	-30.06	0.09	-5.95	-0.55	0.51	1.27	0.07	-0.05

LOR34 x LOR37	-90.21	-18.04	0.38	-1.31	-0.24	0.98	1.11	0.15	-0.23
LOR34 x LOR44	31.58	6.31	0.19	-3.05	-0.88	1.05	1.82	-0.06	0.19
LOR34 x LOR50	260.42	52.08	1.55	-1.41	-0.07	2.62	1.88	-0.44	-0.03
LOR34 x LOR52	41.68	8.34	-0.01	0.61	0.04	0.12	0.10	0.21	-0.002
LOR34 x LOR64	-16.72	-3.34	-0.34	1.20	0.09	-0.38	-1.16	0.16	0.02
LOR34 x 0819-4	-257.27	-51.45	-0.41	-7.63	0.01	-1.67	-1.38	-0.08	0.05
LOR37 x LOR44	-256.19	-51.23	-1.09	-4.19	-0.27	-2.59	-2.59	0.83	0.49
LOR37 x LOR50	-162.45	-32.48	-0.78	-1.69	0.52	-1.86	-2.08	-0.23	-0.22
LOR37 x LOR52	-66.25	-13.24	0.04	-3.66	-0.20	0.93	0.60	0.15	-0.18
LOR37 x LOR64	-27.59	-5.51	0.19	-2.35	0.52	0.22	1.16	-0.46	-0.26
LOR37 x 0819-4	470.23	94.04	1.91	4.55	-0.27	1.52	1.65	-0.11	0.12
LOR44 x LOR50	-9.46	-1.89	-0.14	-1.96	0.03	0.98	1.37	0.01	0.20
LOR44 x LOR52	31.41	6.28	0.48	-1.46	0.42	0.22	0.36	-0.16	-0.05
LOR44 x LOR64	-19.99	-3.99	-0.19	2.72	-0.13	-1.00	-0.43	-0.40	-0.02
LOR44 x 0819-4	75.52	15.10	0.27	5.75	1.38	-0.38	0.24	0.04	-0.12
LOR50 x LOR52	12.25	2.45	0.33	-3.76	-0.01	0.04	0.37	0.63	0.007
LOR50 x LOR64	-26.96	-5.39	-0.40	3.23	0.14	-1.31	-0.62	0.22	0.08
LOR50 x 0819-4	-3.78	-0.75	-0.29	2.39	-0.70	1.36	-0.43	-0.18	0.26
LOR52 x LOR64	50.00	10.00	0.08	0.32	-0.06	0.28	0.36	-0.16	-0.10
LOR52 x 0819-4	-3.08	-0.61	0.17	-2.45	-0.85	-0.35	-0.15	0.15	-0.13
LOR64 x 0819-4	53.35	10.66	0.13	-0.33	-0.83	-0.25	-1.18	-0.11	0.03

* (p<0.05); RT= Rendimiento total (g); RP= Rendimiento por planta (g); PPF = Peso promedio de frutos (g); NTF = Número total de frutos; FR = Frutos por racimo; L = Longitud; D = Diametro; °BX = Grados brix; pH = Potencial de Hidrogeno.

Cuadro 6. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para rendimiento por planta, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.

Cruza	RP (g)	μ	g_i	g_j	S_{ij}
LOR37 x 0819-4	403.38	170.16	35.73	103.45	94.04
LOR25 x LOR37	318.14	170.16	59.84	35.72	52.41
LOR25 x 0819-4	303.39	170.16	59.84	103.40	-30.06
LOR17 x 0819-4	278.15	170.16	-0.50	103.40	5.04
LOR64 x 0819-4	272.02	170.16	-12.25	103.40	10.66
LOR25 x LOR64	259.44	170.16	59.84	-12.25	41.70
LOR44 x 0819-4	252.97	170.16	-35.74	103.40	15.10
LOR52 x 0819-4	241.88	170.16	-31.11	103.40	-0.61
LOR25 x LOR44	230.26	170.16	59.84	-35.74	36.00
LOR50 x 0819-4	228.68	170.16	-44.18	103.45	-0.75
LOR17 x LOR37	214.74	170.16	-0.50	35.72	9.35
LOR01 x LOR17	211.31	170.16	-29.60	-0.50	71.26
LOR01 x 0819-4	202.04	170.16	-29.60	103.45	-41.96
LOR37 x LOR64	188.11	170.16	35.72	-12.25	-5.51
LOR17 x LOR25	188.05	170.16	-0.50	59.84	-41.44
LOR01 x LOR25	187.88	170.16	-29.6	59.84	-12.51
LOR25 x LOR50	178.62	170.16	59.84	-44.18	-7.20
LOR34 x 0819-4	176.56	170.16	-45.60	103.45	-51.45
LOR25 x LOR34	175.54	170.16	59.84	-45.60	-8.85
LOR25 x LOR52	168.85	170.16	59.84	-31.11	-30.03
LOR37 x LOR52	161.52	170.16	35.72	-31.11	-13.24
LOR34 x LOR37	142.24	170.16	-45.60	35.72	-18.04

