



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA**

**HETEROSIS Y ENDOGAMIA EN HÍBRIDOS DE JITOMATE GENERADOS A
PARTIR DE GERMOPLASMA NATIVO POR ÉLITE**

OLGA BONILLA BARRIENTOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Olga Bonilla Barrientos, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Ricardo Lobato Ortiz, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Heterosis y endogamia en híbridos de jitomate generados a partir de germoplasma nativo por elite y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 27 de Octubre de 2017



Firma del
Alumno (a)



Dr. Ricardo Lobato Ortiz

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: HETEROSIS Y ENDOGAMIA EN HÍBRIDOS DE JITOMATE GENERADOS A PARTIR DE GERMOPLASMA NATIVO POR ÉLITE realizada por el (la) alumno (a): OLGA BONILLA BARRIENTOS bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



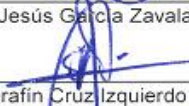
Dr. Ricardo Lobato Ortíz

ASESOR (A)



Dr. J. Jesús García Zavala

ASESOR (A)




Dr. Serafin Cruz Izquierdo

ASESOR (A)



Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán

ASESOR (A)



Dr. Gustavo López Romero

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2017

HETEROSIS Y ENDOGAMIA EN HÍBRIDOS DE JITOMATE GENERADOS A PARTIR DE GERMOPLASMA NATIVO POR ÉLITE

**Olga Bonilla Barrientos, Dr.
Colegio de Postgraduados 2017**

RESUMEN

El jitomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en México es un cultivo muy importante económicamente, pues ocupa el segundo lugar entre las hortalizas que se producen y representa una de las fuentes de empleo rural más importantes debido al uso de mano de obra y divisas que genera. En nuestro país, el mejoramiento genético para esta especie busca generar variedades o híbridos más productivos y accesibles para los productores, debido a que a nivel nacional el mejoramiento genético es realizado por empresas transnacionales, haciendo que la semilla tenga un valor elevado, dificultando la adquisición de la semilla a pequeños y medianos productores, lo que conlleva a recurrir al uso de semillas de generaciones filiales (F_2) para disminuir costos de producción, bajo el supuesto de que el rendimiento es similar al del híbrido F_1 . Un aspecto importante es que al hacer uso de la F_2 , se pueden observar plantas de jitomate con la misma características que los híbridos F_1 e inclusive superiores, principalmente en rendimiento, esto debido a la segregación transgresiva; por esta razón algunos productores obtienen rendimientos similares a los de las F_1 con semilla F_2 , aunque estos porcentajes varían de población en población, pues no siempre se observan los mismos porcentajes de reducción e incremento del rendimiento. Otra alternativa para el mejoramiento genético del jitomate es el uso de líneas puras, utilizando un diseño alélico evaluando parámetros genéticos como la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), los cuales permiten seleccionar materiales sobresalientes con características interesantes para los productores, como son el rendimiento y sus componentes, así como de calidad.

Una manera de obtener material genético mejorado de jitomate en el corto y mediano plazo, principalmente para pequeños y medianos productores, es a partir de cruzas intervarietales entre

materiales élite por nativos o entre variedades de uso local. Por esto, los objetivos de la presente investigación fueron: a) evaluar el rendimiento y características de calidad de fruto en híbridos obtenidos a partir de cruzas intervarietales entre materiales élite por nativos, y b) calcular la depresión endogámica en la generación F_2 , estimar la aptitud combinatoria general (ACG) en los progenitores, la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas y la heterosis en los híbridos de jitomate. La depresión endogámica en la mayoría de las cruzas y variables fue relativamente baja y no significativa, en comparación con la reducción porcentual que se manifiesta en generaciones avanzadas de híbridos comerciales en otros estudios. Se presentó segregación transgresiva en la F_{2s} , ya que algunas F_{1s} fueron superadas por su siguiente generación (F_2), como fue LOR85*L- F_2 , que rindió 68% más que su F_1 . Los progenitores mostraron diferencias significativas para rendimiento (PT), siendo la línea LOR82 la que sobresalió con 3.91 kg/planta. LOR103*R, LOR79*C, LOR82*C, LOR85*R presentaron el mayor efecto para PT. Además, se observó un alto porcentaje de heterosis para PT que fue de 0.91 a 64.82% para la mayoría de las cruzas, sobresaliendo LOR103*R (64.82), LOR82*C (61.90%) y LOR81*C (58.72%). Los resultados obtenidos indican que generaciones avanzadas de cruzas intervarietales pueden ser una alternativa viable para la producción de jitomate para pequeños y medianos productores, ya que su comportamiento agronómico en general no presenta una depresión endogámica drástica comparado al de los híbridos comerciales que se han utilizado en otros trabajos, ya que características como rendimiento y calidad no se ven afectadas tan drásticamente, lo que permitiría un ahorro económico a los productores al sembrar semilla F_{2s} .

Palabras clave: Depresión endogámica, cruzas intervarietales, heterosis, ACG, ACE, híbridos, efectos genéticos.

HETEROSIS AND INBREEDING IN TOMATO HYBRIDS GENERATED FROM NATIVE GERMPLASM BY ELITE

**Olga Bonilla Barrientos, Dr.
Colegio de Postgraduados 2017**

ABSTRACT

Tomato in Mexico is economically a very important crop, because it occupies the second place among the vegetables that are produced, and represents one of the most important sources of rural employment due to the use of manpower and foreign currency that it generates. In our country genetic improvement for this species aim for generating varieties or hybrids more productive and accessible to tomato growers. Because at the national level, genetic improvement is carried out by transnational companies making the seed quite expensive for small and medium size farmers, which forces them to use seeds from segregating F2 generations to reduce production costs, with the assumption that the yield is similar to that of the F1 hybrid. An important aspect to consider when using F2 plants is that you can see tomato plants with the same characteristics as the hybrids and even higher, mainly in yield, due to transgressive segregation. For this reason, some tomato producers obtain yields similar to those of F1, although these percentages vary from population to population, since the same percentages of reduction and increase in yield are not always observed. Another alternative for genetic improvement is the use of pure lines using an allelic design evaluating genetic parameters such as general and specific combining ability (ACG) and (ACE), which allow selecting outstanding materials with interesting characteristics for producers such as yield and its components, as well as quality.

A way to obtain improved genetic material of tomato in the short and medium term mainly for small and medium scale growers, is from intervarietal crosses between elite materials and natives or between native local varieties. Therefore, the objectives of the present investigation were: a) to evaluate the yield and fruit quality characteristics in hybrids obtained from intervarietal crosses between elite materials by

natives, b) to calculate the inbreeding depression in the generation F2, as well as to estimate the General Combinatorial Ability (ACG) in progenitors, Specific Combinatory Aptitude (ACE) and heterosis in tomato hybrids. The inbreeding depression observed for most of the crosses and variables was relatively low and not significant in comparison with the percentage reduction that occurs in advanced generations of commercial hybrids in other studies. Transgressive segregation was observed in the F2S, since some F1s were surpassed by their next generation (F2), for example LOR85 * L-F2, which yielded 68% more than its F1. The parental native inbred lines showed significant differences for yield, being the line LOR82 the one that stood out with 3.91 kg / plant. In addition, a high percentage of heterosis was observed for PT ranging from 0.91 to 64.82% for most of the crosses, standing out LOR103 * R (64.82), LOR82 * C (61.90%) and LOR81 * C (58.72%). The results indicate that advanced generations of intervarietal crosses can be a viable alternative for the tomato production for small and medium scale producers, since their agronomic performance in general does not present a drastic inbreeding depression in comparison to the commercial hybrids that have been used in other researches, since characteristics such as yield and quality are not affected so drastically, which would allow an economic saving when sowing F2S seed.

Key words: Inbreeding depression, intervarietal crosses, heterosis, ACG, ACE, hybrids, genetic effects.

AGRADECIMIENTOS

Al Pueblo de México, que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) me otorgó el financiamiento para la realización de mis estudios de postgrado.

Al **Colegio de Postgraduados**, especialmente al Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-**Genética**, por el apoyo brindado durante mi estancia.

Al **Dr. Ricardo Lobato Ortiz**, por brindarme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por sus conocimientos brindados, y por brindarme la confianza y el apoyo para la realización y culminación de esta investigación.

Al **Dr. José de Jesús García Zavala**, por sus sugerencias, conocimientos y apoyo para la realización de esta investigación.

Al Dr. **Serafín Cruz Izquierdo**, por su apoyo y sugerencias para la conclusión de esta investigación.

Al Dr. **Eduardo Rodríguez Guzmán** por su apoyo y sugerencias, así como sus consejos, para la redacción de esta tesis.

Al Dr. **Gustavo López Romero**, por sus conocimientos, apoyo y sugerencias para la realización de esta investigación.

A los Profesores del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, que cada día comparten sus conocimientos, para que nosotros los estudiantes seamos cada día mejores.

A mis tres grandes amores: mis hijas Ximena y Sofía Hernández Bonilla, por su amor incondicional, por esos detalles que tienen cada día; por sus sonrisas, que hacen que cada día sea mejor y que cada esfuerzo y sacrificio valgan la pena, y en especial a mi esposo Enrique, por el apoyo incondicional que me ha brindado y su contribución en esta investigación.

A mi familia, y amigos por todo su apoyo incondicional y sus consejos brindados.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza para seguir adelante y darme la oportunidad de la vida.

A mis hermosas hijas Ximena y Sofía, que son el regalo máspreciado que Dios y la vida me pudieron haber dado, por esas sonrisas hermosas que expresan amor, porque con su amor ha valido la pena este esfuerzo y logro que también es suyo mis niñas hermosas, las amo.

A mi esposo Enrique Hernández Leal, por todo su apoyo incondicional, tanto en los momentos malos como en los buenos, por tus consejos y apoyo para la culminación de esta investigación, y sobre todo por darnos la oportunidad de formar una hermosa familia: te amo.

A mis suegros, Francisca Patricia Leal Barrera y Pedro Hernández Sánchez, que formaron parte importante de esta investigación al brindarnos su apoyo, y consejos; hoy más que nunca les agradezco y les dedico de corazón este logro obtenido.

A mis padres Ma. Dolores Barrientos Martínez y Lauro Bonilla Díaz, aunque sea en la distancia me dieron sus consejos y palabras de aliento; este es un gran esfuerzo y un logro también suyo.

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIA	ix
LISTA DE CUADROS	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Objetivos	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Origen y distribución	5
Importancia económica del jitomate	5
Mejoramiento genético en jitomate	6
Depresión endogámica	10
Heterosis en jitomate	11
Aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica.	13
BIBLIOGRAFÍA.	14
CAPÍTULO II. DEPRESIÓN ENDOGÁMICA EN HÍBRIDOS DE JITOMATE DERIVADOS DE PROGENITORES CON DISTINTO GRADO DE DOMESTICACIÓN	24
RESUMEN	24
ABSTRACT	25
INTRODUCCIÓN	26
MATERIALES Y MÉTODOS	28
Diseño experimental	29
Manejo del cultivo	29
Variables medidas	29
Análisis estadístico.	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	30
CONCLUSIONES.	40
BIBLIOGRAFÍA.	41
CAPÍTULO III. HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA DE CRUZAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EVALUADAS EN CONDICIONES DE INVERNADERO	45
RESUMEN	45
ABSTRACT	46
INTRODUCCIÓN	47
MATERIALES Y MÉTODOS	49
Material genético	49
Diseño experimental y manejo agronómico	50

VARIABLES MEDIDAS	50
Análisis estadístico	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
Valores de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores	52
Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores	53
Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE)	55
Valores de aptitud combinatoria específica (ACE)	57
CONCLUSIONES.	64
BIBLIOGRAFÍA.	65
CAPÍTULO IV. ANEXOS	70

LISTA DE CUADROS

		PÁGINA
Cuadro 2.1	Cuadrados medios de siete variables de cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), sus generaciones filiales F ₁ y F ₂ , y del contraste F ₁ vs F ₂ . Montecillo, 2016.	31
Cuadro 2.2	Prueba de medias para siete variables de híbridos de jitomate y sus respectivas generaciones filiales.	32
Cuadro 2.3	Cuadrados medios de los contrastes entre generaciones filiales F ₁ y F ₂ de 23 cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) para variables de rendimiento y calidad.	34
Cuadro 2.4	Comparación de medias entre las generaciones F ₁ y F ₂ de las mejores 10 cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) para variables de rendimiento y calidad. Texcoco, Edo. de México, México.	36
Cuadro 2.5	Reducción porcentual de siete variables de 23 híbridos F _{2S} con respecto a sus F _{1S} de cruzas entre líneas S5 de jitomate nativo y de jitomate tipo “saladette”.	40
Cuadro 3.1	Prueba de medias (valores de ACG) de líneas y probadores para ocho variables de rendimiento y calidad en jitomate	53
Cuadro 3.2	Efectos de aptitud combinatoria general para 9 líneas y 3 probadores ocho caracteres de jitomate.	55
Cuadro 3.3	Efectos de aptitud combinatoria específica de 27 cruzas de jitomate para ocho caracteres.	56
Cuadro 3.4	Prueba de medias (valores de ACE) de 27 cruzas de tomate evaluadas para ocho caracteres.	58
Cuadro 3.5	Estructura genética del rendimiento en 27 cruzas de jitomate entre nueve líneas nativas y tres probadores saladette.	60
Cuadro 3.6	Porcentaje de heterosis con respecto al progenitor medio en la F ₁ de 27 híbridos de jitomate para características de rendimiento y calidad.	63
Cuadro 4.1	Reducción porcentual en híbridos provenientes del cruzamiento entre líneas S5 de jitomate nativo contra líneas avanzadas S5 de jitomate tipo “saladette” y sus respectivas F _{2S} . Texcoco, Edo. de México, México.	70
Cuadro 4.2	Comparación de medias de 23 cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) para variables agronómicas y de rendimiento. Texcoco, Edo. de México, México	71
Cuadro 4.3	Comparación de medias entre las generaciones F ₁ y F ₂ de 23 cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) para variables de rendimiento y calidad. Texcoco, Edo. de México, México	72
Cuadro 4.4	Cuadrados medios de cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), y sus generaciones filiales F ₁ y F ₂ , y del contraste F ₁ vs F ₂ . Montecillo, 2016.	73
Cuadro 4.5	Efectos de aptitud combinatoria general para 9 líneas y 3 probadores de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en ocho caracteres de jitomate.	74
Cuadro 4.6	Prueba de medias (valores de ACG) de líneas y probadores para ocho variables de rendimiento y calidad en jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	75
Cuadro 4.7	Efectos de actitud combinatoria específica para 27 cruzas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	76

Cuadro 4.8	Prueba de medias para 27 cruzas de jitomate en variables morfo agronómicas y de rendimiento	77
Cuadro 4.9	Porcentaje de heterosis en F ₁ respecto al progenitor medio, en 27 híbridos de jitomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) para características de rendimiento y calidad.	78
Cuadro 4.10	Porcentaje de heterosis en F _{2s} de jitomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) en componentes de rendimiento y calidad con respecto al progenitor medio.	80

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más importantes y cultivadas en todo el mundo, pues rebasa los 3 millones de hectáreas cosechadas anualmente (FAO, 2014). Los principales países productores de jitomate son Estados Unidos y China con el 15 % de la producción mundial (Wijnands, 2003). En el mundo, México ocupa la décima posición en producción y es el tercer país exportador de esta hortaliza; los Estados Unidos es el principal país que sigue demandando dicha producción con el 90 % (FAO, 2014) durante la temporada invernal (De Giglio, 2003).

El jitomate para nuestro país es de gran importancia económica, pues ocupa el segundo lugar entre las hortalizas que se producen, y representa una de las fuentes de empleo rural más importantes, debido al uso de mano de obra. El SIAP (2015) reportó que la producción de jitomate en México fue de 2.7 millones de toneladas en una superficie cercana a las 80 mil hectáreas, donde cerca del 70% de la producción nacional se concentra en los estados de Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí y Michoacán. Principalmente en estos estados, la producción de jitomate se ha incrementado aceleradamente durante los últimos años, debido al uso de cultivares híbridos que han destacado por su mayor rendimiento, resistencia a enfermedades, calidad de fruto, y vida de anaquel (Gur y Zamir, 2004).

El mejoramiento genético del jitomate busca la obtención o generación de variedades o híbridos que sean productivos y de alta calidad, y además que sean accesibles para los productores y que cumplan con las necesidades de los consumidores (Martínez-Rosendo *et al.*, 2016). A nivel mundial, el mejoramiento genético de jitomate es desarrollado principalmente por empresas transnacionales, por lo que las semillas que se venden en el mercado tienen un alto valor económico, dependiendo de cada casa comercial. Debido al altísimo costo, a la mayoría de los pequeños y medianos productores se les dificulta comprar semillas híbridas de empresas extranjeras. Esta situación ha obligado a productores a recurrir al uso de

semilla de la segunda generación filial (F_2) para disminuir costos de producción, suponiendo que el rendimiento es similar al de F_1 . Al respecto, Mohamed (1998) menciona que es posible encontrar en la segunda generación filial plantas de jitomate con las mismas características que los híbridos e inclusive superiores en rendimiento, esto debido a la segregación transgresiva (De Vicente y Tanksley, 1993; Pohelman y Allen, 2003). Esto explica por qué algunos agricultores obtienen rendimientos similares o inclusive superiores en la generación F_2 sobre los de la F_1 .

El grado de depresión endogámica y segregación transgresiva puede variar de población en población, pues no siempre se observan los mismos porcentajes de reducción e incremento del rendimiento. Una manera de obtener material genético mejorado de jitomate a corto y mediano plazo para los pequeños y medianos productores, es a partir de cruza intervarietales entre materiales élite por nativos o entre variedades de uso local. De esta forma, Shah *et al.* (2014) mencionan que se puede aprovechar la amplia variabilidad genética presente en los diversos materiales nativos mexicanos para la obtención de híbridos con altos rendimientos y características novedosas.

Por otro lado, hay estudios que cuantifican el efecto de la depresión endogámica en híbridos comerciales de jitomate (Martínez-Solís *et al.*, 2005; Magaña-Lira *et al.*, 2013; Hernández-Leal *et al.*, 2013); no obstante, los estudios de efectos genéticos en híbridos derivados de material elite por nativo son limitados.

Otra de las alternativas en el mejoramiento genético del jitomate, para la generación de nuevos materiales genéticos, como son líneas o híbridos, es el uso de los diseños genéticos utilizados para evaluar parámetros genéticos como la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), los que permiten observar cuáles materiales tienen características sobresalientes, principalmente en rendimiento y sus componentes, pero además variables de calidad. Los diseños genéticos más utilizados permiten estimar la ACG, con la cual es posible identificar a los mejores progenitores con capacidad de transmitir sus

caracteres deseables a su descendencia, y también estimar la ACE para determinar cuáles son las combinaciones híbridas (F_1) sobresalientes, originadas de cruzamientos entre variedades, líneas o poblaciones; además, estos diseños permiten conocer información sobre el tipo de acción génica que condiciona la expresión de un carácter agronómico de interés. Los diseños fueron propuestos por Haynman (1954), Griffing (1956) y Gardner y Eberhart (1966).

Sprague y Tatum (1942) introdujeron los conceptos de ACG y ACE, con los cuales se expresa el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones posibles, así como las combinaciones sobresaliente o poco sobresaliente en relación con el promedio de la ACG de las líneas progenitoras, respectivamente (Reyes *et al.*, 2004). Peña *et al.* (1999), mencionan que 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.

Es importante conocer la heterosis, ya que con esto se puede conocer el exceso de vigor de la F_1 de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores (Gowen, 1952). Allard (1960) menciona que el fenómeno de la heterosis es explicado por dos hipótesis: la primera es la de dominancia y la segunda la de sobre-dominancia. La heterosis se calcula como la diferencia entre el valor fenotípico de la F_1 y el valor del progenitor medio o del mejor progenitor expresado en porcentaje (Falconer y Mackay, 1996). García *et al.* (2003) mencionan que el éxito del mejoramiento por hibridación en jitomate depende de la adecuada selección de los parentales, mientras más contrastantes sean los parentales se espera que sus combinaciones híbridas manifiesten un alto grado de heterosis con posibilidades de ser explotadas para la producción de semilla comercial. Por todo lo antes mencionado, los objetivos del presente trabajo fueron:

OBJETIVOS

Evaluar el rendimiento y las características de calidad de fruto en híbridos experimentales de jitomate de material élite por variedades nativas.