LOR01 x LOR37	141.00	170.16	-29.60	35.72	-35.28
LOR52 x LOR64	136.78	170.16	-31.11	-12.25	10.00
LOR17 x LOR52	135.24	170.16	-0.50	-31.11	-3.29
LOR17 x 9644	132.99	170.16	-0.50	-35.74	-0.92
LOR34 x LOR50	132.46	170.16	-45.60	-44.18	52.08
LOR01 x LOR52	129.56	170.16	-29.60	-31.11	20.12
LOR37 x LOR50	129.22	170.16	35.72	-44.18	-32.48
LOR17 x LOR64	123.91	170.16	-0.50	-12.25	-33.48
LOR17 x LOR50	122.50	170.16	-0.50	-44.18	-2.97
LOR17 x LOR34	120.53	170.16	-0.50	-45.60	-3.52
LOR37 x LOR44	118.90	170.16	35.72	-35.74	-51.23
LOR44 x LOR64	118.16	170.16	-35.74	-12.25	-3.99
LOR01 x LOR64	117.66	170.16	-29.60	-12.25	-10.63
LOR01 x LOR34	113.44	170.16	-29.60	-45.60	18.48
LOR44 x LOR52	109.58	170.16	-35.74	-31.11	6.28
LOR34 x LOR64	108.96	170.16	-45.60	-12.25	-3.34
LOR50 x LOR64	108.33	170.16	-44.18	-12.25	-5.39
LOR34 x LOR52	101.78	170.16	-45.60	-31.11	8.34
LOR01 x LOR44	99.16	170.16	-29.60	-35.74	-5.65
LOR50 x LOR52	97.31	170.16	-44.18	-31.11	2.45
LOR34 x LOR44	95.13	170.16	-45.60	-35.74	6.31
LOR01 x LOR50	92.55	170.16	-29.60	-44.18	-3.82
LOR44 x LOR50	88.34	170.16	-35.74	-44.18	-1.89

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 7. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate tipo cereza, para rendimiento total, sembrados bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.

Cruza	RT (g)	μ	g_i	g_j	S_{ij}
LOR37 x 0819-4	2016.90	850.80	178.63	517.26	470.23
LOR25 x LOR37	1590.70	850.80	299.22	178.62	262.08
LOR25 x 0819-4	1517.00	850.80	299.22	517.26	-150.31
LOR17 x 0819-4	1390.80	850.80	-2.52	517.26	25.21
LOR64 x 0819-4	1360.10	850.80	-61.29	517.26	53.35
LOR25 x LOR64	1297.20	850.80	299.2	-61.29	208.51
LOR44 x 0819-4	1264.90	850.80	-178.72	517.26	75.52
LOR52 x 0819-4	1209.40	850.80	-155.59	517.26	-3.08
LOR25 x LOR44	1151.30	850.80	299.20	-178.72	180.00
LOR50 x 0819-4	1143.40	850.80	-220.90	517.26	-3.78
LOR17 x LOR37	1073.70	850.80	-2.52	178.62	46.78
LOR01 x LOR17	1056.60	850.80	-148.03	-2.52	356.31
LOR01 x 0819-4	1010.20	850.80	-148.03	517.26	-209.85
LOR37 x LOR64	940.60	850.80	178.62	-61.29	-27.59
LOR17 x LOR25	940.30	850.80	-2.523	299.20	-207.23
LOR01 x LOR25	939.40	850.80	-148.03	299.20	-62.42
LOR25 x LOR50	893.10	850.80	299.20	-220.90	-36.02
LOR34 x 0819-4	882.80	850.80	-228.00	517.26	-257.27
LOR25 x LOR34	877.70	850.80	299.20	-228.00	-44.29
LOR25 x LOR52	844.30	850.80	299.20	-155.59	-150.16
LOR37 x LOR52	807.60	850.80	178.62	-155.59	-66.25
LOR34 x LOR37	711.20	850.80	-228.00	178.62	-90.21

LOR01 x LOR37	705.00	850.80	-148.03	178.62	-176.41
LOR52 x LOR64	683.90	850.80	-155.59	-61.29	50.00
LOR17 x LOR52	676.20	850.80	-2.52	-155.59	-16.50
LOR17 x 9644	665.00	850.80	-2.52	-178.72	-4.61
LOR34 x LOR50	662.30	850.80	-228.00	-220.9	260.42
LOR01 x LOR52	647.80	850.80	-148.03	-155.59	100.65
LOR37 x LOR50	646.10	850.80	178.62	-220.9	-162.45
LOR17 x LOR64	619.60	850.80	-2.52	-61.29	-167.44
LOR17 x LOR50	612.50	850.80	-2.523	-220.90	-14.90
LOR17 x LOR34	602.70	850.80	-2.523	-228.00	-17.62
LOR37 x LOR44	594.50	850.80	178.62	-178.72	-256.19
LOR44 x LOR64	590.80	850.80	-178.72	-61.29	-19.99
LOR01 x LOR64	588.30	850.80	-148.03	-61.29	-53.16
LOR01 x LOR34	567.20	850.80	-148.03	-228.00	92.42
LOR44 x LOR52	547.90	850.80	-178.72	-155.59	31.41
LOR34 x LOR64	544.80	850.80	-228.00	-61.29	-16.72
LOR50 x LOR64	541.70	850.80	-220.90	-61.29	-26.96
LOR34 x LOR52	508.90	850.80	-228.00	-155.59	41.68
LOR01 x LOR44	495.80	850.80	-148.03	-178.72	-28.26
LOR50 x LOR52	486.60	850.80	-220.90	-155.59	12.25
LOR34 x LOR44	475.70	850.80	-228.00	-178.72	31.58
LOR01 x LOR50	462.80	850.80	-148.03	-220.90	-19.12
LOR44 x LOR50	441.70	850.80	-178.72	-220.90	-9.46

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 8. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para peso promedio de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 2011-2012.

Cruza	PPF(g)	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	9.86	5.16	1.45	1.33	1.91
LOR25 x LOR37	10.96	5.16	2.95	1.45	1.40
LOR25 x 0819-4	9.54	5.16	2.95	1.33	0.09
LOR17 x 0819-4	5.46	5.16	-0.35	1.33	-0.69
LOR64 x 0819-4	6.24	5.16	-0.38	1.33	0.13
LOR25 x LOR64	9.49	5.16	2.95	-0.38	1.76
LOR44 x 0819-4	5.51	5.16	-1.25	1.33	0.27
LOR52 x 0819-4	5.47	5.16	-1.18	1.33	0.17
LOR25 x LOR44	7.82	5.16	2.95	-1.25	0.96
LOR50 x 0819-4	5.10	5.16	-1.09	1.33	-0.29
LOR17 x LOR37	6.11	5.16	-0.35	1.45	-0.16
LOR01 x LOR17	9.87	5.16	-0.70	-0.35	5.75
LOR01 x 0819-4	4.63	5.16	-0.70	1.33	-1.16
LOR37 x LOR64	6.42	5.16	1.45	-0.383	0.19
LOR17 x LOR25	5.21	5.16	-0.35	2.95	-2.55
LOR01 x LOR25	6.27	5.16	-0.70	2.95	-1.15
LOR25 x LOR50	7.59	5.16	2.95	-1.09	0.57
LOR34 x 0819-4	5.31	5.16	-0.76	1.33	-0.41
LOR25 x LOR34	7.14	5.16	2.95	-0.76	-0.21
LOR25 x LOR52	6.08	5.16	2.95	-1.18	-0.85
LOR37 x LOR52	5.47	5.16	1.45	-1.18	0.04
LOR34 x LOR37	6.24	5.16	-0.76	1.45	0.38

LOR01 x LOR37	4.04	5.16	-0.70	1.45	-1.88
LOR52 x LOR64	3.67	5.16	-1.18	-0.38	0.08
LOR17 x LOR52	3.27	5.16	-0.35	-1.18	-0.35
LOR17 x 9644	3.37	5.16	-0.35	-1.25	-0.19
LOR34 x LOR50	4.85	5.16	-0.76	-1.09	1.55
LOR01 x LOR52	3.38	5.16	-0.70	-1.18	0.10
LOR37 x LOR50	4.74	5.16	1.45	-1.09	-0.78
LOR17 x LOR64	3.93	5.16	-0.35	-0.38	-0.49
LOR17 x LOR50	3.01	5.16	-0.35	-1.09	-0.70
LOR17 x LOR34	3.45	5.16	-0.35	-0.76	-0.60
LOR37 x LOR44	4.27	5.16	1.45	-1.25	-1.09
LOR44 x LOR64	3.33	5.16	-1.25	-0.38	-0.19
LOR01 x LOR64	3.36	5.16	-0.70	-0.38	-0.71
LOR01 x LOR34	3.15	5.16	-0.70	-0.76	-0.55
LOR44 x LOR52	3.21	5.16	-1.25	-1.18	0.48
LOR34 x LOR64	3.68	5.16	-0.76	-0.38	-0.34
LOR50 x LOR64	3.27	5.16	-1.09	-0.38	-0.40
LOR34 x LOR52	3.2	5.16	-0.76	-1.18	-0.01
LOR01 x LOR44	2.93	5.16	-0.70	-1.25	-0.28
LOR50 x LOR52	3.21	5.16	-1.09	-1.18	0.33
LOR34 x LOR44	3.35	5.16	-0.76	-1.25	0.19
LOR01 x LOR50	3.24	5.16	-0.70	-1.09	-0.12
LOR44 x LOR50	2.67	5.16	-1.25	-1.09	-0.14

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 9. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para número total de frutos, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 2011-2012.

Cruza	NTF	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	46.8	36.07	-3.00	9.18	4.55
LOR25 x LOR37	29.47	36.07	-8.17	-3.00	4.57
LOR25 x 0819-4	31.13	36.07	-8.17	9.18	-5.95
LOR17 x 0819-4	52.07	36.07	3.60	9.18	3.22
LOR64 x 0819-4	44.47	36.07	-0.45	9.18	-0.33
LOR25 x LOR64	26.67	36.07	-8.17	-0.45	-0.78
LOR44 x 0819-4	53.67	36.07	2.67	9.18	5.75
LOR52 x 0819-4	45.00	36.07	2.20	9.18	-2.45
LOR25 x LOR44	32.60	36.07	-8.17	2.67	2.04
LOR50 x 0819-4	45.47	36.07	-2.18	9.18	2.39
LOR17 x LOR37	36.80	36.07	3.60	-3.00	0.13
LOR01 x LOR17	23.13	36.07	-0.29	3.60	-16.24
LOR01 x 0819-4	45.40	36.07	-0.29	9.18	0.44
LOR37 x LOR64	30.27	36.07	-3.00	-0.45	-2.35
LOR17 x LOR25	31.13	36.07	3.60	-8.17	-0.36
LOR01 x LOR25	29.73	36.07	-0.29	-8.17	2.13
LOR25 x LOR50	23.53	36.07	-8.17	-2.18	-2.19
LOR34 x 0819-4	34.07	36.07	-3.55	9.18	-7.63
LOR25 x LOR34	23.33	36.07	-8.17	-3.55	-1.01
LOR25 x LOR52	31.67	36.07	-8.17	2.20	1.57
LOR37 x LOR52	31.60	36.07	-3.00	2.20	-3.66
LOR34 x LOR37	28.20	36.07	-3.55	-3.00	-1.31