Estimar la depresión endogámica en la generación F₂ de híbridos intervarietales experimentales derivados de material élite por variedades nativas.

Estimar la aptitud combinatoria general (ACG) en nueve líneas y tres probadores, así como la aptitud combinatoria específica (ACE) en 23 cruzas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en variables de rendimiento y de calidad

Estimar los efectos de heterosis promedio de 23 cruzas y sus respectivas generaciones filiales (F₂) en variables de rendimiento y calidad de fruto.

HIPÓTESIS

Es posible generar nuevas combinaciones genéticas con alto potencial en rendimiento y de excelente calidad al utilizar la hibridación de jitomate élite por variedades nativas, observando diferentes grados de depresión endogámica, heterosis, ACG y ACE en líneas, probadores y generaciones filiales tempranas, esto nos permitirá identificar y seleccionar genotipos con caracteres sobresalientes en rendimiento y calidad de fruto.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y distribución

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es originario de las costas de Perú, Ecuador, Chile, Colombia y Bolivia, ya que ahí es considerado su centro de origen y diversidad (Benavides *et al.*, 2010; Robertson y Labate, 2007), debido a que ahí se puede encontrar la mayor variabilidad genética y los tipos de parientes silvestres de esta especie (Valadez, 2001); pero México es considerado centro de domesticación y también de diversificación (Jenkins, 1948; Rick y Forbes, 1975; Rick1, 976), debido a que aquí se puede encontrar una gran cantidad y diversidad de especies cultivadas, semicultivadas o de recolección de jitomate en regiones Tropicales y Subtropicales (Hernández y León, 1994), donde sobresale la región de Mesoamérica, propuesta por Vavilov (1992), considerada como el lugar de origen de la agricultura (Harlan, 1971; Smith, 1994). Por lo que es posible encontrar la mayor diversidad morfológica de materiales nativos y silvestres de México (Bukasov, 1981).

Pratta *et al.* (2000) mencionan que *S. lycopersicum* casi siempre es utilizado como fuente de resistencia a enfermedades, así como también para incrementar la calidad de fruto, etc. *Solanum lycopersicum* L. es considerada la especie que más se utiliza para la obtención de variedades mejoradas, por su alta demanda y distribución a nivel mundial, perteneciente a la familia de las solanáceas y esta es la taxonomía más aceptada (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995; Peralta *et al.*, 2005; Peralta *et al.*, 2007).

Importancia del jitomate en México

Los principales países con mayor producción de jitomate a nivel mundial son China, India, Estados Unidos, Turquía, Egipto, mientras que México ocupa el décimo lugar. Cabe mencionar que en el 2014 China fue el país con la mayor producción de jitomate en el mundo, con el 30.8%, y México solo aportó el 2.1% de la producción mundial (FAO, 2014), debido a que la producción en promedio es de 3.5 toneladas por hectárea. Pero a pesar de la poca producción que tiene nuestro país a nivel mundial, esta

hortaliza es de gran importancia para nuestro país por la superficie cultivada con respecto a otros cultivos; también genera muchas fuentes de trabajo y divisas. El jitomate es la segunda hortaliza que más se cultiva en la mayoría de los estados del país, siendo los estados de Sinaloa (551 mil toneladas), San Luis Potosí (296.8 toneladas), Baja California (225.9 mil toneladas), Zacatecas (185.2 mil toneladas) y Michoacán (178.2 mil toneladas) los principales estados productores, con el 52 % del volumen nacional (SAGARPA, 2016).

Los principales países consumidores de esta hortaliza son Estados Unidos (40.4 kg), China (31.1 kg) e India (12.9 kg). En México, el consumo *per cápita* es de 13.8 kilogramos. Datos de SAGARPA indican que las exportaciones de jitomate en 2016 alcanzaron los mil 773 millones de dólares. Un aspecto importante es que esta hortaliza se produce durante todo el año, siendo los meses de febrero, marzo y noviembre cuando se cultiva el 33.7 por ciento del volumen anual.

El jitomate para su consumo y comercialización debe cumplir con ciertos parámetros de calidad, como son color, sabor, consistencia, vida de anaquel y tamaño (Jones, 1999; Batu, 2004). Además, Muñoz *et al.* 1995 clasifica a las variedades de jitomate según su grado de precocidad, número de días a su cosecha a partir del trasplante, pudiendo ser de madurez temprana (55-65 días), madurez intermedia (66 a 80 días), y tardíos que requieren más de 80 días después del trasplante.

Mejoramiento genético en jitomate

La variación genética en el jitomate cultivado es muy limitada, por ello los mejoradores han utilizado germoplasma exótico para identificar genes de interés, e introducirlos a las variedades comerciales o generar nuevas variedades a partir de especies silvestres (Rick, 1986; Rick *et al.*, 1987). El mejoramiento genético se ha dirigido hacia características de calidad del fruto, tolerancia a estrés abiótico como sequías, temperaturas extremas, sales, etc., y resistencia a las plagas y enfermedades.

Lindhout (2005) menciona, que el objetivo primordial del mejoramiento genético es incrementar los rendimientos del cultivo, la calidad de fruta y el color (Berry y Uddin, 1991; Chalukova y Manuelyan, 1991), que son atributos adecuados para la industria (Berry y Uddin, 1991; Lukyanenko, 1991), manteniendo bajos costos de producción (Lindhout, 2005).

Moreno *et al.* (2010) mencionan que el jitomate ha alcanzado una amplia variedad de formas, tamaños, colores y además cualidades organolépticas de sabor, textura y dureza, que corresponden a la demanda del mercado para fresco o procesado. Algunos de los estudios realizados en esta especie han sido poco dirigidos al mejoramiento genético.

En el germoplasma autóctono mexicano se observa una gran variedad de formas y tamaños, como los frutos tipo ‘pimiento’ o ‘arriñonados’, ‘ojos de venado’, y ‘cherry’, los cuales son muy demandados por los consumidores locales (Ortega *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2006; Lobato *et al.*, 2012) y que han sido estudiados y en algunos casos han sido seleccionados para incorporarlos a programas de mejoramiento (Martínez Vázquez *et al.*, 2016). Brush (1992 y 1995) menciona que en poblaciones nativas se debe explotar la gran diversidad de formas, colores, tamaños que existen, los cuales difieren dependiendo de la región donde se desarrollen.

Las variedades actuales son derivadas de cruzas entre híbridos genéticamente relacionados, lo cual disminuye la variación genética en los cultivares modernos limitando su mejoramiento genético (Fridman *et al.*, 2000; Bai y Lindhout, 2007; Tanksley y Mc Couch, 1997), lo cual disminuye la posibilidad del fenómeno de heterosis. Dentro de algunos estudios realizados en jitomate sobre el mejoramiento genético de esta especie se encuentran los realizados por Moreira *et al.* (2003), donde calcularon la heterosis y habilidad combinatoria en 5 progenitores y sus 10 cruzas de jitomate con adaptación a altas temperaturas, encontrando que los híbridos superaron a sus progenitores en rendimiento, y obtuvieron frutos de tamaño grande y mediano, sugiriendo la presencia de efectos no aditivos, mencionando que la presencia de

heterosis en híbridos de jitomate está asociada con un incremento de la biomasa de la planta y por lo tanto en la producción de frutos. En otro estudio similar, realizado por Hannan *et al.* (2007), utilizaron 10 progenitores y 45 cruzas de jitomate, donde encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los genotipos para componentes de rendimiento, de estos híbridos tres fueron seleccionados por su alto comportamiento heterótico. Sánchez *et al.* (2010) evaluaron los efectos genéticos de cuatro progenitores y seis cruzas directas de jitomate, tanto en campo como en invernadero para variables de rendimiento y calidad, encontrando diferencias en el análisis de varianza combinado ($p \leq 0.01$) entre ambientes para peso promedio de fruto y rendimiento, así como diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para días al primer corte.

Vásquez *et al.* (2010) colectaron 16 poblaciones de jitomate nativo, y posteriormente realizaron su caracterización en invernadero, donde evaluaron caracteres morfológicos y agronómicos de un grupo contrastante, midieron caracteres cuantitativos y cualitativos de planta, hoja, flor, fruto y el rendimiento, encontrando que los caracteres cualitativos mostraron las diferencias fenotípicas entre los grupos formados, mientras que para los caracteres cuantitativos el análisis de varianza detectó diferencias significativas para doce caracteres, siendo el rendimiento del jitomate nativo el que igualó el rendimiento del testigo comercial tipo “saladette”.

Mendoza de Jesús *et al.* (2010) estimaron los efectos de aptitud combinatoria tanto maternos como recíprocos, así como los diferentes tipos de heterosis asociados a las cruzas entre nueve híbridos comerciales de cruce simple de jitomate tipo “saladette” de crecimiento indeterminado, encontrando seis cruzas que igualaron la vida de anaquel de sus progenitores y superándolos en rendimiento total de fruto con efectos de heterosis respecto al mejor progenitor. Un híbrido mostró valores altos de ACG para el rendimiento total, señalando que en los genotipos pueden explotarse sus atributos de aptitud combinatoria y porción aditiva, para emplearse como variedades.

Por su parte Martínez-Solís *et al.* (2013) evaluaron los niveles de heterosis intervarietal para cruzas entre híbridos de jitomate de hábito determinado e indeterminado tipo “saladette” con el objetivo de identificar aquéllos con buen potencial para ser utilizados como progenitores originales dentro de programas de mejoramiento. Encontraron híbridos de hábito determinado (DG05) como indeterminados (DG03) con buena aptitud combinatoria y alta heterosis intervarietal para peso de fruto, así como híbridos con alta ACG, por lo que ambos híbridos tienen potencial para ser utilizados como materiales base para programas de mejoramiento por hibridación y selección.

Hernández-Leal *et al.* (2014) evaluaron el rendimiento de fruto por planta y sus componentes de rendimiento, además la calidad de siete híbridos de jitomate tipo “saladette” y sus respectivas F₂s, donde encontraron que los promedios de las generaciones filiales mostraron diferencias significativas para peso total de fruto en cinco de los siete híbridos evaluados, e identificaron un genotipo que en la generación F₂ tuvo valores similares a la generación F₁ en rendimiento y calidad, observando un amplia variación genética en sus segregaciones.

Hernández-Bautista *et al.* (2014) realizaron cruzas interespecíficas entre *S. pimpinellifolium* y *S. lycopersicum*, con los objetivos de estimar el grado de dominancia, heterosis, heredabilidad en sentido amplio (H₂), y medir la variación fenotípica entre progenitores, encontrando diferencias significativas en los progenitores para la mayoría de las variables evaluadas; el tamaño de fruto y la precocidad presentaron un grado de dominancia hacia la especie *S. pimpinellifolium*, mientras que en los °Brix expresó aditividad; las variables relacionadas con el tamaño-peso de fruto presentaron un grado de heredabilidad (H²) alto (>0,88), al igual que °Brix (0,86).

Hernández-Martínez *et al.* (2016) determinaron los efectos genéticos e identificaron genotipos con potencial de rendimiento en ocho variedades de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y sus respectivos híbridos F₁, encontrando significancia en las fuentes de variación de genotipos, variedades, heterosis,

heterosis promedio, heterosis varietal y heterosis específica para la mayoría de las variables analizadas, encontrando que las variedades IR9 e IR13 mostraron el mayor efecto de ACG y los híbridos IR14*D6, IR13*D4 y D4*D3 presentaron altos valores de ACE para rendimiento.

Martínez-Vázquez *et al.* (2016) evaluaron el comportamiento heterótico de 40 cruzas formadas entre líneas derivadas de jitomate nativo mexicano tipo “pimiento” y líneas derivadas de híbridos comerciales tipo “saladette”, para identificar germoplasma con alto potencial de rendimiento y heterosis. Las variables que se registraron fueron peso total de fruto (PTF), peso promedio de fruto (PPF), número total de frutos (NTF), firmeza del fruto (FF), número de flores del tercer racimo (NFR3), número de racimos por planta (NRP) y días a floración del primer racimo (DF1). Encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos, cruzas, líneas y grupos para la mayoría de las variables. Se observaron valores positivos de heterosis media para la mayoría de las variables, el rango de heterosis media observada en rendimiento fue de -21.8 a 111.2 %, mientras que para PPF fue de -13 a 80.7 %.

Depresión endogámica

La depresión endogámica es resultado del apareamiento entre individuos relacionados genéticamente (Reyes, 1985); es la reducción del valor fenotípico expresada por los caracteres relacionados con la capacidad reproductiva o eficiencia fisiológica (Falconer, 1989); y resulta de la combinación de alelos recesivos deletéreos y/o letales (Lamkey y Edwards, 1999). Se ha observado en campo reducciones en la producción de semillas, fertilidad del polen, tasa de crecimiento, tamaño y vigor de las plantas, mayor susceptibilidad al ataque de las plagas, etc. (Allard, 1960; Hallauer y Miranda Filho, 1988), y se espera que esta varíe dentro de las poblaciones, esto es que en genotipos de una población tengan diferentes valores medios fenotípicos de endogamia. La depresión endogámica de un híbrido se obtiene como la diferencia en rendimiento entre la F_1 y la F_2 y se expresa en porcentaje con respecto a la F_1 . La depresión

endogámica de la F₁ de cruza simple también es explicable en términos de la ACG de las líneas y de la ACE de las cruza (Escorcia-Gutiérrez *et al.*, 2010).

La obtención de líneas endogámicas puede lograrse mediante la autofecundación de plantas durante varias generaciones, generando líneas endogámicas que muestran reducido vigor híbrido y fertilidad en cultivos alógamas. Cuando las líneas endogámicas llegan a ser líneas puras, en el caso de autógamias, no hay reducción marcada del vigor.

La depresión endogámica es medida como:

$$\%DE = [(F_1 - F_2) / F_1] * 100$$

Dónde:

%DE= depresión por endogamia media en porcentaje

F₁ = Media de la población original.

F₂ = Media de la población mejorada.

Multiplicada por (-1) para indicar una disminución de la magnitud de la variable a evaluar (Hernández-leal *et al.*, 2013).

Heterosis en jitomate

La heterosis se refiere al fenómeno en el que un híbrido es superior a sus padres para un rasgo en particular (Shull, 1908; East, 1936) o el exceso de vigor híbrido de la F₁ de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores (Gowen, 1952), y se manifiesta con mayor fuerza en la F₁ y disminuye progresivamente en las siguientes generaciones de autofecundación. También conocida como vigor híbrido, la heterosis es causada por la heterocigosidad; esta es la base del mejoramiento genético por hibridación y fue observado por Darwin en 1871 (Wallace y Brown, 1956). Miranda (1997) afirma que la expresión de la heterosis es menor en cruzamientos entre poblaciones de polinización abierta de base genética amplia y a mayor variabilidad genética dentro de las poblaciones (Han *et al.*, 1991). Guerrero

et al. (2012) mencionan que la información de la respuesta heterotica es un requerimiento importante, ya que ello se incrementa la eficiencia en la hibridación, dada la importancia de combinar progenitores endogámicos y no endogámicos, o la combinación de ambos. Por su parte, Stern (1948) considera que la heterosis también puede ser negativa y agronómicamente puede ser útil, como es el caso para los días a floración, ya que esto implicaría cultivos más precoces. Valores bajos o negativos de heterosis pueden deberse a que la diversidad entre las poblaciones es insuficiente y a mayor variabilidad genética dentro de sus poblaciones (Han *et al.*, 1991).

Las cruas dialélicas también son empleadas para el estudio de la heterosis. Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967) propusieron un modelo que considera los efectos de cada progenitor y los efectos de la heterosis por separado. A su vez, clasificaron los efectos de la heterosis en tres tipos: a) la heterosis media (diferencia entre el promedio de las cruas y el de sus progenitores); b) la heterosis varietal (heterosis promedio), y c) la heterosis específica de cada combinación particular de progenitores (Mendoza, 2010).

La heterosis se calcula como la diferencia entre el valor fenotípico de la F_1 y el valor del progenitor medio o el del progenitor superior expresada en porcentaje con respecto al progenitor medio o del progenitor superior (Falconer y Mackay, 1996).

Existen cuatro métodos de análisis dialélicos propuestos por Griffing (1956), el método 1 involucra a los padres, cruas directas y recíprocas (p^2 combinaciones, donde p =número de líneas o genotipos); el método 2 considera a los padres y las cruas directas ($p(p+1)/2$); el método 3 involucra solo cruas directas y recíprocas ($p(p-1)$ combinaciones); el método cuatro considera solamente a las cruas directas ($p(p-1)/2$ combinaciones), además estos métodos pueden incluirse en el marco de dos modelos, el de efectos fijos (genotipos específicos) y el de efectos aleatorios, en donde los genotipos participantes representan una muestra aleatoria de una población determinada; en jitomate normalmente es utilizado el modelo de efectos fijos.

Modelo I: De efectos fijos, que estima los efectos genéticos como ACG y ACE, pero no se pueden determinar heredabilidad, ni componentes de varianzas genéticas, esto a través de la selección deliberada de progenitores que constituirán el material *per se* y no hay población de referencia para realizar inferencia de ningún tipo.

Modelo II: modelo aleatorio, en este modelo se estiman componentes de varianza y heredabilidad, debido a que los progenitores constituyen una muestra aleatoria de genotipos pertenecientes a una población de referencia sobre la que se realizaran ciertas inferencias.

Aptitud combinatoria general (ACG) y Aptitud combinatoria específica (ACE).

El objetivo del mejoramiento genético es la generación de cultivares o variedades mejoradas tomando en cuenta las características agronómicas, económicas y de calidad tomando en cuenta las necesidades de los productores; Mendoza (2010) menciona que un punto de gran importancia es la selección de progenitores que reúnan los atributos deseables, así como la capacidad de transmitirlos a sus progenie y una forma de generar información sobre el desempeño del cruzamiento de los progenitores es mediante el uso de dialélicos (Griffing, 1956); esto con el fin de seleccionar las cruza más sobresaliente en un experimento (Mastache, *et al.*, 2003). Esta información conduce a la estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG), la cual indica el comportamiento promedio de un progenitor en los híbridos que forma e identifica los progenitores con capacidad de transmitir sus caracteres deseables a su descendencia; y la aptitud combinatoria específica (ACE), que muestra las mejores o peores combinaciones híbridas originadas de cruzamientos entre variedades, líneas o poblaciones (Hernández-Martínez *et al.*, 2016). Cuando los valores de ACG son mayores que los de ACE significa la supremacía de los efectos aditivos. En caso contrario, son más importantes los efectos de dominancia no-aditivos (Peña *et al.*, 1999; Elizondo, 2000; Espitia *et al.*, 2006).

La aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) son los parámetros genéticos más utilizados para identificar genotipos con características sobresalientes, propuestos por Sprague y Tatum (1942), Haynman (1954), Griffing (1956) o Gardner y Eberhart (1966), logrando una mayor eficiencia al seleccionar líneas o genotipos provenientes de una serie de cruzamientos dialélicos.

Líneas con alta ACG en rendimiento contienen genes de efectos aditivos que se expresan favorablemente y pueden ser usados como progenitores de híbridos. Moncada (2011) menciona que un híbrido de cruce simple puede ser de alto rendimiento si sus dos líneas progenitoras poseen una alta ACG.

La evaluación de ACG y ACE mediante cruzamientos dialélicos incrementa la eficiencia en la selección de progenitores, identificando fuentes de germoplasma útiles en programas de mejoramiento genético (Castañón-Nágera *et al.*, 2005).

En México el mejoramiento genético de jitomate está encaminada a generar materiales sobresaliente en variables de rendimiento y precocidad, haciendo a un lado caracteres de calidad, a pesar de que nuestro país es fuente de gran variabilidad de materiales semicultivados se debería enfocar la atención a hacer uso de este germoplasma utilizando las herramientas o parámetros genéticos que se mencionan en esta investigación, así mismo se podrían generar materiales de gran importancia para que sean más accesibles estos materiales para para los pequeños como medianos productores pueden hacer uso de ello.

BIBLIOGRAFÍA

Allard R W (1960) Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. New York. London 485 p.

Bai Y. and Lindhout P. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.

Batu A. (2004) Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 62:472-475.

- Benavides G. A; Cisne C. J; Querol L. D. 2010.** Rescate, conservación y manejo sostenible del teocintle de Nicaragua (*Zea nicaraguensis* ILTIS & BENZ). Informe DRP. UNA-FAO. Managua, Nicaragua, 109 p.
- Berry, S. Z. and Uddin, M. R. (1991)** Breeding tomato for quality and processing attributes, In *Genetic Improvement of Tomato Monographs Theoretical and applied Genetics*, Kallou, G. Ed., Vol. 14, Berlín: Sprimger-Verlag, p. 197.
- Bukasov S. M. 1981.** Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 173 p.
- Brush S. B. 1992.** Ethnoecology, biodiversity, and modernization in Andean potato agriculture. *Journal of Ethnobiology*. 12:161-185.
- Brush S. B. 1995.** In Situ Conservation of Landraces in Center of Crop Diversity. *Crop Science*. 35:346-354.
- Castañón-Nágera G, L Latournerie -Moreno, M Mendoza-Elos (2005)** Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Grifing. *Universidad y Ciencia* 21:27-35
- Chalukova, M.; Manuelyan, H. (1991)** Breeding for carotenoid pigments in tomato, pp 179. *In: Genetic Improvement of Tomato Monographs Theoretical and Applied Genetics*. KALLOO, G. (ed.). Springer-Verlag. USA.
- De Giglio M A (2003)** Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta Horticulturae* 611:91-92.
- De Vicente M C, S D Tanksley (1993)** QTL analysis of transgressive segregation in an interespecific tomato cross. *Genetics* 134:585-589.

EAST, E. M. 1936. Heterosis. *Genetics* 21: 375–397.

Escorcia-Gutiérrez N, J D Molina-Galán, F Castillo-González, y J A Mejía-Contreras (2010)

Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruas simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33: 271-279

Esquinas-Alcázar J. y Nuez F. (1995) situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En:

Nuez V., F., Rodríguez Del R., A., Tello, J., Cuartero, J. y Segura. B. (eds). El cultivo del Tomate, pp 11-42. Nuez F. ed Mundi-Prensa. Madrid.

Elizondo, B. J. 2000. Aptitud combinatoria de 13 genotipos de soya en siembra de invernadero en el

sur de Tamaulipas. In: Memoria de XVIII Congreso Nacional de Fitogenetica. Zavala, G. F.;

Ortega, P. R.; Contreras, J. A.; Benítez, R. I. y Guillen, A. (Eds.). Irapuato. Guanajuato. 84 p

Espitia, M. M. C.; Vallejo, F. F. A. C. y Baena, D. G. 2006. Efectos heteròticos y habilidad

combinatoria para el rendimiento por planta en Cucurbita moschata Duch. ExPoir. Rev. Fac. Nal.

Agr. Medellín. 59(01):3105-3121

FAO, Food and Agriculture Organization (2014) Organización de las Naciones Unidas para la

Agricultura y la Alimentación. Disponible en: www.apps.fao.org. (Marzo 2017).

Falconer, D. S. (1989) Introduction to Quantitative Genetics. Third edition. Longman. 438 p.

Falconer D S, T F C Mackay (1996) Introduction to Quantitative Genetics. Fourth Edition Longman.

Essex, England. pp:254- 256.

Fridman E., T. Pleban y D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative

trait locus for tomato sugar content to 484bp within an invertase gene. Proceedings of the National

Academy of Sciences of the United State of America. 97:4718-4723.

- García, D. B., Cabrera, F. A. V., & Salazar, E. I. E. (2003).** Avance generacional y selección de líneas promisorias de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tipos chonto y milano. *Acta Agronómica*, 52(1), 1-9.
- Gardner, C. O. (1967)** Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotecnia Latinoamericana* 4(2): 1-12.
- Gardner, C. O. and Eberhart, S. A. (1966)** Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*. 22:439-452.
- Gowen J W (ed) (1952)** Heterosis. Iowa State College Press, Ames. 552 p.
- Guerrero-Guerrero, C., Espinoza-Banda, A., Palomo-Gil, A., Río, G. D., Luna-Ortega, J. G., & Rodríguez-Dimas, N. (2012).** Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza simples con líneas élite de maíz. *Universidad y Ciencia*, 28: 65-77.
- Gur A, Zamir D (2004)** Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *Plos Biology* 2(10), e245.
- Griffing, B. (1956)** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Han, G. C., S. K. Vasal, D. L. Beck, y E. Elias (1991)** Combining ability of inbred lines derived from CIMMYT maize (*Zea mays* L.) germoplasm. *Maydica* 36:57-67
- Harlan, J. R. (1971)** Agricultural origins: centers and noncenters. *Science* 174: 465- 474.
- Hayman, B. I. (1954)** The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*. 10:235-244.
- De Giglio M. A. (2003)** Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta de Horticulturae* 611:91-92
- Hallauer, A.R. Miranda Filho, J. B. (1988)** Quantitative Genetics in maize breeding. Ames: Iowa State University Press, 468.

- Hannan M., M. Biswas., M. Ahmed., M. Hossain., R. Islam (2007)** Combining ability analysis of yield and yield components in Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Rev. Turk. J. Bot. 31(1): 559-563
- Hernández-Bautista A, R Lobato-Ortiz, S Cruz-Izquierdo, J J García Zavala, & J L Chávez-Servia (2014)** Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una cruce interespecífica de jitomate. *INTERCIENCIA*, 39:327-332.
- Hernández-Leal E., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López, A. Méndez-López, O. Bonilla-Barrientos y A. Hernández-Bautista (2013)** Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana 36:209-215.
- Hernández B., J. E. and J. León. (1994)** Neglected crops: 1492 from a different perspective. Botanical Garden of Córdoba, Spain and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 333 pp.
- Hernández Martínez, R., López Benítez, A., Espinoza Velázquez, J., Sánchez Aspeytia, D., Reyes Méndez, C. A., Rojas, G. J. A., & Gordillo Melgoza, F. A. (2016)** Potencial genético y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2).
- Jenkins, J. A. (1948)** The origin of the cultivated tomato. Economy Botany. 2:379-932
- Jones J. B. (1999)** Tomato plant culture. Edit CRC-Press. Ratón, Florida, USA. 199 p.
- Lamkey K, R. Edwards J, W. (1999)** Quantitative genetics in heterosis. In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. COORS J. G.; PANDEY, S. (eds.). American Society of

Agronomy, Inc. & Crop Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, U. S. pp: 31-48.

DOI:10.2134/1999.geneticsandexploitation.c4

Lindhout P. (2005) Genetics and breeding, pp. 20-51. *In: The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement.* ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. (eds) Chapman & Hall, London, England.

Lobato-Ortiz R. Rodríguez Guzmán, J. C. Carrillo Rodríguez, J. L. Chávez Servia. P. Sánchez Peña y A. Aguilar Meléndez (2012) Exploración, colecta y conservación de recursos genéticos de jitomate: avances de la Red de Jitomate. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura (SINAREFI). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca, y Alimentación y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 54 p.

Lukyanenko, A. N. (1991) Breeding tomato for mechanized harvesting, pp. 213. *In: Genetic Improvement of Tomato Monographs Theoretical and Applied Genetics, Vol. 14.* Kalloo, G. (ed.). Springer-Verlag. USA.

Magaña-Lira, N, Peña-Lomelí, A, Sánchez-del Castillo F, Rodríguez-Pérez, J E, y E D C Moreno-Pérez, (2013) Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(4), 371-379.

Martínez-Solís J, A Peña L, J E Rodríguez P, C Villanueva V, J Sahagún C, M G Peña O (2005) Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 2:299-307.

Martínez, R. H., Benítez, A. L., Velázquez, J. E., Aspeytia, D. S., Méndez, C. A. R., Rojas, G. J. A., & Melgoza, F. A. G. (2016) Potencial genéticos y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 349-362.

- Martínez-Vázquez, E A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D Reyes-López, (2016)** Heterosis de cruza entre líneas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista fitotecnia mexicana*, 39:67-77.
- Mastache L., A.; Martínez G., A. (2003)** Un algoritmo para el análisis, estimación y predicción en experimentos dialélicos balanceados. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26(3): 191-200.
- Mendoza-de Jesús, V., Sahagún-Castellanos, J., Rodríguez-Pérez, J. E., Legaria-Solano, J. P., Peña-Lomelí, A., & Pérez-Grajales, M. (2010)** Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladete. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16:57-66
- Miranda Filho, J. B. (1997)** Inbreeding and heterosis. *In: The genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium, CIMMYT México Proceedings.* Madison: Crop Science Society of America.
- Mohamed M F (1998)** Characteristics and inheritance of natural facultative parthenocarpic fruit-set in ‘Nadja’ tomato under low temperature conditions. *Euphytica* 103:211-217.
- Moncada, A. J.M. (2011)** Análisis dialélico de 20 líneas endogámicas de maíz azul en Chapingo, México. UACH. 45p.
- Muñoz, R. M., J. R. Altamirano C., J. Carmona M., J. de D. Trujillo F., G. López C. y A. Cruz A. (1995)** Desarrollo de ventas competitivas en la agricultura: el caso de tomate rojo. Centro de investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma de Chapingo. México. P. 4, 15-19.
- Moreno R. Y., P. Ramírez V., S. Miranda C. y C. Saucedo V. (2010)** Diversidad morfológica de poblaciones de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) nativo de siete regiones del Centro, Sur y Sureste de México. *Agrociencia* (Aceptado en julio de 2010).

- Moreira, C.; Echandi, M. A. y Méndez, C. R. (2003)** Heterosis y habilidad combinatoria en líneas de tomate para mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con adaptación a altas temperaturas. *Revista Agricultura Tropical* 33:51-58.
- Ortega, P. R., M. A. Martínez A. y J. de J. Sánchez G. (2000)** Recursos Fitogenéticos Autóctonos. In: P Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M Livera M., Rincón S. y F. Zavala G. (eds). Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México.
- Peña L., A., J. D. Molina G., J. Ortíz C., S. Cervantes, F. Márquez S. y J. Sahagún C. (1999)** Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Fitotecnia Mexicana* 22:199-212.
- Peralta I. E., Knapp S. y Spooner D. M. (2005)** New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon: Solanaceae*) from Northern Peru. *Sytematic Botany*, 30:424-434.
- Peralta I. E., D. M. Spooner. (2007)** History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Genetic Improvement of Solanaceous Crop, Vol. 2: Tomato. M K Razdan, A K Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp: 1-27.
- Poehlman J M, D S Allen (2003)** Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. D.F., México. pp: 172-176.
- Pratta G., R. Zorzoli y L. Picardi. (2000)** Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon*. Con efectos de calidad de fruto del jitomate. *Plant Genetics Resources Newsletter*. 124: 7-12.
- Reyes, C. P. (1985)** Fitogenética básica y aplicada. AGT Editor. México, D. F., pp 72-269.

- Reyes, L. D., J. Molina, Oropeza M, Moreno E. (2004)** Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:49-56
- Rick C. M., and J. F. Forbes. (1975)** Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. *Bull. Torrey Bot. Club* 102:376-384.
- Rick C M (1976)** Tomato *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). In: *Evolution of Crops Plants*, Simmonds NW (ed.). Longman, London, UK. pp: 268-273
- RICK, C. M. (1986)** Germplasm resources in the wild tomato species, *Acta Horticulturae* 190: 39–47.
- RICK, C. M. (1987)** Genetic resources in *Lycopersicon*, pp. 17-34 In: *Tomato Biology Vol 4. Plant biology*, NEVINS, D. J.; JONES, R. A. (eds.). Alan R. Liss, Inc. New York, USA.
- RICK, C. M. (1987)** Genetic resources in *Lycopersicon*, pp. 17-34 In: *Tomato Biology Vol 4. Plant biology*, NEVINS, D. J.; JONES, R. A. (eds.). Alan R. Liss, Inc. New York, USA.
- Robertson L D, J A Labate (2007)** Genetic resources of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and wild relatives. In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Volume 2. Tomato Science Publishers* (ed.) Enfield, NH, USSA. pp:25-75.
- Rodríguez, R. G., G. R. Pratta, R. Zorzoli y A. L. Picardi. (2006)** Evaluation of plant and fruit traits in recombinant inbred lines of tomato obtained from a cross between *Lycopersicon esculentum* and *L. pimpinellifolium*. *Ciencia e Investigación Agraria*. 33:111-118.
- SAGARPA (2016)** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. p.10. <http://sagarpa.gob.mx> (Agosto 2017)
- Sánchez, A. D.; Borrego, E. F.; Zamora, V. V. M.; Murillo, S. M. M.; Benavides, M. A. y Robledo, T. V. (2010)** Efectos genéticos y heterosis de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en campo e invernadero para rendimiento y calidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1:455-467

- Sistema Integral de la Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2015)** Cierre de la producción agrícola por cultivo “Modalidad riego + temporal”. SAGARPA, D. F., México. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Smith, B.D. (1994)** The origins of agriculture in the Americas. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 3: 174-184.
- Shull, G. H. (1908)** The composition of a field of maize. *Am. Breed. Assoc. Rep.*, 4: 296-301.
- Sprague G E, L A Tatum (1942)** General vs specific combining ability in single-crosses of corn. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Stern, C. (1948)** Negative heterosis and decreased effectiveness of alleles in heterozygotes. *Genetics*, 33: 215.
- Tanksley S. D. y S. R. Mc Couch, (1997)** Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science*. 277:1063-1066.
- Valadez, L, A. (2001)** Libro Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México. D. F. 298 p
- Vásquez O R, J C Carrillo-Rodríguez, P Ramírez-Vallejo (2010)** Evaluación morfo-agronómico de una muestra del jitomate nativo del Centro y Sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8:49-64.
- Vavilov, N. I. (1992)** Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press. New York, USA. 498 p.
- Wallace H A, W L Brown (1956)** The great grandfather of hybrid corn: In: Charles Darwin. Corn and its Early Fathers. The Michigan State University Pres. 134 p.
- Wijnands, J (2003)** The international competitiveness of fresh tomatoes, peppers and cucumbers. *Acta Horticulturae* 611:79-90.

CAPÍTULO II

DEPRESIÓN ENDOGÁMICA EN HÍBRIDOS DE JITOMATE DERIVADOS DE PROGENITORES CON DISTINTO GRADO DE DOMESTICACIÓN

RESUMEN

En México, el mejoramiento genético del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es desarrollado principalmente por empresas transnacionales, por lo que las semillas de los híbridos comerciales disponibles en el mercado nacional son de importación y por lo tanto caros, pues se cotizan en dólares o euros. El presente estudio tuvo como objetivos: i) evaluar el rendimiento y características de calidad de fruto en híbridos experimentales de jitomate de material élite por nativo, y ii) estimar efectos de depresión endogámica en la generación F₂ de los híbridos. Se evaluaron 23 híbridos (F₁) y sus respectivas generaciones F₂. El experimento se estableció en el ciclo P-V de 2016 bajo invernadero en el Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y 10 plantas por repetición. Se midieron siete variables y se realizaron análisis de varianza, una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), y un análisis de contrastes para comparar los promedios de las cruzas F₁ vs. F₂. La depresión endogámica (DEP, en %) se estimó como $(F_1 - F_2) / F_1 (-1)$. La depresión endogámica observada en la mayoría de las cruzas y variables evaluadas fue relativamente baja y no significativa en comparación con la reducción porcentual que se manifiesta en generaciones avanzadas de híbridos comerciales en otros estudios. Se presentó segregación transgresiva en la F₂, ya que algunas F_{1s} fueron mejores que sus F₂, como fue el caso de LOR85*L F₂, que rindió 68% más que su F₁. Los resultados indicaron que las generaciones avanzadas de cruzas intervarietales pueden ser una alternativa viable para la producción de jitomate para pequeños y medianos productores, ya que en general no mostraron depresión endogámica en características de rendimiento y calidad, lo que les permitiría un ahorro económico al sembrar semilla F₂. **Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*, calidad de fruto, depresión endogámica, cruzas intervarietales, rendimiento.

ABSTRACT

In Mexico, tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding is mainly developed by transnational companies, so much of the seed of commercial varieties available in the national market are imported and expensive, since they are quoted in dollars or euros. The objectives of this study were: i) to evaluate yield and fruit quality traits in experimental hybrids formed with elite and native lines, and ii) to estimate the effects of inbreeding depression on the F2 generation of the hybrids. Twenty-three hybrids (F1), as well as their respective F2 generations were evaluated. The experiment was carried out in 2016 in a greenhouse at the Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, State of Mexico, in a randomized complete block design with three replications and 10 plants per replication. Seven traits were measured and an analysis of variance was performed as well as a Tukey's test mean comparison ($P \leq 0.05$) and a contrast analysis to compare the averages of the F1 vs. F2. Inbreeding depression (DEP, in %) was estimated as $(F1-F2) / F1 * -1$. The inbreeding depression observed in most of the crosses and variables evaluated was relatively low and not significant compared to the percentage reduction that manifests in advanced generations of commercial hybrids in other studies. There was a transgressive segregation in F2, since some F1s were better than their F2, as was the case of LOR85 * L F2, which yielded 68% more than its F1. Results indicated that advanced intervarietal crosses of tomato could be a viable alternative for tomato production by small and medium scale tomato growers, as they expressed no inbreeding depression in quality and yield characteristics. This could allow producers to save money by using F2 seed for tomato production.

Key words: *Solanum lycopersicum*, inbreeding depression, intervarietal crosses, yield, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo, rebasando 3 millones de hectáreas cosechadas anualmente (FAO, 2014). Los principales países productores de jitomate son China, India, Estados Unidos y Turquía (SIAP, 2015). En el mundo, México ocupa la décima posición en producción, con 3.4 millones de toneladas anuales y es el tercer país exportador de esta hortaliza, principalmente a los Estados Unidos que demanda el 90 % (FAO, 2014).

El jitomate en México es un cultivo de suma importancia económica, pues ocupa el segundo lugar entre las hortalizas que se producen, y además representa una de las fuentes de empleo rural más importantes debido al uso de mano de obra. El SIAP (2015) reportó que la producción de jitomate en México fue de 3.4 millones de toneladas en una superficie cercana a las 80 mil hectáreas, donde cerca del 70% de la producción nacional se concentra en los estados de Sinaloa, Baja California, San Luís Potosí y Michoacán. Principalmente en estos estados, la producción de esta hortaliza se ha incrementado aceleradamente durante los últimos años, debido al uso de cultivares híbridos que han destacado por su mayor rendimiento, resistencia a enfermedades, calidad de fruto, y vida de anaquel (Gur y Zamir, 2004).

A nivel mundial, el mejoramiento genético de jitomate es desarrollado principalmente por empresas transnacionales, por lo que las semillas que venden tienen un alto valor económico, dependiendo de cada casa comercial (Scott, 2008). Por este altísimo costo, a la mayoría de los pequeños y medianos productores se les dificulta obtener semillas híbridas de empresas extranjeras (Juárez *et al.*, 2000). Esta situación obliga a estos productores a recurrir al uso de semilla de la segunda generación filial (F₂) para ahorrar dinero, suponiendo que el rendimiento es similar al del híbrido F₁ (De Miranda y Anderson, 2001). Al respecto, Mohamed (1998) menciona que en la segunda generación filial pueden aparecer plantas de jitomate con la misma apariencia que los híbridos e inclusive plantas con mayor rendimiento, estas últimas debido a la segregación transgresiva (Shivaprasad *et al.*, 2012; Magaña-Lira *et al.*, 2013).

Esta situación explica por qué algunos agricultores obtienen rendimientos en la generación F₂ similares a los de la F₁.

Los grados de depresión endogámica y segregación transgresiva varían de población en población, pues no siempre se observan los mismos porcentajes de reducción e incremento del rendimiento. Al respecto, Martínez-Solís *et al.* (2005) estudiaron la depresión endogámica en 37 híbridos comerciales de jitomate y observaron que la mayoría de las poblaciones F₂ exhibieron valores bajos de depresión endogámica (< 10 %) en rendimiento, mientras que la segregación transgresiva mostró valores cercanos a 35 %. Por su parte, Shalaby (2013) encontró una reducción promedio en el rendimiento del 23 % en una población F₂ originada de la cruce entre CastleRock × CLN2498E. En contraste, Hernández-Leal *et al.* (2013), evaluando siete híbridos de jitomate tipo ‘Saladatte’ y sus F₂s, reportaron reducciones en el rendimiento superiores al 50 %, e incrementos debidos a segregación transgresiva de hasta 10 %.