LOR01 x LOR37	36.73	36.07	-0.29	-3.00	3.96
LOR52 x LOR64	38.13	36.07	2.20	-0.45	0.32
LOR17 x LOR52	47.93	36.07	3.60	2.20	6.07
LOR17 x 9644	43.87	36.07	3.60	2.67	1.53
LOR34 x LOR50	28.93	36.07	-3.55	-2.18	-1.41
LOR01 x LOR52	40.73	36.07	-0.29	2.20	2.76
LOR37 x LOR50	29.20	36.07	-3.00	-2.18	-1.69
LOR17 x LOR64	34.40	36.07	3.60	-0.45	-4.81
LOR17 x LOR50	45.00	36.07	3.60	-2.18	7.51
LOR17 x LOR34	39.07	36.07	3.60	-3.55	2.95
LOR37 x LOR44	31.53	36.07	-3.00	2.67	-4.19
LOR44 x LOR64	41.00	36.07	2.67	-0.45	2.72
LOR01 x LOR64	36.13	36.07	-0.29	-0.45	0.81
LOR01 x LOR34	41.87	36.07	-0.29	-3.55	9.64
LOR44 x LOR52	39.47	36.07	2.67	2.20	-1.46
LOR34 x LOR64	33.27	36.07	-3.55	-0.45	1.20
LOR50 x LOR64	36.67	36.07	-2.18	-0.45	3.23
LOR34 x LOR52	35.33	36.07	-3.55	2.20	0.61
LOR01 x LOR44	37.07	36.07	-0.29	2.67	-1.37
LOR50 x LOR52	32.33	36.07	-2.18	2.20	-3.76
LOR34 x LOR44	32.13	36.07	-3.55	2.67	-3.05
LOR01 x LOR50	31.47	36.07	-0.29	-2.18	-2.13
LOR44 x LOR50	34.6	36.07	2.67	-2.18	-1.96

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 10. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para número frutos por racimo, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo, de México, 2011-2012.

Cruza	FR	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	8.67	6.76	-0.20	2.38	-0.27
LOR25 x LOR37	6.80	6.76	-0.85	-0.20	1.09
LOR25 x 0819-4	7.73	6.76	-0.85	2.38	-0.55
LOR17 x 0819-4	11.07	6.76	0.16	2.38	1.77
LOR64 x 0819-4	7.43	6.76	-0.87	2.38	-0.83
LOR25 x LOR64	5.43	6.76	-0.85	-0.87	0.39
LOR44 x 0819-4	10.83	6.76	0.31	2.38	1.38
LOR52 x 0819-4	8.20	6.76	-0.09	2.38	-0.85
LOR25 x LOR44	5.80	6.76	-0.85	0.31	-0.41
LOR50 x 0819-4	7.93	6.76	-0.50	2.38	-0.7
LOR17 x LOR37	6.57	6.76	0.16	-0.20	-0.15
LOR01 x LOR17	5.33	6.76	0.24	0.16	-1.82
LOR01 x 0819-4	9.43	6.76	0.24	2.38	0.05
LOR37 x LOR64	6.22	6.76	-0.20	-0.87	0.52
LOR17 x LOR25	5.60	6.76	0.16	-0.85	-0.46
LOR01 x LOR25	6.00	6.76	0.24	-0.85	-0.14
LOR25 x LOR50	5.57	6.76	-0.85	-0.50	0.16
LOR34 x 0819-4	8.57	6.76	-0.58	2.38	0.01
LOR25 x LOR34	6.00	6.76	-0.85	-0.58	0.67
LOR25 x LOR52	5.07	6.76	-0.85	-0.09	-0.75
LOR37 x LOR52	6.27	6.76	-0.20	-0.09	-0.2
LOR34 x LOR37	5.73	6.76	-0.58	-0.20	-0.24

LOR01 x LOR37	6.87	6.76	0.24	-0.20	0.06
LOR52 x LOR64	5.73	6.76	-0.09	-0.87	-0.06
LOR17 x LOR52	7.53	6.76	0.16	-0.09	0.7
LOR17 x 9644	7.37	6.76	0.16	0.31	0.14
LOR34 x LOR50	5.60	6.76	-0.58	-0.50	-0.07
LOR01 x LOR52	7.63	6.76	0.24	-0.09	0.72
LOR37 x LOR50	5.53	6.76	-0.20	-0.50	0.52
LOR17 x LOR64	5.43	6.76	0.16	-0.87	-0.61
LOR17 x LOR50	6.93	6.76	0.16	-0.50	0.51
LOR17 x LOR34	6.27	6.76	0.16	-0.58	-0.06
LOR37 x LOR44	6.60	6.76	-0.20	0.31	-0.27
LOR44 x LOR64	6.07	6.76	0.31	-0.87	-0.13
LOR01 x LOR64	6.63	6.76	0.24	-0.87	0.5
LOR01 x LOR34	6.87	6.76	0.24	-0.58	0.44
LOR44 x LOR52	7.40	6.76	0.31	-0.09	0.42
LOR34 x LOR64	5.40	6.76	-0.58	-0.87	0.09
LOR50 x LOR64	5.53	6.76	-0.50	-0.87	0.14
LOR34 x LOR52	6.13	6.76	-0.58	-0.09	0.04
LOR01 x LOR44	7.03	6.76	0.24	0.31	-0.26
LOR50 x LOR52	6.15	6.76	-0.50	-0.09	-0.01
LOR34 x LOR44	5.60	6.76	-0.58	0.31	-0.88
LOR01 x LOR50	6.97	6.76	0.24	-0.50	0.46
LOR44 x LOR50	6.60	6.76	0.31	-0.50	0.03

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 11. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para longitud de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.