Una manera de obtener material genético mejorado de jitomate en el corto y mediano plazo para los pequeños y medianos productores de México, es a partir de cruces intervarietales entre materiales elite por nativos o entre variedades locales (Martínez-Vázquez *et al.*, 2016; Martínez-Vázquez *et al.*, 2017). De esta forma, se aprovecha la amplia variabilidad genética presente en los diversos materiales nativos mexicanos para obtener híbridos con altos rendimientos y características novedosas.

Por otro lado, el efecto de la depresión endogámica en híbridos comerciales de jitomate ha sido previamente estudiado (Martínez-Solís *et al.*, 2005; Magaña-Lira *et al.*, 2013); no obstante, los estudios de efectos genéticos en híbridos derivados de material elite por nativo son limitados. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivos: i) evaluar el rendimiento y características de calidad de fruto en híbridos experimentales de jitomate de material elite por variedades nativas, y ii) estimar depresión endogámica en la generación F₂ de híbridos intervarietales experimentales derivados de material elite por variedades nativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético evaluado estuvo constituido por 23 híbridos (F_1) provenientes del cruzamiento entre nueve líneas avanzadas S_5 de jitomate nativo tipo “pimiento o cuadrado” (LOR-79, LOR-81, LOR-82, LOR-85, LOR-91, LOR-95, LOR-97, LOR-103 y LOR-111) y tres líneas avanzadas (L, C, R) S_5 tipo “saladette” derivadas de híbridos comerciales, aunque la línea R solo se cruzó con cinco líneas de las nueve (LOR-79, LOR-81, LOR-91, LOR-95, LOR-103). Las líneas nativas fueron generadas por medio de autofecundación y selección individual (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014), mientras que las líneas tipo “saladette” fueron derivadas bajo la metodología de pedigrí (Hernández-Leal *et al.*, 2013). En el experimento también fueron incluidas las respectivas generaciones F_2 de los híbridos experimentales, y como testigo se incluyó un híbrido comercial ‘El Cid’, teniéndose un total de 47 genotipos en el experimento (23 F_{1s} , 23 F_{2s} y un testigo comercial).

El experimento se estableció en el ciclo de cultivo primavera–verano de 2016 en un invernadero del Colegio de Posgraduados, ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 30” N y 98° 53” O, a una altitud de 2250 m). La siembra se realizó el 3 de febrero en charolas de polipropileno de 200 cavidades, depositando dos semillas por cavidad en sustrato peat most; las charolas fueron regadas a capacidad de campo y posteriormente cubiertas con plástico negro para favorecer la germinación; el trasplante se realizó el 18 de marzo de 2016 (45 d después de la siembra), utilizando bolsas de polietileno (40 x 40 cm) rellenas con tezontle rojo como sustrato.

Diseño experimental

Los genotipos se evaluaron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones y 10 plantas por repetición. Las plantas se manejaron a un solo tallo y se tutoraron con hilo de rafia, para posteriormente realizar dos cortes de frutos, uno el 27 de junio y otro el 4 agosto de 2016.

Manejo del cultivo

Se aplicó la solución nutritiva de Steiner (1984) modificándola según las etapas fenológicas de los genotipos, primero a una concentración de 50 % por planta antes de la floración, posteriormente se incrementó la concentración al 100 %, realizando cuatro fertirriegos al día durante el ciclo; el pH de la solución se mantuvo entre 5.5 y 6.0. Para la prevención y control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) (Hemiptera, Aleyrodidae) y paratrioza (*Bactericera cockerelli*) se realizaron aplicaciones periódicas de Confidor® (imidacloprid) y Ampligo® (lambda cyalotrina y clorantraniliprol). Para enfermedades fungosas como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) se realizaron aplicaciones periódicas de Captan® (captan), Cupravit® (oxicloruro de cobre) y Ridomil Gold® (Metalaxil).

Variables medidas

De cada material genético se registró información del peso total de frutos por planta (PTF, en g), peso promedio de fruto (PPF, en g), número total de frutos por planta (NTF), días a floración del tercer racimo (DFR3), contenido de sólidos solubles totales (SST, en grados brix, °Bx), número de lóculos (LOCU) y firmeza del fruto (FIR, en Newtons -N-), esta última fue medida con un texturómetro universal marca FORCEFIVE® con un puntal cónico de 0.8 mm, modelo FDV-30 (Greenwich, EE. UU). Las variables PPF, SST, LOCU y FIR se obtuvieron de una muestra de tres frutos representativos por planta. Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro digital marca PAL-1® (Tokio, Japón) de rango 0.0 a 53.0 °Brix.

Análisis estadístico

Para cada variable se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), usando el programa estadístico SAS V.9.0 (SAS Institute, 2002). Los datos se analizaron mediante el modelo lineal general (PROC GLM). También se usó el procedimiento CONTRAST para comparar los promedios de las cruzas F_1 con los de sus respectivas generaciones F_2 .

La depresión endogámica (DEP, en %) se calculó con la diferencia de promedios $(F_1 - F_2) / F_1$, expresada en porcentaje (Escorcía *et al.* 2010), y multiplicada por (-1) para indicar una disminución de la magnitud de la variable a evaluar (Hernández-Leal *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza detectó alta significancia ($P < 0.01$) entre genotipos para todas las variables, excepto para DFR3 que tuvo significancia a $P < 0.05$ (Cuadro 2.1). Al partir los genotipos en generaciones, tanto entre genotipos F_1 como entre genotipos F_2 hubo significancia para todas las variables, excepto para DFR3 que resultó no significativa en ambas particiones. El contraste F_1 vs F_2 resultó significativo solo para las variables PT, NF DFR3 y SST. Estos resultados indican que entre los materiales evaluados existen diferencias fenotípicas y genotípicas para las variables evaluadas, y que se podrá discriminar entre genotipos F_1 y F_2 para algunas de las variables. Los coeficientes de variación tuvieron valores de 6.5 a 19.3 %, por lo que se considera aceptable el control de la variación experimental de este trabajo.

Cuadro 2.1. Cuadrados medios de siete variables de cruza de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), sus generaciones filiales F₁ y F₂, y del contraste F₁ vs F₂. Montecillo, 2016.

F.V.	G.L.	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
Rep	2	5.023**	203.273	263.565**	0.611	0.085	0.211*	0.085*
Gen	46	0.982**	855.399**	88.657**	19.051*	0.192**	0.198**	0.067**
F ₁	23	1.186**	691.597**	94.469**	10.507	0.146*	0.189**	0.103**
F ₂	23	0.817**	1075.413**	82.932**	22.764	0.196**	0.208**	0.049*
F ₁ vsF ₂	1	4.854**	175.236	237.270*	133.800**	1.178**	0.0145	0.032
Error	134	0.388	251.045	34.888	10.793	0.071	0.063	0.024
C.V.		19.3	14.5	14.9	7.5	6.5	9.7	12.8

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$ y a $P \leq 0.01$, respectivamente. F.V.= Fuentes de variación; GL = grados de libertad. Rep= Repeticiones; Gen= Genotipos; F₁, F₂= Generación filial (En el análisis estadístico de cada generación filial se incluye al testigo, dando un total de 24 genotipos); PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF = peso promedio de fruto (g); DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto, CV= Coeficiente de variación.

La comparación de medias entre las generaciones F₁ y sus respectivas F₂, considerando todos los genotipos en cada generación, indica que hubo diferencias significativas para las variables PT, NF, y SST, resultando mayor la F₁ para las dos primeras, mientras que la F₂ sobresalió en SST (Cuadro 2.2). Ambas generaciones filiales fueron similares en PPF, DFR3, LOCU y FIR, por lo que para estas variables no se observaron diferencias significativas entre sembrar una generación u otra, indicando esto que de manera general los productores de jitomate podrían sembrar la semilla F₂, tomando en consideración que los valores de variables como el PPF se mantendrían de una generación a otra, así como la firmeza del fruto y los días a floración, aunque se cosecharía menos, pero con más SST.

Cuadro 2.2. Prueba de medias para siete variables de híbridos de jitomate y sus respectivas generaciones filiales.

GFIL	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
F1	3.387a	109.693a	40.684a	42.965a	4.023b	2.588a	1.223a
F2	3.006b	107.405a	38.022b	44.964a	4.211a	2.609a	1.192a
DSH	0.26	7.302	2.511	1.217	0.111	0.115	0.066

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DSH= Diferencia significativa honesta; GFIL =Generación filial PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio de fruto (g); NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

De manera particular, los contrastes ortogonales F_1 vs F_2 indicaron que solo once cruzas mostraron diferencias significativas entre generaciones F_1 y F_2 para al menos una variable (Cuadro 2.3). Las cruzas LOR85*L F_1 vs F_2 y LOR103*R F_1 vs F_2 fueron las únicas dos cruzas del total de 23 que mostraron diferencias significativas en la variable peso total de fruto por planta (PT), lo que indica que para esta variable la F_2 de la mayoría de las cruzas tendió a rendir estadísticamente igual que su respectiva F_1 . Esta misma tendencia de PT ocurrió para el resto de las variables. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Magaña-Lira *et al.* (2013) en un trabajo similar, quienes no observaron diferencias estadísticas para las variables PT y PPF al evaluar la producción y vida postcosecha de siete híbridos comerciales de tomate (F_1) tipo “bola” con respecto a sus respectivas generaciones F_2 s; de igual manera, Martínez *et al.* (2005) evaluaron los híbridos de ‘Pik Ripe’, ‘Sunmaster’, ‘Zaden’ y ‘W 489’ de tomate tipo “bola” y no encontraron diferencias estadísticas en las mismas variables. Por su parte, Hernández-Leal *et al.* (2013) al evaluar F_1 y F_2 de siete híbridos de jitomate comerciales tipo saladette no encontraron diferencias significativas para rendimiento total en las variedades ‘Espartaco’ y ‘Loreto’, pues las diferencias no fueron significativas, es decir, la reducción del rendimiento en las generaciones F_2 fue mínima, lo cual sugiere que la depresión endogámica de una generación F_2 depende particularmente de la constitución genética de las líneas que hayan dado lugar al híbrido comercial.

A diferencia de los materiales genéticos de los trabajos anteriormente señalados, que son de reducida base genética por ser híbridos comerciales, los materiales utilizados en el presente trabajo tienen una amplia base genética como resultado de cruzar germoplasma nativo mexicano con líneas avanzadas generadas de material élite tipo saladette. En este tipo de germoplasma, la depresión endogámica de una generación a otra resulta ser nula o muy baja; por ejemplo, para las demás variables, LOR91*L F₁vsF_{2s} fue significativo solo para sólidos solubles, mientras que LOR95*L F₁vsF_{2s} tuvo significancia para días a floración del tercer racimo (DFR3). La cruza LOR82*LF₁vsF_{2s} resultó significativa solo para peso promedio de fruto, y las cruzas LOR91*CF₁vsF_{2s}, LOR95*CF₁vsF_{2s}, LOR82*CF₁vsF_{2s}, LOR111*CF₁vsF_{2s}, LOR91*RF₁vsF_{2s}, LOR103*RF₁vsF_{2s}, LOR81*RF₁vsF_{2s} solo fueron significativas para una variable, por lo que puede indicarse que los contrastes resultaron significativos para al menos una de las variables entre las generaciones F₁ y sus respectivas F_{2s} en las 23 cruzas de jitomate.

Cuadro 2.3. Cuadrados medios de los contrastes entre generaciones filiales F₁ y F₂ de 23 cruzas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para variables de rendimiento y calidad.

CRUZAS F ₁ vsF ₂	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
LOR85*L F ₁ vsF ₂	3.526**	478.827	208.860*	29.040	0.000	0.000	0.000
LOR91*L F ₁ vsF ₂	0.015	8.402	2.535	2.535	0.882**	0.135	0.042
LOR95*L F ₁ vsF ₂	0.015	360.375	25.626	144.060**	0.0267	0.027	0.042
LOR103*L F ₁ vsF ₂	0.015	1.042	18.727	22.041	0.0267	0.167	0.0067
LOR81*L F ₁ vsF ₂	0.281	22.042	0.167	0.007	0.0067	0.0017	0.027
LOR79*L F ₁ vsF ₂	1.234	382.016	39.859	21.121	0.029	0.00030	0.030
LOR82*L F ₁ vsF ₂	0.027	3441.615**	117.041	30.375	0.0017	0.082	0.060
LOR111*L F ₁ vsF ₂	1.316	365.815	106.895	4.139	0.036	0.405	0.090
LOR97*L F ₁ vsF ₂	0.001	230.213	0.690	6.625	0.101	0.075	0.060
LOR85*C F ₁ vsF ₂	0.882	8.402	144.060	0.327	0.082	0.015	0.001
LOR91*C F ₁ vsF ₂	1.602	37.500	276.082**	35.527	0.427	0.000	0.007
LOR95*C F ₁ vsF ₂	0.135	321.202	0.240	79.935*	0.327	0.042	0.001
LOR103*C F ₁ vsF ₂	0.327	1.500	33.135	4.682	0.0150	0.107	0.042
LOR81*C F ₁ vsF ₂	0.602	504.167	5.227	20.907	0.042	0.0017	0.027
LOR79*C F ₁ vsF ₂	0.602	100.860	23.602	14.107	0.00	0.015	0.015
LOR82*C F ₁ vsF ₂	1.042	194.940	55.207	1.307	0.0417	0.060	0.107*
LOR111*C F ₁ vsF ₂	0.015	51.627	33.607	1.042	0.015	0.0067	0.167*
LOR97*C F ₁ vsF ₂	0.240	835.440	4.682	2.407	0.042	0.082	0.0017
LOR91*R F ₁ vsF ₂	0.202	436.907	9.882	21.660	0.060	0.375*	0.0067
LOR95*R F ₁ vsF ₂	0.735	513.375	1.707	6.615	0.540	0.041	0.0017
LOR103*R F ₁ vsF ₂	2.535*	261.360	38.001	26.460	0.0017	0.027	0.015
LOR81*R F ₁ vsF ₂	0.281	2.802	28.167	2.940	0.082	0.107	0.167*
LOR79*R F ₁ vsF ₂	0.048	54.954	26.498	44.565	0.036	0.0117	0.030

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente. PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio de fruto (g); NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

En el Cuadro 2.4 se muestra la comparación de medias entre las generaciones F_1 y F_2 de las mejores 10 cruzas con respecto a PT. Hubo diferencias significativas únicamente para cuatro de siete variables evaluadas entre las generaciones F_1 y sus respectivas F_2 s de algunas cruzas. Para la variable PT, la única craza que mostró diferencias significativas fue LOR103*R F_1 con valor de 4.2 kg, el cual fue superior al de su generación filial F_2 con 2.93 kg. Las variables PPF, DFR3 y LOCU no mostraron diferencias estadísticas entre los valores observados para ninguna craza.

En un estudio realizado por Martínez *et al.* (2005), quienes compararon F_1 vs F_2 de 37 híbridos comerciales tipo bola y saladette, y de habito de crecimiento determinado como indeterminado, no encontraron diferencias significativas entre las generaciones filiales para rendimiento de planta y número de frutos para la mayoría de los híbridos comerciales evaluados, excepto en cinco de ellos; así mismo, Hernández-Leal *et al.* (2013) no encontraron diferencias significativas entre generaciones filiales (F_1 y F_2) para peso promedio de fruto de cuatro de siete híbridos de jitomate tipo “saladette” evaluados.

En las variables de calidad, como sólidos solubles totales, hubo varias cruzas con más de 4 °Brix, como LOR91*L F_2 , LOR91*CF₂, LOR81*C F_2 , LOR79*L F_2 sin que la F_1 fuera significativamente superior a la F_2 , excepto en la craza LOR91*L F_2 , donde la generación filial F_2 mostró un valor significativamente superior que su respectiva F_1 . Por su parte, Santiago *et al.* (1998) mencionan que el contenido de sólidos solubles totales oscila entre 4 y 6 °Brix para materiales híbridos del tipo bola. Algunas cruzas evaluadas en este experimento tuvieron valores de SST similares a los reportados por Santiago *et al.* (1998) en un trabajo previo, y por Hernández-Bautista *et al.* (2014). Por su parte, Cantwell (2004) menciona que el rango de sólidos solubles totales se encuentra entre 3.5 y 7.0 ° Brix dependiendo de la variedad de jitomate.

Para firmeza, las cruzas sobresalientes fueron LOR103*RF₁, LOR79*LF₁, LOR81*RF₁, con valores de 1.467 N, respectivamente, y los valores más bajo se observaron en las cruzas LOR91*L F_1 ,

LOR81*CF₁ y LOR82*CF₁ con valores de 0.933 y 0.967, respectivamente. Batu (2004) menciona que el rango mínimo de firmeza para los materiales que se comercializan es de 1.45 N, por lo que se tuvieron cruza cuya firmeza se encuentra en este rango, como LOR103*R, LOR79*L y LOR81*R. Los valores de firmeza de estas cruza estuvieron en el rango reportado por Hernández-Leal *et al.* (2013), quienes estudiaron el comportamiento de poblaciones F₂ de híbridos comerciales de jitomate tipo "saladette", encontrando valores de firmeza de 1.3 a 2.4 N.

Cuadro 2.4. Comparación de medias entre las generaciones F₁ y F₂ de las mejores 10 cruza de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para variables de rendimiento y calidad. Texcoco, Edo. de México, México.

Cruzas	GFIL	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
LOR82*C	F ₁	4.333 a	136.23 a	42.133 a	42.333 a	3.833 a	3.167 a	0.967b
LOR82*C	F ₂	3.500 a	124.83 a	36.100 a	41.400 a	4.000 a	3.367 a	1.233 a
LOR103*R	F ₁	4.233 a	110.13 a	46.567 a	42.333 a	3.933 a	2.700 a	1.467 a
LOR103*R	F ₂	2.933 b	96.93 a	41.533 a	46.533 a	3.967 a	2.567 a	1.367 a
LOR91*C	F ₁	4.133 a	132.00 a	46.700 a	42.00 a	3.933 a	2.467 a	1.200 a
LOR91*C	F ₂	3.100 a	127.00 a	33.133 b	46.867 a	4.467 a	2.467 a	1.133 a
LOR91*L	F ₁	3.833 a	131.00 a	37.200 a	45.100 a	4.000 b	2.233 a	0.933 a
LOR91*L	F ₂	3.733 a	133.37 a	35.900 a	46.400 a	4.767 a	2.533 a	1.100 a
LOR95*R	F ₁	3.833 a	99.73 a	47.100 a	41.333 a	3.800 a	2.700 a	1.267 a
LOR95*R	F ₂	3.133 a	81.23 a	48.167 a	43.433 a	4.400 a	2.533 a	1.300 a
LOR85*C	F ₁	3.800 a	112.37 a	46.000 a	42.667 a	3.600 a	2.567 a	1.167 a
LOR85*C	F ₂	3.033 a	114.73 a	36.200 a	43.133 a	3.833 a	2.467 a	1.133 a
LOR81*C	F ₁	3.767 a	108.73 a	42.333 a	42.333 a	4.067 a	2.467 a	0.933 a
LOR81*C	F ₂	3.133 a	90.40 a	40.467 a	46.067 a	4.233 a	2.500 a	1.067 a
LOR79*L	F ₁	3.733 a	144.13 a	34.900 a	43.233 a	4.100 a	3.167 a	1.467 a
LOR79*L	F ₂	2.750 a	126.05 a	28.400 a	47.400 a	4.200 a	3.150 a	1.300 a
LOR81*R	F ₁	3.700 a	94.63 a	51.467 a	41.00 a	3.867 a	2.433 a	1.467 a
LOR81*R	F ₂	3.267 a	93.27 a	47.133 a	42.4 a	4.100 a	2.700 a	1.133 b
LOR79*C	F ₁	3.633 a	122.27 a	40.433 a	43.667 a	3.700 a	2.267 a	1.300 a
LOR79*C	F ₂	3.00 a	114.07 a	36.467 a	46.733 a	3.700 a	2.367 a	1.200 a

Medias en columna con la misma letra para cruza entre generaciones (F₁ y F₂) son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); GFIL = generación filial; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF = peso promedio de fruto (g); DMR3 = días a maduración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

Con respecto a la depresión endogámica en la F₂ de las cruzas, en el Cuadro 2.5 puede observarse que peso total de fruto (PT) tuvo valores de 0 hasta 31.0 %. Tal resultado indicó que el efecto de la depresión endogámica no fue de gran magnitud en las cruzas evaluadas en comparación con el de otros estudios, como el realizado por Hernández-Leal *et al.* (2013), donde en genotipos comerciales y sus respectivas F₂s encontraron que la depresión endogámica para PT fue entre 17.5 a 66.1% en cinco de siete híbridos comerciales estudiados. Por otra parte, Martínez-Solís *et al.* (2005) al evaluar 9 híbridos comerciales y sus respectivas F₂s, encontraron reducciones para peso total de fruto de 6 a 22 %. En el presente estudio, tales diferencias de magnitudes entre poblaciones pudieran ser explicadas por el diferente grado de disminución de la heterocigosidad de las cruzas, la cual es afectada por el incremento de la frecuencia de loci homocigóticos (Poehlman y Allen, 2003). De acuerdo con la significancia de los contrastes (Cuadro 2.3), ninguna de las cruzas mostró un abatimiento significativo del rendimiento en la generación F₂, por el contrario, en algunos casos la F₂ superó a la F₁ (LOR85*L, LOR103*L, LOR95*L) pues tuvieron incrementos de 68.2%, 3.1% y 3.6%, respectivamente, indicando que en algunas cruzas se puede tener segregación transgresiva.

Para el número total de frutos, la depresión endogámica fue de 3.5% a 29.1% en la mayoría de las cruzas, mientras que siete cruzas no presentaron depresión, ya que la F₂ fue superior a su F₁ con valores de 0.7 hasta 37.1%.

Para peso promedio de fruto, se encontró que las cruzas LOR 85*L (18.1%), LOR91*L (1.8%), LOR95*L (15.3%), LOR103*L (0.8%), LOR81*L (3.6%), LOR82*L (46.5%), LOR97*L (14.9%), LOR85*C (2%), LOR103*C (0.9%), LOR111*C (5.5%), y LOR79*R (6.9%) no tuvieron reducciones, pues los frutos de su F₂ fueron de mayor peso. Este aumento se atribuye a la segregación transgresiva en generaciones avanzadas, la cual es muy común en algunas especies, como el jitomate (De Vicente y Tanksley, 1993; Poehlman y Allen, 2003; Shivaprasad *et al.*, 2012).

Para la variable días a floración, solo cinco cruzas (LOR85*L, LOR103*L, LOR111*L, LOR82*C, LOR111*C) presentaron una reducción no significativa en sus F_{2s}, con valores de entre 1.7 a 9.2 %; sin embargo, en las otras 18 cruzas las F_{2s} fueron superiores, con valores de hasta 23.2 %. Esto se debe a que la depresión endogámica en especies autóгамas como el jitomate es relativamente reducida, en comparación con las especies alógamas (Charlesworth y Charlesworth, 1987), debido a que en las especies autóгамas el proceso de autofecundación recurrente tiene un efecto depurador de alelos recesivos deletéreos.

Por otro lado, en la mayoría de las cruzas no se observó una disminución de los sólidos solubles totales en la F₂, por el contrario, hubo una ganancia numérica no significativa en sus F_{2s} con valores de 2 hasta 15.8%. Al respecto, Hernández-Leal *et al.* (2013) también reportaron que no hubo significancia en sus contrastes al comparar F₁ y F₂ de híbridos comerciales para las variables SST y Firmeza.

Para firmeza, se encontraron valores negativos en LOR95*L (-15.4), LOR81*L (-9.1), LOR79*L y LOR82*L (-13.3), LOR85*C y LOR91*C (-8.3), LOR79*C (-7.7), LOR111*C y LOR81*R (-26.7), LOR97*C (-7.7), LOR103*R (-6.7), y LOR79*R (-15.4). En el resto de las cruzas, su F_{2s} superó en firmeza a la F₁ con valores hasta de 30%, siendo LOR111*L la que expresó el mayor valor (30%). Al respecto, Berry y Uddin (1991) mencionan que, durante la selección de plantas de jitomate, además del rendimiento y la adaptabilidad, también se deben considerar el desarrollo de cultivares con alta calidad de fruta, incluyendo el color (Chalukova y Manuelyan, 1991). Por otra parte, Gonzáles *et al.* (2004) mencionan que la firmeza, sólidos solubles totales y pH del fruto determinan la calidad del jitomate, ya que influyen en la percepción de la calidad del fruto por el consumidor. En este sentido, los resultados de rendimiento y calidad de fruto de algunas de las cruzas de este trabajo indican que es posible generar híbridos promisorios, pero además que sus generaciones F₂ pueden ser usadas por los productores para siembras comerciales de jitomate.

En general, la depresión endogámica en este estudio resultó ser baja y no significativa para la mayoría de las variables y cruzas estudiadas, en comparación con los resultados de otros trabajos donde se ha encontrado depresión endogámica por encima del 50% (Charlesworth y Charlesworth, 1987; Hernández-Leal *et al.*, 2013). Esto indica que algunas de las cruzas de este trabajo son promisorias para aprovecharlas en la F1 y luego llevarlas a generaciones avanzadas, obteniéndose valores de rendimientos y de variables de calidad aceptables, ya que su depresión por endogamia para algunas variables no fue significativa; en este sentido, las cruzas LOR82*C, LOR91*C, LOR91*L, LOR95*R serían de buen potencial por su alto rendimiento y calidad.

Cuadro 2.5. Reducción porcentual de siete variables de 23 híbridos F_{2S} con respecto a sus F_{1S} de cruzas entre líneas S5 de jitomate nativo y de jitomate tipo “saladette”.

CRUZAS	PT	NF	PPF	DFR3	BRIX	LOCU	FIR
LOR85*L	68.2	37.1	18.1	-9.2	0	0	0
LOR91*L	-2.6	-3.5	1.8	2.9	5	13.6	18.3
LOR95*L	3.1	-10.7	15.3	23.2	4.9	-7.7	-15.4
LOR103*L	3.6	10.3	0.8	-8.6	5	-10.7	0
LOR81*L	-11.4	0.7	3.6	0	2.3	0	-9.1
LOR79*L	-24.3	-18.6	-12.5	9.7	2.4	0	-13.3
LOR82*L	-3.3	-23.2	46.5	10.5	0	6.9	-13.3
LOR111*L	-28.6	-24.4	-14.4	-4.3	4.5	-22.2	30
LOR97*L	0	-3.7	14.9	5.4	7	12.5	27.3
LOR85*C	-21.1	-21.3	2	0.9	5.6	-3.8	-8.3
LOR91*C	-24.4	-29.1	-3.8	11.7	12.5	0	-8.3
LOR95*C	-11.5	1.1	-14.1	17.1	12.8	9.1	0
LOR103*C	-14.7	-12	0.9	4.1	-2.4	-11.5	8.3
LOR81*C	-18.4	-4.3	-16.8	9	2.4	0	18.3
LOR79*C	-16.7	-9.7	-6.7	6.9	2.7	4.3	-7.7
LOR82*C	-18.6	-14.3	-8.4	-2.1	5.3	6.2	23.7
LOR111*C	-3.4	14.9	5.5	-1.7	2.7	4	-26.7
LOR97*C	-14.5	4.9	-24.9	3.2	2.3	7.7	-7.7
LOR91*R	-8.8	-5.2	-17.8	9.6	5	21.7	9.1
LOR95*R	-18.4	2.3	-18.6	5.1	15.8	-7.4	0
LOR103*R	-31	-10.9	-12	9.9	0	-3.7	-6.7
LOR81*R	-10.8	-8.5	-1.4	3.4	5.1	12.5	-26.7
LOR79*R	-6.5	-11.6	6.9	4.7	4.9	-3.8	-15.4

PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF = peso promedio de fruto (g); DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (° Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto; (-) Valores positivos indican depresión endogámica; (+) Valores negativos indican segregación transgresiva.

CONCLUSIONES

Las cruzas intervarietales de jitomate derivadas de líneas de material élite por líneas de variedades nativas pueden ser una alternativa viable de aprovechamiento para el mejoramiento genético del cultivo, además de una alternativa de producción económica para pequeños y medianos productores, ya que la

generación F2 de algunas cruzas promisorias mostró una baja depresión endogámica en características de calidad y rendimiento de fruto.

La depresión endogámica observada en la mayoría de las cruzas experimentales y variables aquí evaluadas fue relativamente baja y no significativa, en comparación con la reducción porcentual que se manifiesta en generaciones avanzadas de híbridos comerciales en otros estudios, por lo que las mejores cruzas de este trabajo fueron las cruzas LOR85*L, LOR103*L, LOR95*L, ya que fueron las de mayor rendimiento sin diferencias entre su F₁ y F₂, y además tuvieron buena calidad.

En algunas cruzas se presentó segregación transgresiva, ya que algunas F_{2s} no solo no presentaron depresión endogámica sino que sus F_{2s} fueron mejores que sus correspondientes F₁ en varias variables, como fue el caso de LOR85*L F_{2s} que rindió 68% más que su F_{1s}, por lo que tuvo mayor número de frutos, así como mayor peso promedio de fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Batu A. (2004)** Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61:471-475
- Berry, S. Z. and M. R. Uddin (1991)** Breeding Tomato for Quality and Processing Attributes, In *Genetic Improvement of Tomato. Monographs Theoretical and applied Genetics*, editorial Kalloo, G. Vol. 14, Berlín: Sprimger-Verlag, pp: 197-206, **Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista (2014)** Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnica Mexicana* 37:129-139

- Cantwell, M. (2004)** Fresh market Tomato Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. South San Joaquin Valley. UCCE. University of California Cooperative Extension. Michelle Le Strange, UCCE Farm Advisor, Tulare & Kings Counties. 25 p.
- Chalukova M and H. Manuelyan (1991)** Breeding for carotenoid pigments in tomato. *In: Genetic Improvement of Tomato Monographs Theoretical and Applied Genetics*. KALLOO, G. (ed.). Springer-Verlag. USA. pp: 179-195
- Charlesworth D., and B. Charlesworth (1987)** Inbreeding Depression and its Evolutionary Consequences. *The Annual Review of Ecology and Systematics* 18:237-268
- De Miranda, P. C., y M. L. Anderson, (2001)** La complejidad de los materiales híbridos. USA. Seed News. Año XV N. 6. Disponible en:
http://www.seednews.inf.br/html/site_es/content/reportagem_capa/index.php?edicao=60 (Julio 2013).
- De Vicente M C, S D Tanksley (1993)** QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134:585-589 <http://www.genetics.org/content/genetics/134/2/585.full.pdf>
- Escorcia-Gutiérrez N, J D Molina-Galán, F Castillo-González, y J A Mejía-Contreras (2010)** Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33: 271-279
- FAO, Food Agricultural Organization (2014)** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. www.apps.fao.org. (Marzo 2017).
- González C A, M del C Salas S, G M Urrestarazu (2004)** Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. *in: Tratado de Cultivos sin Suelo. M Urrestarazu Gavilán (ed). Ed. Mundi-Prensa*. Madrid, España. pp:703-747.
- Gur A and D Zamir (2004)** Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PloS Biology* 2:1610-1615

- Hernández-Bautista A, R Lobato-Ortiz, S Cruz-Izquierdo, J J García Zavala, & J L Chávez-Servia (2014)** Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una cruce interespecífica de jitomate. *INTERCIENCIA* 39:327-332.
- Hernández-Leal E., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López, A. Méndez-López, O. Bonilla-Barrientos y A. Hernández-Bautista (2013)** Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:209-215.
- Juárez L G F, F Sánchez del C, E Contreras M (2000)** Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6:19-23
- Magaña-Lira N, A Peña-Lomelí, F Sánchez-del Castillo, J E Rodríguez-Pérez, y E D C Moreno-Pérez (2013).** Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. *Revista fitotecnia mexicana* 36:371-379.
- Martínez-Solís J, A Peña L, J E Rodríguez P, C Villanueva V, J Sahagún C, M G Peña O (2005)** Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2:299-307.
- Martínez-Vázquez, E A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D Reyes-López, (2016)** Heterosis de cruces entre líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista fitotecnia mexicana*, 39:67-77.
- Martínez-Vázquez, E A., A Hernández-Bautista, R Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D Reyes-López, (2017)** Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. *Scientia Horticulturae*, 220:317-325

- Mohamed M F (1998)** Characteristics and inheritance of natural facultative parthenocarpic fruit-set in ‘Nadja’ tomato under low temperature conditions. *Euphytica* 103:211-217.
- Poehlman J M, D S Allen (2003)** Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. D.F., México. pp:172-176.
- Santiago J, M Mendoza y F Borrego (1998)** Evaluación de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9:59-65
- Scott, J. W. (2008)**. Fresh market tomato breeding in the USA. *Acta horticulturae* 789:21-26
- SIAP, Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (2015)** Cierre de la producción agrícola por cultivo “Modalidad riego + temporal”. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccionagricola-por-cultivo/> (Enero, 2017).
- SAS Institute (2002)** User’s Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p
- Shalaby, T A and A El-Banna (2013)** Molecular and horticultural characteristics of in vitro induced tomato mutants. *Journal of Agricultural Science* 5:155-163
- Shivaprasad P V, R M Dunn, B A C M Santos, A Bassett, D C Baulcombe (2012)** Extraordinary transgressive phenotypes of hybrid tomato are influenced by epigenetics and small silencing RNAs. *The EMBO Journal*, 31:257-266
- Steiner A A (1984)** The universal nutrient solution. In: Proc. 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.

CAPÍTULO III

APTITUD COMBINATORIA Y HETEROSIS DE CRUZAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EVALUADAS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

RESUMEN

El mejoramiento genético del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en México es muy importante para aprovechar el germoplasma nativo tipo “chino criollo” en combinaciones con material “saladette”, lo cual genera nuevas variantes. El objetivo de este estudio fue estimar la aptitud combinatoria general (ACG) de 12 progenitores, y la aptitud combinatoria específica (ACE) de 27 híbridos de jitomate para rendimiento y sus componentes y calidad de fruto; además, se estimó la heterosis promedio de los híbridos y su generación filial temprana (F₂). Se evaluaron 9 líneas, 3 probadores y 27 híbridos en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. El experimento se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano del 2016 bajo condiciones de hidroponía en invernadero. Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), y se estimó la heterosis de la F₁ con base en el progenitor medio.

Los progenitores con los efectos positivos más altos de ACG para rendimiento fueron LOR82 y LOR91, mientras que las cruzas sobresalientes con valores positivos de ACE fueron LOR103*R, LOR79*C, LOR82*C y LOR85*R, por lo que estos materiales podrían ser usados como progenitores dentro de un programa de mejoramiento genético dirigido en la obtención de variedades híbridas con altos rendimientos. En la mayoría de las cruzas con alto rendimiento los efectos aditivos fueron los más importantes, sin embargo, también hubo cruzas con efectos no aditivos importantes. Las cruzas con los rendimientos más altos estuvieron conformadas por al menos un progenitor con efectos de ACG positivos

(la línea o el probador) y otro progenitor con efectos negativos o positivos de ACG, y sus efectos de ACE fueron altos y positivos.

Para rendimiento de fruto, hubo heterosis en 24 de los 27 híbridos, variando de 0.91 % a 64.82%; mientras que para la variable PPF, esta varió de 0.54% a 32.45% presentándose en 15 cruzas de las 27 cruzas, además, dichas cruzas también presentaron heterosis para precocidad.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, heterosis, ACG, ACE, híbridos, efectos genéticos.

ABSTRACT

The genetic improvement of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Mexico is very important to take advantage of native "Criollo Chino" germplasm in combinations with material "saladette", which generates new variants. The objective of this study was to estimate the general combining ability (GCA) of 12 progenitors and the specific combining ability (SCA) of 27 hybrids of tomato for yield and its components and fruit quality. In addition, we estimated the average heterosis in the hybrids and their early advanced generation F2. Nine lines, 3 testers and the resulting 27 hybrids were evaluated in a randomized complete block design with three replicates. The experimental unit consisted of 10 plants for the parents, F1s, and F2s. The experiment was carried out during the spring-summer cycle of 2016 under hydroponic conditions in a greenhouse. An analysis of variance and a Tukey test ($P \leq 0.05$) comparison of means were performed. Estimates of heterosis were made on the basis of the mean progenitor.

LOR82 and LOR91 were the lines that showed the highest positive effects of GCA for yield, while the crosses that had high yields with positive SCA values were LOR103*R, LOR79*C, LOR82*C and LOR85*R. Therefore, these materials could be considered as progenitors within a tomato genetic improvement program directed at the obtaining of hybrid varieties with high yields.

In most of the crosses with high yield the additive effects were the most important ones; however, non-additive effects were also important in some crosses. In crosses with the highest yields participated at least one parent with high positive GCA effects (the line or tester) and another parent with negative or positive ACG effects, and their SCA effects were high and positive.

For fruit yield, in 24 out of the 27 hybrids heterosis ranged from 0.91% to 64.82%; while for PPF this varied from 0.54% up to 32.45% occurring in 15 crosses out of the 27; such crosses also presented heterosis for earliness.

Key words: *Solanum lycopersicum*, heterosis, ACG, ACE, hybrids, genetic effects.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales hortalizas a nivel mundial por la superficie cultivada y el volumen de su producción (FAO, 2014); en México ocupa el décimo lugar con 3.4 millones de toneladas producidas anualmente y con un rendimiento promedio de 62.3 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2015).

Con respecto a su mejoramiento genético, los escasos programas públicos nacionales para esta especie buscan obtener variedades o híbridos más productivos, de mejor calidad, accesibles a los productores, pero que cumplan con las necesidades de agricultores y consumidores (Martínez-Vázquez *et al.*, 2016).

En jitomate, una herramienta importante en el mejoramiento genético para la generación e identificación de nuevas líneas o híbridos son los diseños genéticos utilizados para evaluar parámetros genéticos, como la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), los cuales permiten seleccionar materiales sobresalientes en rendimiento y sus componentes (Lobato *et al.*, 2010), así como de calidad. Sprague y Tatum (1942) fueron los primeros en introducir los conceptos de ACG y ACE, los

cuales expresan el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones posibles, y las combinaciones sobresalientes o poco sobresalientes en relación con el promedio de la ACG de las líneas progenitoras, respectivamente (Reyes *et al.*, 2004). La ACG es el parámetro más utilizado, ya que permite identificar progenitores con alta capacidad de transmitir caracteres deseables a su descendencia, mientras que la ACE permite conocer las mejores combinaciones híbridas (F_1) sobresalientes, originadas entre variedades, líneas o poblaciones, además proporcionan información sobre el tipo de acción génica que condiciona la expresión de un carácter agronómico de interés (Haynman, 1954; Griffing, 1956; Gardner y Eberhart, 1966; Hernández-Martínez *et al.*, 2016). Peña *et al.* (1999) mencionan que cuando los valores de ACG son mayores que los de ACE los efectos aditivos son más importantes, en contraparte si la ACE es mayor, los efectos de dominancia-no aditivos son los más importantes.

Otro parámetro importante que proporciona información necesaria para el mejoramiento genético por hibridación es la heterosis de una cruce. Al respecto, Escorcia-Gutiérrez *et al.* (2010) mencionan que la heterosis es definida como el exceso de vigor de la F_1 de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores. Crow (1999) menciona que la heterosis está explicada por dos hipótesis: la primera es la dominancia y la segunda por la sobre-dominancia, y se calcula como la diferencia entre el valor fenotípico de la F_1 y el valor del progenitor medio o del mejor progenitor, expresado en porcentaje (Falconer y Mackay, 1996). García *et al.* (2003) mencionan que el éxito del mejoramiento por hibridación en jitomate depende de la adecuada selección de los padres, debido a que entre más contrastantes sean los parentales, sus combinaciones híbridas manifiestan un alto grado de heterosis, con posibilidades de ser explotadas en la producción de semilla comercial. Autores como Kurian *et al.* (2001) y Semes *et al.* (2006) encontraron evidencias de sobre-dominancia en jitomate, la cual causa heterosis en el rendimiento. Al respecto, Martínez-Solís *et al.* (2013) determinaron que la heterosis en tomate tipo saladette para el peso de fruto (PF) en el híbrido DG05 de hábito determinado mostró buena aptitud

combinatoria específica (ACE) y alta heterosis intervarietal (HI); el híbrido DG03 mostró alta aptitud combinatoria general (ACG); mientras que los materiales de hábito indeterminado (IG01 y IG04) presentaron los valores más altos de ACG y una buena ACE entre ellos para la variable PF. Por otro lado, Martínez-Vázquez *et al.* (2017) estudiaron 10 líneas de tomate nativo tipo pimiento, y encontraron una alta ACG para rendimiento en las líneas LOR82, LOR91 y LOR111 con valores de 240, 208 y 99, respectivamente. Así mismo, Mendoza de Jesús *et al.* (2010), encontraron que seis cruzas igualaron la vida de anaquel de sus progenitores, y los superaron en rendimiento, con efectos de heterosis con respecto al mejor progenitor y al progenitor medio.