Cruza	L (mm)	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	26.56	20.70	2.54	1.80	1.52
LOR25 x LOR37	27.48	20.70	4.42	2.54	-0.18
LOR25 x 0819-4	27.43	20.70	4.42	1.80	0.51
LOR17 x 0819-4	22.15	20.70	-1.29	1.80	0.95
LOR64 x 0819-4	22.28	20.70	0.04	1.80	-0.25
LOR25 x LOR64	28.65	20.70	4.42	0.04	3.48
LOR44 x 0819-4	20.35	20.70	-1.77	1.80	-0.38
LOR52 x 0819-4	19.95	20.70	-2.19	1.80	-0.35
LOR25 x LOR44	26.90	20.70	4.42	-1.77	3.54
LOR50 x 0819-4	22.61	20.70	-1.24	1.80	1.36
LOR17 x LOR37	21.53	20.70	-1.29	2.54	-0.42
LOR01 x LOR17	25.13	20.70	-1.46	-1.29	7.18
LOR01 x 0819-4	19.36	20.70	-1.46	1.80	-1.67
LOR37 x LOR64	23.50	20.70	2.54	0.04	0.22
LOR17 x LOR25	20.05	20.70	-1.29	4.42	-3.77
LOR01 x LOR25	20.77	20.70	-1.46	4.42	-2.89
LOR25 x LOR50	24.26	20.70	4.42	-1.24	0.39
LOR34 x 0819-4	19.97	20.70	-0.85	1.80	-1.67
LOR25 x LOR34	23.42	20.70	4.42	-0.85	-0.85
LOR25 x LOR52	22.70	20.70	4.42	-2.19	-0.23
LOR37 x LOR52	21.98	20.70	2.54	-2.19	0.93
LOR34 x LOR37	23.37	20.70	-0.85	2.54	0.98

LOR01 x LOR37	23.16	20.70	-1.46	2.54	1.38
LOR52 x LOR64	18.83	20.70	-2.19	0.04	0.28
LOR17 x LOR52	16.30	20.70	-1.29	-2.19	-0.91
LOR17 x 9644	17.03	20.70	-1.29	-1.77	-0.6
LOR34 x LOR50	21.22	20.70	-0.85	-1.24	2.62
LOR01 x LOR52	16.96	20.70	-1.46	-2.19	-0.08
LOR37 x LOR50	20.13	20.70	2.54	-1.24	-1.86
LOR17 x LOR64	20.04	20.70	-1.29	0.04	0.59
LOR17 x LOR50	16.31	20.70	-1.29	-1.24	-1.86
LOR17 x LOR34	17.42	20.70	-1.29	-0.85	-1.14
LOR37 x LOR44	18.88	20.70	2.54	-1.77	-2.59
LOR44 x LOR64	17.97	20.70	-1.77	0.04	-1.00
LOR01 x LOR64	17.66	20.70	-1.46	0.04	-1.62
LOR01 x LOR34	17.66	20.70	-1.46	-0.85	-0.73
LOR44 x LOR52	16.95	20.70	-1.77	-2.19	0.22
LOR34 x LOR64	19.51	20.70	-0.85	0.04	-0.38
LOR50 x LOR64	18.19	20.70	-1.24	0.04	-1.31
LOR34 x LOR52	17.77	20.70	-0.85	-2.19	0.12
LOR01 x LOR44	16.25	20.70	-1.46	-1.77	-1.21
LOR50 x LOR52	17.30	20.70	-1.24	-2.19	0.04
LOR34 x LOR44	19.13	20.70	-0.85	-1.77	1.05
LOR01 x LOR50	17.65	20.70	-1.46	-1.24	-0.35
LOR44 x LOR50	18.66	20.70	-1.77	-1.24	0.98

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 12. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para diámetro de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.

Cruza	D (mm)	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	27.23	21.01	3.17	1.39	1.65
LOR25 x LOR37	29.25	21.01	4.82	3.17	0.24
LOR25 x 0819-4	28.49	21.01	4.82	1.39	1.27
LOR17 x 0819-4	22.66	21.01	-1.17	1.39	1.43
LOR64 x 0819-4	20.86	21.01	-0.36	1.39	-1.18
LOR25 x LOR64	28.22	21.01	4.82	-0.36	2.75
LOR44 x 0819-4	20.54	21.01	-2.10	1.39	0.24
LOR52 x 0819-4	20.04	21.01	-2.21	1.39	-0.15
LOR25 x LOR44	25.67	21.01	4.82	-2.10	1.94
LOR50 x 0819-4	20.54	21.01	-1.43	1.39	-0.43
LOR17 x LOR37	22.43	21.01	-1.17	3.17	-0.58
LOR01 x LOR17	26.17	21.01	-1.24	-1.17	7.55
LOR01 x 0819-4	19.73	21.01	-1.24	1.39	-1.44
LOR37 x LOR64	24.99	21.01	3.17	-0.36	1.16
LOR17 x LOR25	20.68	21.01	-1.17	4.82	-3.98
LOR01 x LOR25	22.03	21.01	-1.24	4.82	-2.57
LOR25 x LOR50	25.50	21.01	4.82	-1.43	1.09
LOR34 x 0819-4	20.15	21.01	-0.88	1.39	-1.38
LOR25 x LOR34	24.49	21.01	4.82	-0.88	-0.47
LOR25 x LOR52	23.36	21.01	4.82	-2.21	-0.27
LOR37 x LOR52	22.58	21.01	3.17	-2.21	0.6
LOR34 x LOR37	24.43	21.01	-0.88	3.17	1.11