Dado que el mejoramiento genético del jitomate en México es muy importante para aprovechar el germoplasma nativo tipo “chino criollo” en combinaciones con material “saladette”, lo cual genera nuevas variantes, los objetivos del presente trabajo fueron: a) estimar la aptitud combinatoria general (ACG) de nueve líneas experimentales de jitomate al cruzarlas con tres probadores, así como la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas, para variables de rendimiento y calidad de fruto, y b) estimar los efectos de heterosis promedio de las 27 cruzas y su generación filial temprana (F₂) para componentes de rendimiento y calidad de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético estuvo constituido por 27 híbridos F₁ generados a partir de la cruce de nueve líneas S6 de jitomate con tres líneas probadoras, también S6, bajo el diseño de apareamiento línea x probador. Las nueve líneas S6 fueron de jitomate nativo tipo “chino criollo” (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014) y las tres líneas S6 probadoras fueron del tipo “saladette”. Estas 12 líneas fueron derivadas dentro del

Programa de Conservación y Mejoramiento de los Recursos Genéticos del Jitomate del Colegio de Postgraduados (Hernández-Leal *et al.*, 2013).

Diseño experimental y manejo agronómico

El material genético fue evaluado en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas para cada genotipo: cruza, probadores y líneas. El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano del 2016 en un invernadero tipo cenital del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 30' N y 98° 53' O, a 2250 msnm).

La siembra de los materiales se realizó el 3 de febrero del 2016 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con “peat moss” como sustrato, depositando una semilla por cavidad, mientras que el trasplante se realizó a los 45 días después de la siembra (18-marzo-2016) en bolsas de polietileno negro (40x40 cm) rellenas con tezontle rojo fino como sustrato. Las plantas se regaron con la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984), la cual se modificó de acuerdo con sus etapas fenológicas; para el desarrollo de la planta hasta la etapa de floración se utilizó una concentración del 50%; después de la floración la concentración se incrementó al 100 %. Se realizaron cuatro fertirriegos al día durante el ciclo vegetativo, y el gasto de agua se fue modificando de acuerdo con las etapas fisiológicas del cultivo. El pH de la solución se mantuvo en un intervalo de 5.5 a 6.0. Se realizaron dos cosechas de fruto, siendo la primera el 27 de junio y la segunda el 4 de agosto de 2016.

Variables medidas

Para medir la precocidad de todos los genotipos, se contaron los días a floración del tercer racimo (DFR3) a partir del trasplante. En la cosecha se tomaron las siguientes variables: peso total de frutos por planta (PTF, en g); peso promedio de fruto (PPF, en g), el cual se tomó de una muestra de cinco frutos representativos de cada planta y genotipo; número total de frutos por planta (NF), que se obtuvo sumando

el número de frutos totales por planta; número de racimos por planta (NR); contenido de sólidos solubles totales (SST, en °Brix), para medirlo se utilizó un refractómetro digital marca PAL-1® (Tokio, Japón) con un rango de 0.0 a 53.0 °Brix; y la firmeza del fruto (FIR, en Newtons -N-), la cual se obtuvo con un texturómetro universal marca FORCEFIVE® modelo FDV-30 (Greenwich, EE. UU), utilizando un puntal cónico de 0.8 mm. Las variables SST y FIR se obtuvieron como promedios de una muestra de cinco frutos representativos por planta.

Análisis estadístico

Los datos de cada variable se analizaron mediante un análisis de varianza usando el procedimiento PROC ANOVA, también se realizó una comparación de medias entre genotipos empleando la prueba Tukey ($P \leq 0.05$); ambos procedimientos se hicieron con el programa estadístico SAS V.9.0 (SAS Institute, 2002). Para estimar los efectos de la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), se utilizó el modelo estadístico propuesto por Fan *et al.* (2009);

$$y_{ijl} = \mu + b_l + l_i + p_j + s_{ij} + e_{ijl}$$

donde y_{ijl} = valor fenotípico, μ = media poblacional o fenotípica, b_l = efecto del factor bloque, l_i = efecto de aptitud combinatoria general de la línea i , p_j = efecto de aptitud combinatoria general del probador j , s_{ij} = efecto de aptitud combinatoria específica del híbrido ij , y e_{ijl} = efecto del residual.

La estructura genética de las cruzas se construyó con el modelo general de Griffing (1956), el cual fracciona el valor fenotípico en tres componentes genéticos:

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

donde:

y_{ij} = Rendimiento (PT) de la craza

μ = media general

g_i = efecto aditivo de la línea i

g_j = efecto aditivo del probador j

s_{ij} = efecto de interacción de la línea i con el probador j .

La estimación de heterosis en los híbridos para cada variable, se realizó con base en el progenitor medio (Fehr, 1987; Márquez, 1988), mediante la expresión siguiente:

$$H = (F_1 - PM) / PM * 100$$

Dónde:

H= Heterosis (%)

F_1 = Media fenotípica de la cruce F_1 entre los progenitores.

PM = Media de los progenitores $(P_1 + P_2) / 2$;

P_1 y P_2 = Media fenotípica del padre 1 y 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valores de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores

La prueba de medias detectó diferencias estadísticas entre líneas y probadores únicamente para las variables PPF y DFR3, y para PPF, NR, NF, NRF3 y BRIX entre los probadores (Cuadro 3.1). Esto indica que al menos un genotipo es diferente respecto de los demás dentro de cada grupo (líneas y probadores) para las variables que fueron estadísticamente diferentes. A pesar de que las líneas rindieron estadísticamente lo mismo, LOR82 fue la que tuvo el valor fenotípico más alto para rendimiento con 3.91 kg por planta, seguido de LOR91 con 3.84 kg/planta. Con respecto a los probadores, aunque no tuvieron significancia para PT entre sí, el probador R fue el que tuvo el rendimiento más alto con 3.65 kg por planta. Para la variable PPF, las líneas LOR91 (119.74 g por fruto) y LOR111 (117.618 g por fruto) tuvieron las medias fenotípicas más altas para el grupo de líneas. Para el resto de variables, tales como NR, NF, NRF3, °Brix y FIR, no se encontraron diferencias estadísticas, sugiriendo que la amplitud

fenotípica para estas características presente en las líneas progenitoras utilizadas en el presente estudio fue baja.

Cuadro 3.1. Prueba de medias (valores de ACG) de líneas y probadores para ocho variables de rendimiento y calidad en tomate.

LÍNEAS	PT	PPF	NR	NF	DFR3	NFR3	BRIX	FIR
LOR82	3.909 a	116.148 ab	7.778 a	40.519 a	42.222 b	6.481 a	4.019 a	1.296 a
LOR91	3.838 a	119.740 a	7.668 a	44.111 a	42.222 b	6.408 a	3.961 a	1.212 a
LOR81	3.591 a	103.598 ab	7.814 a	44.630 a	42.371 b	6.407 a	4.0467a	1.165 a
LOR79	3.530 a	114.160 ab	7.481 a	40.592 a	42.778 ab	6.408 a	3.953 a	1.288 a
LOR103	3.380 a	107.703 ab	7.705 a	40.260 a	42.778 ab	6.222 a	4.008 a	1.344 a
LOR111	3.351 a	117.618 a	7.370 a	38.852 a	45.851 a	6.740 a	4.013 a	1.193 a
LOR95	3.343 a	107.033 ab	7.677 a	40.481 a	42.073 b	6.631 a	3.948 a	1.224 a
LOR85	3.179 a	112.846 ab	7.742 a	43.298 a	43.296 ab	6.408 a	3.967 a	1.319 a
LOR97	3.096 a	95.550 b	7.631 a	43.278 a	43.037ab	6.741 a	4.256 a	1.243 a
DSH (0.05)	0.864	20.95	1.039	11.836	3.392	1.12	0.46	0.29
PROBADORES								
R	3.646 a	101.307 b	7.519 b	48.043 a	42.876 a	7.074 a	3.973 b	1.296 a
C	3.386 a	114.589 a	7.494 b	40.062 b	42.333 a	6.074 b	3.889 b	1.231 a
L	3.374 a	115.567 a	7.939 a	37.235 b	43.667 a	6.333 b	4.195 a	1.235 a
DSH (0.05)	0.389	8.946	0.417	4.028	1.541	0.384	0.178	0.123

Medias con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio del fruto (g); NR= número de racimos totales por planta; NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); FIR = firmeza del fruto; DSH (0.05) = diferencia honesta significativa.

Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores

En el Cuadro 3.2 se muestran los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas y probadores; el análisis mostró efectos significativos ($P < 0.05$) de ACG para las variables PT, PPF, NF, DFR3 y BRIX, indicando que algunos probadores o líneas tienen mejores efectos aditivos que otros progenitores. Las líneas que mostraron los mejores efectos positivos significativos de ACG para la variable PT fueron los progenitores LOR82 y LOR91, por lo que estas líneas tienen un gran potencial como progenitores en la generación de híbridos de alto rendimiento, ya que diversas investigaciones

indican que los mejores híbridos de jitomate se forman cuando al menos una línea progenitora de la cruz es de alta ACG para la característica de interés (Martínez-Vázquez *et al.*, 2017). Además, Martínez-Solís *et al.* (2013) mencionan que este tipo de progenitores de alta ACG son una excelente opción para usarlos como progenitores en un programa de mejoramiento por selección e hibridación.

Un componente importante del rendimiento es el PPF, y las líneas que mostraron valores positivos significativos importantes para esta variable fueron LOR82, LOR91, LOR111, mientras que LOR81 y LOR97 mostraron efectos significativo negativos; esta es información útil en la planeación de cruzas para la generación de híbridos de jitomate con un tamaño de fruto deseado, pues de acuerdo con sus efectos de ACG, positivos o negativos en los progenitores (Líneas o Probadores), la progenie tendrá frutos grandes o pequeños.

En cuanto a la precocidad (DFR3), de las líneas evaluadas solo LOR111 tuvo un efecto significativo positivo, lo cual indica que cruzas con esta línea tenderían a ser tardías. En el resto de las líneas, los efectos fueron negativos o tendieron a cero, lo que probablemente daría como resultados híbridos precoces en cruzas donde estos progenitores fueran utilizados como líneas parentales. Finalmente, en BRIX, tres progenitores mostraron efectos significativos: la línea LOR97 con 0.237 y los probadores L y C con 0.176 y -0.13, respectivamente.

Cuadro 3.2. Efectos de aptitud combinatoria general de 9 líneas y 3 probadores de jitomate para ocho caracteres de jitomate.

LÍNEAS	PT	PPF	NR	NF	NFR3	DFR3	BRIX	FIR
LOR82	0.440*	5.660*	0.127	-1.261	-0.013	-0.736	0.0012	0.042
LOR91	0.369*	9.252*	0.017	2.331	-0.086	-0.736	-0.058	-0.042
LOR81	0.123	-6.890*	0.164	2.850	-0.087	-0.588	0.028	-0.089
LOR79	0.061	3.672	-0.170	-1.188	-0.086	-0.181	-0.066	0.034
LOR103	-0.089	-2.784	0.054	-1.520	-0.272	-0.181	-0.011	0.091
LOR111	-0.117	7.130*	-0.281	-2.928	0.246	2.892**	0.006	-0.060
LOR95	-0.125	-3.461	0.017	-1.299	0.137	-0.885	-0.071	-0.029
LOR85	-0.290*	2.358	0.091	1.518	-0.086	0.337	-0.052	0.065
LOR97	-0.373*	-14.938**	-0.020	1.498	0.247	0.078	0.237*	-0.010
Error estándar	0.134	2.385	0.19	1.79	0.203	0.531	0.08	0.05
PROBADORES	PT	PPF	NR	NF	NFR3	DFR3	BRIX	FIR
R	0.177*	-9.181*	-0.131	6.263*	0.580	-0.082	-0.046	0.042
C	-0.083	5.080*	-0.156	-1.718	-0.420	-0.626	-0.130*	-0.023
L	-0.094	4.101*	0.288	-4.545*	-0.161	0.708	0.176*	-0.019
Error estándar	0.067	1.192	0.099	0.895	0.102	0.265	0.042	0.026

Significativo a $P \leq 0.05$ y a $P \leq 0.01$, respectivamente. PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio del fruto (g); NR= número de racimos totales por planta; NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; BRIX = contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix); FIR= firmeza del fruto.

Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE)

Los efectos de ACE de las 27 cruzas de jitomate se observan en el Cuadro 3.3. En general, los efectos de ACE tendieron a ser no significativos en la mayoría de las cruzas para la mayoría de las variables, excepto para PT y PPF donde hubo varias cruzas con efectos significativos tanto positivos como negativos. Las cruzas que tuvieron efectos positivos y significativos para rendimiento fueron LOR103*R, LOR79*C, LOR82*C y LOR85*R, mientras que LOR103*C, LOR85*L, LOR82*L, LOR95*C y LOR79*R mostraron los efectos negativos y significativos más bajos para esta variable, lo cual indica que en dichas cruzas el efecto de la interacción s_{ij} entre los progenitores fue no favorable. Para el PPF,

las cruzas con los efectos positivos más favorables fueron LOR79*L, LOR103*R, LOR95*R, LOR82*R, LOR97*L, LOR91*C, LOR91*L, siendo las más prometedoras para esta variable.

En NF, solo seis cruzas de 27 tuvieron efectos significativos, pero de estas únicamente LOR111*L y LOR97*R presentaron efectos positivos significativos con 7.1 y 5.6, respectivamente.

Cuadro 3.3. Efectos de aptitud combinatoria específica de 27 cruzas de jitomate para ocho caracteres.

CRUZAS	PT	PPF	NF	NR	NFR3	DFR3	BRIX	FIR
LOR103*R	0.656**	12.697**	0.033	0.094	-0.136	-0.695	-0.028	0.060
LOR79*C	0.609*	-4.390	1.569	-0.101	0.012	1.181	-0.113	-0.028
LOR82*C	0.490*	6.883*	3.312	0.045	-0.171	0.403	-0.072	-0.209*
LOR85*R	0.411*	-5.535	2.552	-0.164	-0.098	-0.327	0.223	-0.021
LOR111*L	0.317	-1.015	7.136*	0.452	0.087	-3.892**	0.214	-0.111
LOR95*R	0.313	12.324**	0.366	-0.203	0.345	-0.438	-0.092	0.003
LOR79*L	0.304	16.926**	-1.157	0.008	0.090	-0.486	-0.063	0.058
LOR97*L	0.302	9.943*	-0.509	0.081	-0.247	-0.078	-0.078	-0.071
LOR95*L	0.271	-16.828**	2.398	0.491	-0.137	-0.115	0.003	0.051
LOR91*L	0.173	8.103*	-2.346	-0.732**	0.086	2.403*	-0.127	-0.223*
LOR91*C	0.155	8.734*	4.277	0.379	0.122	0.070	0.099	0.288**
LOR85*C	0.144	-1.165	4.420	0.857*	0.235	-1.003	-0.243*	-0.046
LOR82*R	0.081	11.366*	-5.339*	-0.200	-0.062	0.193	-0.060	0.029
LOR81*C	0.058	-3.624	-0.579	-0.215	0.123	1.255	0.107	-0.131
LOR97*R	0.051	-4.703	5.626*	0.170	0.348	2.046*	-0.060	-0.035
LOR81*L	0.023	2.75	0.025	0.231	0.087	-0.079	0.050	0.011
LOR81*R	-0.081	0.880	0.553	-0.016	-0.210	-1.181	-0.157	0.120
LOR111*C	-0.129	-1.328	-5.688*	-0.324	-0.210	0.328	-0.183	0.166*
LOR111*R	-0.188	2.343	-1.449	-0.129	0.123	3.565**	-0.031	-0.055
LOR103*L	-0.266	-8.324*	-0.601	0.008	-0.062	1.514*	-0.151	0.038
LOR91*R	-0.328	-16.836**	-1.931	0.354	-0.208	-2.473*	0.028	-0.064
LOR97*C	-0.353	-5.240	-5.117*	-0.251	-0.101	-1.9768*	0.138	0.106
LOR103*C	-0.391*	-4.373	0.568	-0.101	0.198	-0.819	0.179	-0.098
LOR85*L	-0.554*	6.700*	-6.972*	-0.693*	-0.137	1.330	0.020	0.067
LOR82*L	-0.571*	-18.249**	2.026	0.154	0.233	-0.597	0.132	0.180*
LOR95*C	-0.584*	4.504	-2.763	-0.288	-0.208	0.552	0.089	-0.048
LOR79*R	-0.914**	-12.536**	-0.412	0.094	-0.102	-0.695	0.176	-0.030
Error estándar	0.190	3.373	2.531	0.280	0.288	0.751	0.120	0.073

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$ y a $P \leq 0.01$, respectivamente. PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio del fruto (g); NR= número de racimos totales por planta; NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); FIR = firmeza del fruto.

Valores de aptitud combinatoria específica (ACE)

En el Cuadro 3.4 se puede observar la comparación de medias de las 27 cruzas. Las cruzas que tuvieron el mejor rendimiento (PT) fueron LOR82*C con 4.32 kg, LOR103*R con 4.21 kg y LOR82*R con 4.17 kg; mientras que la craza con el menor rendimiento fue LOR85*L (2.53 kg). Para PPF, las cruzas más sobresalientes fueron LOR79*L y LOR91*C, con 135.18 y 133.55 g, respectivamente; mientras que LOR79*R (92.44 g) y LOR97*R (81.67 g) tuvieron los valores más bajos. Las cruzas que mayor número total de frutos (NF) tuvieron fueron las cruzas LOR97*R, LOR85*R, y LOR81*R, con valores de 55, 52 y 51 frutos por planta, respectivamente; estos valores muestran que estos híbridos fueron superiores a sus padres con valores más altos de ACE. Este resultado concuerda con lo reportado por Martínez-Solís *et al.* (2013), quienes en un trabajo relacionado encontraron resultados similares para frutos totales (FT), donde la craza 11 (3x4) tuvo el más alto valor de ACE, superior a los valores observados de ACG de sus progenitores; por otro lado, Moreira *et al.* (2003) encontraron que los híbridos que evaluaron superaron a los progenitores en rendimiento bajo temperaturas altas. Zewdie *et al.* (2000) mencionan que con base en la ACG observada de los padres se puede predecir la contribución que cada uno de ellos tendrá hacia su progenie, y decidir si son punto de partida para seleccionar aquellos progenitores más viables, dependiendo de las variables interés. Por su parte, Mendoza de Jesús *et al.* (2010), en un estudio de 9 híbridos de tomate Saladette evaluados bajo invernadero e hidroponía, observaron que seis cruzas igualaron la vida de anaquel de sus progenitores y los superaron en rendimiento total de fruto.

Con respecto a DFR3, las dos cruzas más precoces fueron LOR91*R y LOR97*C, con valores de 39.67 y 40.44 días de floración al tercer racimo; estas cruzas también mostraron ser más precoces que sus progenitores. En un trabajo similar, Santiago *et al.* (1998) encontraron híbridos precoces con 99.5 días a partir de la siembra al primer corte, y el más tardío presentó 134.5 días, haciendo estos resultados parecidos a los observados en este estudio.

Cuadro 3.4. Prueba de medias (valores de ACE) de 27 cruzas de tomate evaluadas para ocho caracteres.

CRUZAS	PT	PPF	NR	NF	NFR3	DFR3	BRIX	FIR
LOR85*L	2.530 e	123.647 a-e	7.337 a	31.780 c	6.110 a	45.333 ab	4.163 a	1.367 a
LOR91*L	3.917 a-d	131.943 a-c	7.223 a	37.220 a-c	6.333 a	45.333 ab	4.010 a	0.970 a
LOR95*L	3.520 a-e	94.300 g-j	8.447 a	38.333 a-c	6.333 a	42.667 bc	4.127 a	1.257 a
LOR103*L	3.020 a-e	103.480 e-j	8.000 a	35.113 bc	6.000 a	45.000 bc	4.033 a	1.363 a
LOR81*L	3.520 a-e	110.443 b-i	8.333 a	40.110 a-c	6.333 a	43.000 bc	4.273 a	1.157 a
LOR79*L	3.740 a-e	135.187 a	7.777 a	34.890 bc	6.367 a	43.000 bc	4.067 a	1.327 a
LOR82*L	3.243 a-e	102.000 e-j	8.220 a	38.000 a-c	6.533 a	42.333 bc	4.327 a	1.457 a
LOR111*L	3.573 a-e	120.703 a-f	8.110 a	41.443 a-c	6.667 a	42.667 bc	4.403 a	1.063 a
LOR97*L	3.303 a-e	109.593 b-i	8.000 a	38.223 a-c	6.333 a	43.667 bc	4.353 a	1.153 a
LOR85*C	3.240 a-e	116.760 a-h	8.443 a	46.000 a-c	6.223 a	41.667 bc	3.593 a	1.250 a
LOR91*C	3.910 a-d	133.553 ab	7.890 a	46.670 a-c	6.110 a	41.667 bc	3.930 a	1.477 a
LOR95*C	2.677 de	116.610 a-i	7.223 a	36.000 bc	6.003 a	42.000 bc	3.907 a	1.153 a
LOR103*C	2.907 b-e	108.410 c-i	7.447 a	39.10 a-c	6.000 a	41.333 bc	4.057 a	1.223 a
LOR81*C	3.567 a-e	105.053 d-j	7.443 a	42.333 a-c	6.110 a	43.000 bc	4.023 a	1.010 a
LOR79*C	4.057 a-c	114.850 a-i	7.223 a	40.443 a-c	6.000 a	43.333 bc	3.710 a	1.237 a
LOR82*C	4.317 a	128.110 a-d	7.667 a	42.113 a-c	5.890 a	42.000 bc	3.817 a	1.063 a
LOR111*C	3.140 a-e	121.370 a-f	6.890 a	31.447 c	6.110 a	45.553 ab	3.700 a	1.337 a
LOR97*C	2.660 de	95.390 g-j	7.223 a	36.443 bc	6.220 a	40.443 bc	4.263 a	1.327 a
LOR85*R	3.767 a-e	98.130 f-j	7.447 a	52.113 ab	6.890 a	42.887 bc	4.143 a	1.340 a
LOR91*R	3.687 a-e	93.723 h-j	7.890 a	48.443 a-c	6.780 a	39.667 c	3.943 a	1.190 a
LOR95*R	3.833 a-e	110.170 b-i	7.333 a	47.110 a-c	7.557 a	41.553 bc	3.810 a	1.263 a
LOR103*R	4.213 ab	111.220 a-i	7.667 a	46.557 a-c	6.667 a	42.000 bc	3.933 a	1.447 a
LOR81*R	3.687 a-e	95.297 g-j	7.667 a	51.447 ab	6.777 a	41.113 bc	3.843 a	1.327 a
LOR79*R	2.793 c-e	92.443 ji	7.443 a	46.443 a-c	6.887 a	42.000 bc	4.083 a	1.300 a
LOR82*R	4.167 ab	118.333 a-g	7.447 a	41.443 a-c	7.000 a	42.333 bc	3.913 a	1.367 a
LOR111*R	3.340 a-e	110.780 b-i	7.110 a	43.667 a-c	7.443 a	49.333 a	3.937 a	1.180 a
LOR97*R	3.323 a-e	81.667 j	7.670 a	55.167 a	7.670 a	45.000 a-c	4.150 a	1.250 a
DHS (0.05)	1.359	24.197	2.011	18.157	2.064	5.385	0.858	0.526

Medias con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio del fruto (g); NR= número de racimos totales por planta; NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); FIR = firmeza del fruto; DHS (0.05) = diferencia honesta significativa.

En el Cuadro 3.5 se presenta la estructura genética de las cruzas únicamente para la variable rendimiento (PT). Las cruzas con los rendimientos más altos estuvieron conformadas por al menos un progenitor con efectos de ACG positivos (la línea o el probador) y otro progenitor con efectos negativos o positivos de ACG, y sus efectos de ACE (s_{ij}) fueron altos y positivos. Tales resultados sugieren que no

siempre las cruzas de dos progenitores con efectos positivos de ACG originan los híbridos con los mayores rendimientos. Similares resultados han sido observados en otras hortalizas, como chile (Singh *et al.*, 2014) y chícharo (Kumari *et al.*, 2015), donde no siempre las cruzas derivadas de progenitores con una alta ACG fueron las de mayor rendimiento.

Por otro lado, en aquellas cruzas con el menor rendimiento participaron líneas con baja ACG, este comportamiento también fue observado por Escorcía-Gutiérrez *et al.* (2010) en cruzas simples de Maíz (*Zea mays* L.). En las cruzas con más bajo rendimiento participaron las líneas con los efectos más bajos de ACG, y todas ellas tuvieron efectos negativos de ACE, lo que explica que hayan tenido el más bajo rendimiento. Por su parte, Reyes *et al.* (2004) mencionan que el rendimiento más bajo se observa en las cruzas cuyas dos líneas progenitoras tienen los efectos de ACG y ACE más bajos.

Por otra parte, en las 10 cruzas con mayor rendimiento, en varios casos, los efectos no aditivos fueron mayores que los aditivos. Sin embargo, en algunas de estas 10 cruzas más rendidoras, como LOR82*R, LOR91*L y LOR91*C, los efectos aditivos de las líneas nativas claramente superaron a los efectos no aditivos. Tal resultado, sugiere que, aunque el rendimiento estuvo determinado en parte por una mayor frecuencia y proporción de efectos aditivos, también los efectos no aditivos jugaron un papel importante en la expresión del rendimiento, lo que hace imposible una generalización sobre qué tipo de acción génica controla en mayor proporción la expresión fenotípica del rendimiento en híbridos de jitomate; por lo tanto, es importante realizar cruzamientos entre líneas contrastantes de jitomate para identificar los mejores progenitores y los mejores híbridos para rendimiento y otras características.

Cuadro 3.5. Estructura genética del rendimiento de 27 cruzas de jitomate entre nueve líneas nativas y tres probadores saladette.

CRUZAS	y_{ij}	μ	g_i	g_j	s_{ij}
LOR82*C	4.32	3.47	0.44*	-0.08	0.49*
LOR103*R	4.21	3.47	-0.08	0.18*	0.66**
LOR82*R	4.17	3.47	0.44*	0.18*	0.08
LOR79*C	4.06	3.47	0.06	-0.08	0.61*
LOR91*L	3.92	3.47	0.37*	-0.09	0.17
LOR91*C	3.91	3.47	0.37*	-0.08	0.15
LOR95*R	3.83	3.47	-0.13	0.18*	0.31
LOR85*R	3.77	3.47	-0.29*	0.18*	0.41*
LOR79*L	3.74	3.47	0.06	-0.09	0.3
LOR81*R	3.69	3.47	0.12	0.18*	-0.08
LOR91*R	3.69	3.47	0.37*	0.18*	-0.33
LOR111*L	3.57	3.47	-0.11	-0.09	0.32
LOR81*C	3.57	3.47	0.12	-0.08	0.06
LOR81*L	3.52	3.47	0.12	-0.09	0.02
LOR95*L	3.52	3.47	-0.13	-0.09	0.27
LOR111*R	3.34	3.47	-0.11	0.18*	-0.19
LOR97*R	3.32	3.47	-0.37*	0.18*	0.05
LOR97*L	3.30	3.47	-0.37*	-0.09	0.3
LOR82*L	3.24	3.47	0.44*	-0.09	-0.57*
LOR85*C	3.24	3.47	-0.29*	-0.08	0.14
LOR111*C	3.14	3.47	-0.11	-0.08	-0.13
LOR103*L	3.02	3.47	-0.08	-0.09	-0.27
LOR103*C	2.91	3.47	-0.08	-0.08	-0.39*
LOR79*R	2.79	3.47	0.06	0.18*	-0.91**
LOR95*C	2.68	3.47	-0.13	-0.08	-0.58*
LOR97*C	2.66	3.47	-0.37*	-0.08	-0.35
LOR85*L	2.53	3.47	-0.29*	-0.09	-0.55*

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente. y_{ij} = Rendimiento (PT) de la craza, μ =media general estimada; g_i =efecto de la línea i ; g_j = efecto del probador j ; s_{ij} = efecto de interacción de la línea i con el probador j .

En el Cuadro 3.6 se muestran los porcentajes de heterosis de las 27 cruzas. Para la variable PT, se observaron valores positivos de heterosis en la mayoría de las cruzas, presentando los valores más altos las cruzas LOR103*R (64.82), LOR82*C (61.90) y LOR81*C (58.72), mientras que el porcentaje de heterosis más bajo lo tuvieron LOR103*L (0.91) y LOR81*L (13.76).

Para PPF, los valores más altos de heterosis los tuvieron LOR95*C (32.45%) y LOR95*R (31.01%), mientras que los valores más bajos ocurrieron en LOR111*R (0.81%) y LOR81*C (0.54%). Resultados similares han sido reportados por Kurian *et al.* (2001) y Semes *et al.* (2006), quienes en trabajos similares observaron diferentes grados de heterosis y concluyeron que la sobredominancia era la principal causa de tal fenómeno. Por su parte, Pinacho-Hernández *et al.* (2011) en un estudio similar calcularon la heterosis de 34 híbridos F₂ de tomate con respecto al valor medio de sus progenitores, encontrando que seis híbridos superaron significativamente a sus progenitores en peso y tamaño medio de fruto, peso de frutos por racimo y rendimiento.

Las variables número total de racimos (NR), número de frutos totales (NF) y el número de frutos del tercer racimo (NFR3) fueron las que presentaron heterosis en la mayoría de las cruzas. Para NR, los valores de más altos se observaron en las cruzas LOR95*L (25.62) y LOR82*L (22.31). Los porcentajes de heterosis más altos para NF fueron de 45.49 y 40.82 para las cruzas LOR82*C y LOR85*C, respectivamente. Estos valores coinciden con los de Martínez-Solís *et al.* (2005), quienes encontraron niveles similares de heterosis en el híbrido de tomate tipo “bola” variedad ‘Ginan’. Para NFR3, las cruzas LOR82*L (16.83) y LOR95*R (13.33) fueron las que sobresalieron en esta variable.

Por otra parte, para las variables DFR3 y BRIX casi no hubo cruzas que exhibieran heterosis, ya que para BRIX, solo se detectó heterosis en el híbrido LOR97*C (0.49), y para DFR3 en LOR103*L (0.25), LOR111*C (1.86), LOR85*L (3.42), LOR97*L (4.17), LOR97*R (6.09) y LOR111*R (7.51). En contraste, para la variable FIR un mayor número de cruzas tuvo valores positivos de heterosis (18 cruzas). Los valores más altos se observaron en las cruzas LOR111*C y LOR97*C con valores de 43.47% y 34.99%, respectivamente, mientras que los más bajos los tuvo la cruz LOR95*L con 0.92%.

Al respecto, Lamkey y Edwards (1999) mencionan que el principal objetivo en la hibridación de los cultivos es incrementar el rendimiento, o conjuntar caracteres de interés, obtener uniformidad y que esto pueda ser reproducible. En nuestro estudio, la heterosis para rendimiento de fruto (PT) se expresó en 24 de 27 híbridos, y en 15 cruzas para PPF; además, dichas cruzas o híbridos experimentales presentaron también heterosis para precocidad, pues sus valores de días a la floración (DFR3) tendieron a ser negativos en 23 de las 27 cruzas evaluadas, indicando que la precocidad en estas cruzas disminuyó en comparación con sus progenitores, en un intervalo de -2.46 a -15%. Resultados similares fueron reportados por De la Cruz *et al.* (2003), quienes encontraron que la precocidad en los híbridos fue mayor que en sus progenitores, evidenciando la presencia de heterosis.

La alta frecuencia de heterosis observada en los híbridos de este trabajo puede atribuirse a la divergencia genética mostrada entre las líneas y probadores utilizados como progenitores. Al respecto, varios autores han demostrado que mientras más divergentes sean los progenitores, habrá mayor heterosis en las cruzas (Hernández-Leal *et al.*, 2013; Hernández-Bautista *et al.*, 2014; Pinacho-Hernández *et al.*, 2011; Martínez -Vázquez *et al.*, 2016). Fehr (1982) y Sierra *et al.* (1991) mencionan que, si los genotipos a utilizar presentan características diferentes o son opuestas completamente, esto permitirá clasificar líneas en grupos heteróticos, logrando con ello maximizar la dirección de los cruzamientos para obtener mejores combinaciones híbridas. No obstante, el concepto de divergencia genética entre los progenitores para una expresión máxima de heterosis tiene sus límites, pues la cruce de progenitores extremadamente divergentes aparentemente crea una situación donde el funcionamiento normal de los alelos es afectado, lo que altera la eficiencia de las funciones fisiológicas de las cruzas (Hallauer *et al.*, 2010).

Cuadro 3.6. Porcentaje de heterosis con respecto al progenitor medio en la F₁ de 27 híbridos de jitomate para características de rendimiento y calidad.

CRUZAS	PT	PPF	NR	NF	NFR3	DFR3	BRIX	FIR
LOR85*L	-24.33	-8.65	7.32	-0.52	2.80	3.42	-9.38	14.71
LOR91*L	17.25	6.22	6.56	8.06	3.64	-1.81	-16.00	-26.91
LOR95*L	19.84	-11.34	25.62	23.43	7.55	-6.91	-15.18	0.92
LOR103*L	0.91	-13.65	19.01	7.67	8.00	0.25	-13.88	-7.14
LOR81*L	13.76	-10.07	16.73	16.83	7.04	-2.46	-11.10	-5.62
LOR79*L	23.45	11.54	16.67	16.73	8.57	-8.29	-10.84	-2.54
LOR82*L	-4.09	-24.15	22.31	34.65	16.83	-7.64	-3.83	22.38
LOR111*L	16.69	-8.67	18.70	30.42	8.11	-6.00	-8.16	-2.96
LOR97*L	22.64	21.07	18.03	2.53	3.64	4.17	-9.48	-0.48
LOR85*C	23.41	-0.24	12.59	40.82	6.67	-3.47	-13.40	21.55
LOR91*C	48.87	26.11	5.97	32.70	1.85	-8.42	-9.17	27.14
LOR95*C	20.59	32.45	-2.26	13.29	3.85	-7.01	-11.68	6.98
LOR103*C	57.89	6.79	0.75	17.33	10.20	-6.53	-4.33	-5.84
LOR81*C	58.72	0.54	-4.63	20.76	5.26	-0.96	-7.77	-4.70
LOR79*C	56.57	11.64	-1.52	32.12	4.85	-6.25	-9.85	3.42
LOR82*C	61.90	10.29	3.76	45.49	7.07	-7.01	-5.89	3.52
LOR111*C	33.92	6.61	-8.15	-3.25	0.92	1.86	-15.00	43.47
LOR97*C	-1.57	-2.03	-5.80	8.07	9.80	-5.58	0.49	34.99
LOR85*R	29.79	-13.22	9.84	29.38	2.48	-3.26	-1.94	13.65
LOR91*R	26.86	-8.07	17.36	13.25	-1.61	-15.00	-10.55	-9.35
LOR95*R	53.34	31.01	10.00	19.61	13.33	-10.31	-15.33	2.85
LOR103*R	64.82	14.00	15.00	13.70	5.26	-7.47	-8.91	-0.61
LOR81*R	38.65	-5.22	8.24	20.57	1.24	-7.79	-13.42	9.25
LOR79*R	17.52	-6.55	12.61	21.51	4.20	-11.37	-2.68	-3.82
LOR82*R	41.41	5.46	11.67	13.37	9.57	-8.63	-5.41	15.87
LOR111*R	45.83	0.81	4.92	8.86	7.20	7.51	-11.25	8.95
LOR97*R	47.25	19.65	14.05	20.95	11.29	6.09	-6.63	9.12

PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio del fruto (g); NR= número de racimos totales por planta; NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); FIR = firmeza del fruto.

CONCLUSIONES

Para rendimiento de fruto, la heterosis varió de 0.91 % a 64.82 % y se expresó en 24 de los 27 híbridos evaluados; mientras que para PPF esta varió de 0.54% a 32.45%, presentándose en 15 cruzas de las 27 cruzas. Las cruzas presentaron también heterosis para precocidad, pues sus valores de días a floración (DF) tendieron a ser negativos en 23 de las 27 cruzas evaluadas, indicando que la precocidad en estas cruzas disminuyó en comparación a sus progenitores en un intervalo de -2 a -15%.

Los progenitores que mostraron los efectos positivos más altos de ACG para rendimiento fueron LOR82 y LOR91 y las cruzas que sobresalieron en valores positivos de ACE fueron LOR103*R, LOR79*C, LOR82*C y LOR85*R. Por lo tanto, estos materiales pudieran ser considerados como progenitores dentro de un programa de mejoramiento genético dirigido en la obtención de variedades híbridas con altos rendimientos.

El rendimiento alto de las cruzas estuvo determinado más frecuentemente por efectos aditivos; sin embargo, también los efectos no aditivos fueron importantes. Las cruzas con los rendimientos más altos estuvieron conformadas por al menos un progenitor con efectos de ACG positivos (la línea o el probador) y otro progenitor con efectos negativos o positivos de ACG.

El uso de jitomates nativos en combinaciones híbridas con material élite tiene un gran potencial en la creación de germoplasma base para el mejoramiento genético del jitomate en México, para obtener nuevas variedades con nuevas combinaciones alélicas de amplia base genética y además para incrementar la magnitud de la heterosis, por la divergencia genética del material nativo versus el material élite.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bonilla-Barrientos, O. Lobato-Ortiz, R. García-Zavala, J. J. Cruz-Izquierdo, S. Reyes-López, D. Hernández-Leal, E. Hernández-Bautista A. (2014)** Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:129-139.
- Crow, J. F. (1999)** Dominance and overdominance. *The genetics and exploitation of heterosis in crops, (thegeneticsande)*, 49-58.
- de la Cruz, L. E., Gutiérrez del R., E.; Palomo, G. A. y Rodríguez, H. S. (2003)** Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26:279-284.
- Escorcia-Gutiérrez, N. Molina-Galán, J. D. Castillo-González, F. Mejía-Contreras, J. A. (2010)** Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33:271-279.
- Falconer D S, T F C Mackay (1996)** Introduction to Quantitative Genetics. Fourth Edition Longman. Essex, England. pp: 254-256.
- Fan, X. M., Zhang, Y. M., Yao, W. H., Chen, H. M., Tan, J., Xu, C. X., Han X. L; Luo L M. y Kang, M. S. (2009)** Classifying maize inbred lines into heterotic groups using a factorial mating design. *Agronomy journal* 101:106-112.
- Fehr, R. W. (1982)** Applied plant breeding. Iowa State University. Press. USA. 552 p.
- Fehr, W. R. (1987)** Principles of cultivar development. Vol. I. Theory and technique. MacMillan Publishing Company. New York, USA. 536 p.
- FAO, Food and Agriculture Organization (2014)** The FAO statistical database. In: <http://faostat.fao.org/faostat>.

- García, D. B. Cabrera, F. A. V. Salazar, E. I. E. (2003)** Avance generacional y selección de líneas promisorias de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tipos chonto y milano. *Acta Agronómica* 52:1-9.
- Gardner, C. O. and Eberhart, S. A. (1966)** Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-452.
- Griffing, B. (1956)** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences* 9: 463-493.
- Hallauer A R, M J Carena, F J B Miranda (2010)** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Springer, New York, USA. 663 p.
- Hayman, B. I. (1954)** The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*. 10:235-244.
- Hernández-Leal, E; R. Lobato-Ortiz; J. J. García-Zavala; D. Reyes-López; A. Méndez-López; O. Bonilla-Barrientos; A. Hernández-Bautista (2013)** Comportamiento agronómico de poblaciones F₂ de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicon* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:209-215.
- Hernández-Bautista A., R. Lobato-Ortiz, S. Cruz-Izquierdo, J. J. García-Zavala y J. L. Chávez-Servia (2014)** Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una cruce interespecífica de jitomate. *Interciencia* 39:327-332.
- Hernández-Martínez, R. López Benítez, A. Espinoza Velázquez, J. Sánchez Aspeytia, D. Reyes Méndez, C. A. Rojas, G. J. A. Gordillo Melgoza, F. A. (2016)** Potencial genético y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:349-362.