LOR01 x LOR37	23.44	21.01	-1.24	3.17	0.49
LOR52 x LOR64	18.82	21.01	-2.21	-0.36	0.36
LOR17 x LOR52	16.53	21.01	-1.17	-2.21	-1.11
LOR17 x 9644	16.35	21.01	-1.17	-2.10	-1.39
LOR34 x LOR50	20.59	21.01	-0.88	-1.43	1.88
LOR01 x LOR52	17.30	21.01	-1.24	-2.21	-0.27
LOR37 x LOR50	20.67	21.01	3.17	-1.43	-2.08
LOR17 x LOR64	20.08	21.01	-1.17	-0.36	0.59
LOR17 x LOR50	16.92	21.01	-1.17	-1.43	-1.49
LOR17 x LOR34	17.98	21.01	-1.17	-0.88	-0.98
LOR37 x LOR44	19.48	21.01	3.17	-2.10	-2.59
LOR44 x LOR64	18.11	21.01	-2.10	-0.36	-0.43
LOR01 x LOR64	17.97	21.01	-1.24	-0.36	-1.45
LOR01 x LOR34	17.97	21.01	-1.24	-0.88	-0.92
LOR44 x LOR52	17.07	21.01	-2.10	-2.21	0.36
LOR34 x LOR64	18.62	21.01	-0.88	-0.36	-1.16
LOR50 x LOR64	18.60	21.01	-1.43	-0.36	-0.62
LOR34 x LOR52	18.04	21.01	-0.88	-2.21	0.10
LOR01 x LOR44	16.37	21.01	-1.24	-2.10	-1.30
LOR50 x LOR52	17.75	21.01	-1.43	-2.21	0.37
LOR34 x LOR44	19.85	21.01	-0.88	-2.10	1.82
LOR01 x LOR50	18.26	21.01	-1.24	-1.43	-0.08
LOR44 x LOR50	18.85	21.01	-2.10	-1.43	1.37

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 13. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para grados brix de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.

Cruza	°BX	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	7.23	6.28	-0.50	1.57	-0.11
LOR25 x LOR37	5.29	6.28	-0.43	-0.50	-0.05
LOR25 x 0819-4	7.49	6.28	-0.43	1.57	0.07
LOR17 x 0819-4	7.96	6.28	-0.10	1.57	0.21
LOR64 x 0819-4	7.65	6.28	-0.09	1.57	-0.11
LOR25 x LOR64	5.83	6.28	-0.43	-0.09	0.07
LOR44 x 0819-4	7.79	6.28	-0.09	1.57	0.04
LOR52 x 0819-4	8.14	6.28	0.14	1.57	0.15
LOR25 x LOR44	5.70	6.28	-0.43	-0.09	-0.05
LOR50 x 0819-4	7.47	6.28	-0.19	1.57	-0.18
LOR17 x LOR37	5.53	6.28	-0.10	-0.50	-0.13
LOR01 x LOR17	5.34	6.28	-0.14	-0.10	-0.69
LOR01 x 0819-4	7.71	6.28	-0.14	1.57	-0.0008
LOR37 x LOR64	5.22	6.28	-0.50	-0.09	-0.46
LOR17 x LOR25	5.80	6.28	-0.10	-0.43	0.05
LOR01 x LOR25	6.50	6.28	-0.14	-0.43	0.79
LOR25 x LOR50	5.20	6.28	-0.43	-0.19	-0.46
LOR34 x 0819-4	7.59	6.28	-0.17	1.57	-0.08
LOR25 x LOR34	5.43	6.28	-0.43	-0.17	-0.25
LOR25 x LOR52	5.82	6.28	-0.43	0.14	-0.17
LOR37 x LOR52	6.07	6.28	-0.50	0.14	0.15
LOR34 x LOR37	5.75	6.28	-0.17	-0.50	0.15

LOR01 x LOR37	5.50	6.28	-0.14	-0.50	-0.13
LOR52 x LOR64	6.17	6.28	0.14	-0.09	-0.16
LOR17 x LOR52	5.85	6.28	-0.10	0.14	-0.46
LOR17 x 9644	6.05	6.28	-0.10	-0.09	-0.03
LOR34 x LOR50	5.47	6.28	-0.17	-0.19	-0.44
LOR01 x LOR52	6.09	6.28	-0.14	0.14	-0.18
LOR37 x LOR50	5.35	6.28	-0.50	-0.19	-0.23
LOR17 x LOR64	6.32	6.28	-0.10	-0.09	0.23
LOR17 x LOR50	6.10	6.28	-0.10	-0.19	0.11
LOR17 x LOR34	6.71	6.28	-0.10	-0.17	0.71
LOR37 x LOR44	6.51	6.28	-0.50	-0.09	0.83
LOR44 x LOR64	5.69	6.28	-0.09	-0.09	-0.4
LOR01 x LOR64	6.48	6.28	-0.14	-0.09	0.43
LOR01 x LOR34	5.57	6.28	-0.14	-0.17	-0.39
LOR44 x LOR52	6.16	6.28	-0.09	0.14	-0.16
LOR34 x LOR64	6.18	6.28	-0.17	-0.09	0.16
LOR50 x LOR64	6.22	6.28	-0.19	-0.09	0.22
LOR34 x LOR52	6.47	6.28	-0.17	0.14	0.21
LOR01 x LOR44	5.87	6.28	-0.14	-0.09	-0.16
LOR50 x LOR52	6.87	6.28	-0.19	0.14	0.63
LOR34 x LOR44	5.95	6.28	-0.17	-0.09	-0.06
LOR01 x LOR50	6.31	6.28	-0.14	-0.19	0.35
LOR44 x LOR50	6.01	6.28	-0.09	-0.19	0.01

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; ¶ g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j. ¶¶ s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

Cuadro 14. Estructura genética de 45 cruzas simples de jitomate mexicano tipo cereza, para pH de fruto, sembradas bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2011-2012.

Cruza	pH	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR37 x 0819-4	6.14	5.94	-0.08	0.15	0.12
LOR25 x LOR37	5.22	5.94	-0.35	-0.08	-0.29
LOR25 x 0819-4	5.69	5.94	-0.35	0.15	-0.05
LOR17 x 0819-4	6.06	5.94	-0.10	0.15	0.07
LOR64 x 0819-4	6.35	5.94	0.22	0.15	0.03
LOR25 x LOR64	5.99	5.94	-0.35	0.22	0.16
LOR44 x 0819-4	6.02	5.94	0.05	0.15	-0.12
LOR52 x 0819-4	6.29	5.94	0.33	0.15	-0.13
LOR25 x LOR44	5.36	5.94	-0.35	0.05	-0.29
LOR50 x 0819-4	6.32	5.94	-0.05	0.15	0.26
LOR17 x LOR37	5.98	5.94	-0.10	-0.08	0.21
LOR01 x LOR17	5.47	5.94	-0.02	-0.10	-0.36
LOR01 x 0819-4	5.86	5.94	-0.02	0.15	-0.21
LOR37 x LOR64	5.82	5.94	-0.08	0.22	-0.26
LOR17 x LOR25	5.88	5.94	-0.10	-0.35	0.37
LOR01 x LOR25	5.64	5.94	-0.02	-0.35	0.05
LOR25 x LOR50	5.34	5.94	-0.35	-0.05	-0.21
LOR34 x 0819-4	5.99	5.94	-0.16	0.15	0.05
LOR25 x LOR34	5.63	5.94	-0.35	-0.16	0.19
LOR25 x LOR52	6.00	5.94	-0.35	0.33	0.06
LOR37 x LOR52	6.02	5.94	-0.08	0.33	-0.18
LOR34 x LOR37	5.47	5.94	-0.16	-0.08	-0.23

LOR01 x LOR37	6.21	5.94	-0.02	-0.08	0.36
LOR52 x LOR64	6.40	5.94	0.33	0.22	-0.1
LOR17 x LOR52	5.41	5.94	-0.10	0.33	-0.77
LOR17 x 9644	5.61	5.94	-0.10	0.05	-0.28
LOR34 x LOR50	5.70	5.94	-0.16	-0.05	-0.03
LOR01 x LOR52	7.44	5.94	-0.02	0.33	1.17
LOR37 x LOR50	5.60	5.94	-0.08	-0.05	-0.22
LOR17 x LOR64	6.55	5.94	-0.10	0.22	0.47
LOR17 x LOR50	6.22	5.94	-0.10	-0.05	0.41
LOR17 x LOR34	5.57	5.94	-0.10	-0.16	-0.12
LOR37 x LOR44	6.41	5.94	-0.08	0.05	0.49
LOR44 x LOR64	6.19	5.94	0.05	0.22	-0.02
LOR01 x LOR64	5.77	5.94	-0.02	0.22	-0.38
LOR01 x LOR34	5.71	5.94	-0.02	-0.16	-0.06
LOR44 x LOR52	6.28	5.94	0.05	0.33	-0.05
LOR34 x LOR64	6.03	5.94	-0.16	0.22	0.02
LOR50 x LOR64	6.21	5.94	-0.05	0.22	0.08
LOR34 x LOR52	6.12	5.94	-0.16	0.33	-0.002
LOR01 x LOR44	5.89	5.94	-0.02	0.05	-0.09
LOR50 x LOR52	6.24	5.94	-0.05	0.33	0.007
LOR34 x LOR44	6.04	5.94	-0.16	0.05	0.19
LOR01 x LOR50	5.39	5.94	-0.02	-0.05	-0.49
LOR44 x LOR50	6.16	5.94	0.05	-0.05	0.2

[†]X_{ij}: Promedio del parámetro evaluado de la cruce del genotipo i con el genotipo j; ^{††}μ: valor medio de las 45 cruces; [‡]g_{ij}: efecto de ACG del genotipo i y del genotipo j; ^{‡‡}s_{ij}: efecto de ACE de la cruce del genotipo i con el genotipo j.

IV DISCUSIÓN GENERAL

Los genotipos de jitomate nativo riñón que fueron evaluados bajo condiciones de campo e invernadero para resistencia a patógenos de la raíz, presentaron reacciones de resistencia a *Fusarium* spp. y *Ralstonia* spp. Con respecto a la marchitez por fusarium, la mayoría de los genotipos presentaron muerte de planta entre los diez y 40 días después de la siembra; resultados de experimentos realizados por Rekah, *et al.* (1998) han presentado resultados donde ha ocurrido muerte de plantas causadas por *Fusariosis* hasta los 63 días después de la siembra; Rekah *et al.* (1999) mencionan que las condiciones para que ocurra la infección de plantas en periodos tardíos, independiente de la susceptibilidad de los genotipos, es el uso constante de los terrenos para el mismo cultivo, situación que incrementa el inóculo del patógeno en cada ciclo.

Dado a que las plantas fueron evaluadas en terrenos y suelo naturalmente infestado con patógenos de la raíz, fue posible identificar genotipos con baja incidencia de plantas muertas por *fusarium* spp., entre estos el 1, 2, 3, 4, 12, 49, y 51 y los padres originales P1, P3, P20 y P22. De los híbridos F₄, la mayoría de los genotipos tuvieron incidencia similar de *Fusarium* spp., excepto el genotipo 18 y los padres originales H24, P20, P22 y P42, que mostraron resistencia. Los genotipos que mostraron menor incidencia llegaron hasta la etapa de maduración de frutos; los periodos largos de incubación pueden desencadenar en las plantas medidas de defensa que contrarresten la invasión de *Fusarium* spp. en los tejidos vasculares; la colonización tardía de los tejidos vasculares representa un mecanismo de defensa para las plantas (Beckman 1987). Velázquez (2002) menciona que en genotipos de

frijol, los periodos de incubación largos parecen estar relacionados con reacciones de resistencia, aunque en algunos casos, plantas con periodos de incubación largos expresan reacciones intermedias de susceptibilidad. En el caso de la interacción del jitomate con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL), según Beckman (1987), la localización del patógeno dentro de los tejidos vasculares de la planta representa un mecanismo de defensa primario contra patógenos vasculares como FOL. Salgado y Schwartz, (1993) mencionan que el poco vigor de las plantas refleja el daño en las raíces y en el sistema vascular ocasionado por *Fusarium* spp.

Por otro lado, los resultados de las 45 cruzas simples directas obtenidas entre los diez genotipos de jitomate tipo cereza, mostraron que en las cruzas de mayor rendimiento, los genotipos predominantes fueron el LOR25, LOR37 y 0819-4; otros genotipos también estuvieron presentes en cruzas con rendimientos altos, aunque en menor frecuencia. Estos resultados revelaron que hubo diversidad genética en y entre los materiales estudiados, y esto se vio reflejado en las diferencias entre sus híbridos (Gutiérrez *et al.*, 2002). Las variables RT, RP, PPF y NTF presentaron mayores coeficientes de variación, siendo RT y RP las más altas (24.52); esto, debido posiblemente a la diversidad de orígenes de los genotipos utilizados (Kang *et al.* 1999).

Los genotipos LOR25, LOR37 y 0819-4 que presentaron los mayores efectos de aptitud combinatoria general (ACG), intervinieron en las cruzas de mayor rendimiento; de igual forma, los genotipos con menores efectos de ACG produjeron

las cruzas de menor rendimiento. De manera general, uno de los factores que determinan un alto o bajo rendimiento en las cruzas genotipos, es la alta o baja ACG de los progenitores. De forma similar resulta el comportamiento de los efectos de la aptitud combinatoria específica, ya que las cruzas de alto rendimiento son las que presentaron también valores altos de ACE, además de que al menos uno de sus progenitores fue de alta ACG. Las cruzas con los efectos más bajos de ACE también fueron las de más bajo rendimiento; en estos casos, generalmente ambos progenitores presentaron bajos efectos de ACG. Por tanto, una craza presenta altos rendimientos cuando sus progenitores presentan valores altos y positivos de ACG o valores altos y positivos de ACE, o una combinación de ambos efectos Reyes (2004) y Escorcía *et al.*, (2010).

Existen numerosas especies silvestres del género *Solanum* que han sido de importancia como recurso para generar variabilidad genética en los programas de mejoramiento (Casas, *et al.*, 2003). Las especies nativas de jitomate en nuestro país son fuente importante de genes de resistencia genética a plagas y enfermedades, así como para aspectos de rendimiento y demás características de importancia económica; de allí la importancia de las colectas que se presentan en este trabajo.

V CONCLUSIONES GENERALES

En general, se identificaron algunos genotipos de jitomate evaluados en S₄ como el 1, 4, 7, 49 y 51, así como en F₄: 18, 20, 21 y 24, que presentaron resistencia a la marchitez causada por *Fusarium* spp. y a *Ralstonia* spp., esto al ser comparados con

la variedad susceptible Río Grande, tanto en campo como en invernadero; sin embargo, el grupo de genotipos progenitores originales presentaron niveles de incidencia mayores que los genotipos en S₄.

Con los genotipos de mayor ACG de las variables en estudio se podrían formar híbridos con características deseables de rendimiento como RT, RP, PPF, NTF, FR, L y D, así como características de calidad como °BX, ya que estas cruzas resultaron con los mayores efectos de ACG y se encontraron presentes en las cruzas con mayores rendimiento. Estos genotipos llevan consigo genes deseables para el mejoramiento de características agronómicas de interés.

4.1 BIBLIOGRAFÍA

Beckman C H 1987 The nature of wilt diseases of plants. Am. Phytopatol. Sc. 175 p.

CASAS S J F, D J L RAMÍREZ, G J J SANCHEZ, P J RON, H S MONTES y B M CHUELA 2003. Características agronómicas en retrocruzamientos en maíz-tocintle. En: Rev Fitotec. México, Vol. 26 (4): 239-248.

Escorcía, G N, J D G Molina, F G Castillo, J A C Mejía (2010) Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruzas simples de maíz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 33 (3): 271 – 279.

Gutiérrez del R E, Palomo G A, Espinoza B A, de la Cruz L E (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. 25(3):271- 277.

Kang S M, Kushairi D A, Zhang Y, Magari R (1999) Combining ability for rind puncture resistance in maize. Crop Sci. 39:368-371.

Salgado M O y H F Schwartz 1993 Physiological specialization and effects of inoculum concentration of *Fusarium oxysporum* f. sp. PHaseoli on common beans. Plant Dis. 77:492-496

Rekah Y, D Shtienberg, J Katan (1998) Relationship between inoculum level in soil and onset of crown and root-rot disease in tomato. *Phytoparasitica* 26:157-158.

Rekah Y, D Shtienberg, J Katan (1999) Spatial distribution and temporal development of *Fusarium* crown and root-rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. *Phytopathology* 89:831-839.

Reyes L D, J D Molina G, M A Oropeza R, E C Moreno P (2004) Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz de la raza Tuxpeño. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:49-56.

Velázquez V R, M A M Mercedes, H F Schwartz (2002) Reacción de seis genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres aislamientos de *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. phaseoli Kendrick y Snaider. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20: 146-151.