- Kumari, J., Dikshit, H. K., Singh, B., & Singh, D. (2015)** Combining ability and character association of agronomic and biochemical traits in pea (*Pisum sativum* L.). *Scientia Horticulturae*, 181: 26-33.
- Kurian, A. Meter, K. V. Rajan, S. (2001)** Heterosis for yield components and fruit characters in tomato. *Journal of Tropical Agriculture* 39: 5-8.
- Lamkey K, R. Edwards J, W. (1999)** Quantitative genetics in heterosis. In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. COORS J. G.; PANDEY, S. (eds.). American Society of Agronomy, Inc. & Crop Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, U. S. pp: 31-48.
- Lobato-Ortiz, R., Molina-Galán, J. D., López-Reynoso, J. D. J., Mejía-Contreras, J. A., & Reyes-López, D. (2010)** Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. *Agrociencia* 44:17-30.
- Márquez S, F. (1988)** Genotecnia Vegetal. Tomo II. Editorial AGT. México, D. F. 657 p.
- Martínez-Solís, J. J. Peña-Lomelí, A. Rodríguez-Pérez, J. E. Villanueva V, C. Sahagún-Castellanos, J. Peña-Ortega, M. G. (2005)** Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F₂. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 2:299-307.
- Martínez-Solís, J. Peña-Lomelí, A. Rodríguez-Pérez, J. E. Sahagún-Castellanos, J. Peña-Ortega, M. G. (2013)** Heterosis intevarietal en jitomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19:5-21.
- Martínez-Vázquez, E. Lobato-Ortiz, R. García-Zavala, J. J. Reyes-López, D. (2016)** Heterosis de cruza entre líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39:67-77

- Martínez-Vázquez, E. Hernández-Bautista, A. Lobato-Ortiz, R. García-Zavala, J. J. Reyes-López, D. (2017)** Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. *Scientia Horticulturae*, 220:317-325.
- Mendoza-de Jesús, V., Sahagún-Castellanos, J., Rodríguez-Pérez, J. E., Legaria-Solano, J. P., Peña-Lomelí, A., & Pérez-Grajales, M. (2010)** Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladete. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 16:57-66.
- Moreira, C.; Echandi, M. A. y Méndez, C. R. (2003)** Heterosis y habilidad combinatoria en líneas de tomate para mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con adaptación a altas temperaturas. *Revista de Agricultura Tropical* 33:51-58.
- Peña L., A., J. D. Molina G., J. Ortiz C., S. Cervantes, F. Márquez S. y J. Sahagún C. (1999)** Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Fitotecnia Mexicana* 22:199-212.
- Pinacho-Hernández, A. José-José, E. Carrillo-Rodríguez, J. C. Villegas-Aparicio, Y. Chávez-Servia, J. L. Vera-Guzmán, A. M. (2011)** Heterosis interpoblacional de híbridos F₂ de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 55:74-77.
- Reyes, L. D. Molina, J. Oropeza M, Moreno E. (2004)** Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza Tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:49-56
- SAGARPA. (2015)** Estadísticas agrícolas por entidades de México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consulta mayo, 2017).
- Santiago, N. J.; Mendoza, E. M. y Borrego, E. F. (1998).** Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9:59-65.

- Semes, Y.; Nissenbaum, J.; Menda, N.; Zinder, M.; Krieger, U.; Issman, N.; Pleban, T.; Lippman, Z.; Gur, A.; Zamir, D. (2006)** Overdominant quantitative trait loci for yield and fitness in tomato. *PNAS* 103: 12981–12986
- Sierra, M. M.; Preciado, O. R. E.; Alcázar, A. J. J. y Rodríguez, M. F. A. (1991)** Selección de líneas maíz por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. In: XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá. pp 109-116.
- Singh, P., Cheema, D. S., Dhaliwal, M. S., & Garg, N. (2014)** Heterosis and combining ability for earliness, plant growth, yield and fruit attributes in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) involving genetic and cytoplasmic-genetic male sterile lines. *Scientia Horticulturae*, 168:175-188
- Sprague, G F. Tatum, L A. (1942)** General vs specific combining ability in single-crosses of corn. *Agronomy journal* 34: 923-932.
- SAS Institute. (2002)** User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p.
- Steiner A. A. (1984)** The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, *The Netherlands*. pp: 633-650.
- Zewdie, Y.; Bosland, P. W. and Steiner. (2000)** Combining ability and heterosis for capsaicinoids in *Capsicum pubescens*. *HortScience*. 36:1315-1317.

CAPÍTULO IV. ANEXOS

Cuadro 4.1. Reducción porcentual en híbridos provenientes del cruzamiento entre líneas S6 de jitomate nativo contra líneas avanzadas S6 de jitomate tipo “saladette” y sus respectivas F2. Texcoco, Edo. de México, México.

GENOTIPOS	DFR3	DMR3	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LUCU	FIR
LOR85*L	-9.2	-3.6	68.2	37.1	11.1	1.5	18.1	0.0	0.0	0.0
LOR91*L	2.9	-4.9	-2.6	-3.5	3.3	-3.4	1.8	5.0	13.6	18.3
LOR95*L	23.2	-0.9	3.1	-10.7	11.6	-8.4	15.3	4.9	-7.7	-15.4
LOR103*L	-8.6	-0.3	3.6	10.3	2.2	-2.4	0.8	5.0	-10.7	0.0
LOR81*L	0.0	-1.4	-11.4	0.7	2.6	1.3	3.6	2.3	0.0	-9.1
LOR79*L	9.7	4.4	-24.3	-18.6	-4.0	-4.5	-12.5	2.4	0.0	-13.3
LOR82*L	10.5	1.5	-3.3	-23.2	21.6	6.0	46.5	0.0	6.9	-13.3
LOR111*L	-4.3	3.1	-28.6	-24.4	-8.8	1.5	-14.4	4.5	-22.2	30.0
LOR97*L	5.4	2.1	0.0	-3.7	2.6	5.7	14.9	7.0	12.5	27.3
LOR85*C	0.9	-1.4	-21.1	-21.3	2.9	-3.2	2.0	5.6	-3.8	-8.3
LOR91*C	11.7	1.4	-24.4	-29.1	-6.3	21.4	-3.8	12.5	0.0	-8.3
LOR95*C	17.1	0.9	-11.5	1.1	-1.7	7.8	-14.1	12.8	9.1	0.0
LOR103*C	4.1	1.8	-14.7	-12.0	-6.4	0.0	0.9	-2.4	-11.5	8.3
LOR81*C	9.0	1.6	-18.4	-4.3	0.7	10.5	-16.8	2.4	0.0	18.3
LOR79*C	6.9	1.6	-16.7	-9.7	-3.5	0.5	-6.7	2.7	4.3	-7.7
LOR82*C	-2.1	1.0	-18.6	-14.3	-2.2	0.6	-8.4	5.3	6.2	23.7
LOR111*C	-1.7	1.4	-3.4	14.9	-0.9	0.6	5.5	2.7	4.0	-26.7
LOR97*C	3.2	3.6	-14.5	4.9	-8.0	-7.8	-24.9	2.3	7.7	-7.7
LOR91*R	9.6	1.7	-8.8	-5.2	-2.3	1.9	-17.8	5.0	21.7	9.1
LOR95*R	5.1	-2.3	-18.4	2.3	-6.1	0.3	-18.6	15.8	-7.4	0.0
LOR103*R	9.9	6.6	-31.0	-10.9	-4.3	-2.8	-12.0	0.0	-3.7	-6.7
LOR81*R	3.4	-1.5	-10.8	-8.5	1.9	3.2	-1.4	5.1	12.5	-26.7
LOR79*R	4.7	3.2	-6.5	-11.6	7.0	1.9	6.9	4.9	-3.8	-15.4

DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NDLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de 23 cruzas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para variables agronómicas y de rendimiento.

Texcoco, Edo. de México, México

GENOTIPOS	Dia	DFR3	DMR3	NFR3	NFLOR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LUCU	FF
LOR85*L	15.807 a	45.333ab	105.110 a	6.110 a	6.333 dc	2.463 c	7.337 a	2.530 e	31.780 c	46.807 gh	74.610 a-f	123.647 a-e	4.163 a	2.503 a-c	1.367 a
LOR91*L	13.677ad	45.333ab	106.777 a	6.333 a	7.133 a-d	2.647 a-c	7.223 a	3.917 a-d	37.220 a-c	54.260 a-g	77.800 a-d	131.943 a-c	4.010 a	2.223 c	0.970 a
LOR95*L	15.037ab	42.667bc	105.000 a	6.333 a	7.000 a-d	2.753 a-c	8.447 a	3.520 a-e	38.333 a-c	48.250 e-h	76.667 a-d	94.300 g-j	4.127 a	2.557 a-c	1.257 a
LOR103*L	13.053bf	45.000bc	106.887 a	6.000 a	6.667 b-d	2.750 a-c	8.000 a	3.0200 a-e	35.113 bc	45.823 h	79.813 a-b	103.480 e-j	4.033 a	2.780 a	1.363 a
LOR81*L	14.543ab	43.000bc	104.777 a	6.333 a	6.967 a-d	2.826 ab	8.333 a	3.520 a-e	40.110 a-c	50.403 b-h	69.830 d-i	110.443 b-i	4.273 a	2.723 a-c	1.157 a
LOR79*L	13.740ad	43.000bc	103.777 a	6.367 a	6.767 b-d	2.667 a-c	7.777 a	3.740 a-e	34.890 bc	57.843 ab	76.093 a-e	135.187 a	4.067 a	3.167 ab	1.327 a
LOR82*L	11.437cg	42.333bc	105.110 a	6.533 a	7.233 a-d	2.563 bc	8.220 a	3.243 a-e	38.000 a-c	48.113 d-h	71.677 b-h	102.000 e-j	4.327 a	2.887 a	1.457 a
LOR111*L	14.270ab	42.667bc	104.000 a	6.667 a	7.667 a-d	2.656 a-c	8.110 a	3.573 a-e	41.443 a-c	53.300 a-h	74.523 a-g	120.703 a-f	4.403 a	2.723 a-c	1.063 a
LOR97*L	13.450ae	43.667bc	107.333 a	6.333 a	6.767 b-d	2.640 a-c	8.000 a	3.303 a-e	38.223 a-c	46.603 h	81.083 a	109.593 b-i	4.353 a	2.390 bc	1.153 a
LOR85*C	13.483ae	41.667bc	104.333 a	6.223 a	8.000 a-d	2.763 a-c	8.443 a	3.240 a-e	46.000 a-c	55.147 a-d	69.527 d-i	116.760 a-h	3.593 a	2.557 a-c	1.250 a
LOR91*C	13.697ad	41.667bc	104.333 a	6.110 a	7.567 a-d	2.770 a-c	7.890 a	3.910 a-d	46.670 a-c	57.507 ab	64.410 i-k	133.553 ab	3.930 a	2.497 a-c	1.477 a
LOR95*C	14.700ab	42.000bc	105.333 a	6.003 a	7.233 a-d	2.673 a-c	7.223 a	2.677 de	36.000 bc	53.050 a-h	60.743 jk	116.610 a-i	3.907 a	2.170 c	1.153 a
LOR103*C	13.243ae	41.333bc	104.000 a	6.000 a	7.900 a-d	2.680 a-c	7.447 a	2.907 b-e	39.1a0 a-c	56.223 a-c	67.930 e-j	108.410 c-i	4.057 a	2.557 a-c	1.223 a
LOR81*C	13.423ae	43.000bc	106.000 a	6.110 a	6.767 b-d	2.776 a-c	7.443 a	3.567 a-e	42.333 a-c	54.697 a-e	63.880 h-k	105.053 d-j	4.023 a	2.447 a-c	1.010 a
LOR79*C	13.793ad	43.333bc	105.667 a	6.000 a	6.433 cd	2.620 a-c	7.223 a	4.057 a-c	40.443 a-c	57.777 ab	62.557 i-k	114.850 a-i	3.710 a	2.277 c	1.237 a
LOR82*C	12.993bf	42.000bc	103.777 a	5.890 a	6.767 b-d	2.717 a-c	7.667 a	4.317 a	42.113 a-c	59.643 a	64.450 h-k	128.110 a-d	3.817 a	3.167 ab	1.063 a
LOR111*C	12.980bf	45.553ab	107.667 a	6.110 a	7.900 a-d	2.763 a-c	6.890 a	3.140 a-e	31.447 c	54.397 a-f	66.143 g-k	121.370 a-f	3.700 a	2.500 a-c	1.337 a
LOR97*C	13.567ae	40.443bc	103.443 a	6.220 a	7.433 a-d	2.700 a-c	7.223 a	2.660 de	36.443 bc	52.680 a-h	58.400 k	95.390 g-j	4.263 a	2.610 a-c	1.327 a
LOR85*R	10.907eg	42.887bc	105.223 a	6.890 a	5.667 d	2.590 a-c	7.447 a	3.767 a-e	52.113 ab	48.700 d-h	69.387 d-i	98.130 f-j	4.143 a	2.667 a-c	1.340 a
LOR91*R	10.030 g	39.667 c	104.333 a	6.780 a	9.000 ab	2.620 a-c	7.890 a	3.687 a-e	48.443 a-c	47.047 f-h	74.693 a-f	93.723 h-j	3.943 a	2.276 c	1.190 a
LOR95*R	11.043dg	41.553bc	103.890 a	7.557 a	9.300 a	2.807 ab	7.333 a	3.833 a-e	47.110 a-c	47.293 e-h	74.547 a-g	110.170 b-i	3.810 a	2.720 a-c	1.263 a
LOR103*R	12.803bf	42.000bc	104.557 a	6.667 a	7.567 a-d	2.753 a-c	7.667 a	4.213 ab	46.557 a-c	49.333 c-h	79.117 a-c	111.220 a-i	3.933 a	2.720 a-c	1.447 a
LOR81*R	10.497fg	41.113bc	105.333 a	6.777 a	8.233 a-c	2.840 ab	7.667 a	3.687 a-e	51.447 ab	46.570 h	71.560 b-h	95.297 g-j	3.843 a	2.443 bc	1.327 a
LOR79*R	11.197cg	42.000bc	105.443 a	6.887 a	9.100 ab	2.710 a-c	7.443 a	2.793 c-e	46.443 a-c	47.280 e-h	70.873 c-i	92.443 ji	4.083 a	2.610 a-c	1.300 a
LOR82*R	12.603bg	42.333bc	104.223 a	7.000 a	6.000 cd	2.827 ab	7.447 a	4.167 ab	41.443 a-c	52.183 a-h	75.240 a-f	118.333 a-g	3.913 a	3.223 a	1.367 a
LOR111*R	12.420bg	49.333 a	106.553 a	7.443 a	7.333 a-d	2.907 a	7.110 a	3.340 a-e	43.667 a-c	50.407 b-h	75.417 a-f	110.780 b-i	3.937 a	2.583 a-c	1.180 a
LOR97*R	12.507bg	45.000ac	107.000 a	7.670 a	6.667 b-d	2.713 a-c	7.670 a	3.323 a-e	55.167 a	46.480 h	66.970 f-j	81.667 j	4.150 a	2.627 a-c	1.250 a
DSH	2.706	5.385	6.404	2.064	2.459	0.339	2.011	1.359	18.157	7.478	8.453	24.197	0.858	0.777	0.526

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto. DHS (0.05) = diferencia honesta estadística.

Cuadro 4.3. Comparación de medias entre las generaciones F1 y F2 de 23 cruzas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para variables de rendimiento y calidad. Texcoco, Edo. de México, México.

GENOTIPOS	GFIL	DFR3	DMR3	NFLOR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LUCU	FF
LOR85*L 1	F1	47.800 ab	106.000 ab	6.333 ce	6.100 ac	2.467 ab	7.367 a	2.200 abc	31.800 ab	46.800 hk	74.467 ad	98.73 ae	4.200 ac	2.533 ad	1.133 ab
LOR85*L 2	F2	43.400 ab	102.200 ab	6.533 be	6.267 ac	2.467 ab	8.200 a	3.7333 abc	43.600 ab	52.033 ak	75.633 ad	116.83 ae	4.200 ac	2.533 ad	1.133 ab
LOR91*L 3	F1	45.100 ab	102.767 ab	7.133 be	6.333 ac	2.633 ab	6.900 a	3.8333 abc	37.200 ab	54.267 aj	77.500 ad	131.00 ad	4.000 ac	2.233 cd	0.933 b
LOR91*L 4	F2	46.400 ab	97.833 b	6.933 be	6.233 ac	2.300 ab	7.367 a	3.7333 abc	35.900 ab	56.133 ag	74.900 ad	133.37 ad	4.767 a	2.533 ad	1.100 ab
LOR95*L 5	F1	42.333 ab	105.767 ab	7.000 be	6.333 ac	2.767 a	8.467 a	3.200 abc	38.333 ab	48.267 ek	74.767 ad	101.33 ae	4.133 ac	2.567 ad	1.267 ab
LOR95*L 6	F2	52.133 a	104.967 ab	7.467 ae	6.467 ac	2.167 b	7.533 a	3.300 abc	34.200 ab	53.900 aj	68.500 bf	116.83 ae	4.267 ac	2.433 bd	1.100 ab
LOR103*L 7	F1	45.567 ab	105.433 ab	6.7 bc	6.000 ac	2.767 a	8.000 a	2.800 abc	35.133 ab	45.800 jk	79.567 ac	97.57 ae	4.033 ac	2.800 ad	1.233 ab
LOR103*L 8	F2	41.733 ab	105.133 ab	6.667 be	6.733 ac	2.567 ab	7.933 a	2.900 abc	38.667 ab	46.967 hk	77.667 ad	98.40 ae	4.167 ac	2.467 bd	1.167 ab
LOR81*L 9	F1	43.567 ab	102.567 ab	6.967 be	6.333 ac	2.800 a	8.333 a	3.5333 abc	40.100 ab	50.400 bk	69.933 ae	106.37 ae	4.300 ac	2.733 ad	1.133 ab
LOR81*L 10	F2	43.633 ab	101.200 ab	7.700 ae	5.700 ac	2.633 ab	8.067 a	3.100 abc	40.433 ab	51.733 ak	70.833 ae	110.20 ae	4.367 ac	2.700 ad	1.000 ab
LOR79*L 11	F1	43.233 ab	101.333 ab	6.767 be	6.367 ac	2.667 ab	7.767 a	3.7333 abc	34.900 ab	57.833 ac	75.333 ad	144.13 ab	4.100 ac	3.167 ab	1.467 ab
LOR79*L 12	F2	47.400 ab	105.750 ab	6.500 be	5.100 bc	2.600 ab	7.400 a	2.750 abc	28.400 b	55.450 ai	70.850 ae	126.05 ad	4.200 ac	3.150 ab	1.300 ab
LOR82*L 13	F1	42.667 ab	103.567 ab	7.233 be	6.533 ac	2.533 ab	8.200 a	3.0333 abc	38.000 ab	48.100 ek	72.800 ae	103.10 ae	4.333 ac	2.867 ad	1.533 a
LOR82*L 14	F2	47.167 ab	105.167 ab	6.000 e	4.667 c	2.567 ab	7.333 a	2.900 abc	29.167 b	58.500 ab	77.233 ad	151.00 a	4.300 ac	3.100 ac	1.333 ab
LOR111*L15	F1	43.900 ab	102.767 ab	7.667 ae	6.900 ac	2.633 ab	8.100 a	3.4667abc	41.433 ab	53.267 aj	74.767 ad	123.30 ae	4.400 ac	2.733 ad	1.033 ab
LOR111*L16	F2	42.00 ab	106.000 ab	6.900 be	6.750 ac	2.600 ab	7.400 a	2.450 abc	31.250 ab	48.600 dk	75.900 ad	105.60 ae	4.550 ab	2.150 d	1.300 ab
LOR97*L17	F1	44.333 ab	106.100 ab	6.767 be	6.233 ac	2.667 ab	7.800 a	3.0667 abc	38.233 ab	46.600 ij	81.967 ab	91.87 be	4.333 ac	2.400 bd	1.133 ab
LOR97*L18	F2	46.650 ab	108.250 ab	6.750 be	6.850 ac	2.500 ab	7.400 a	3.100 abc	36.750 ab	47.750 ek	86.550 a	105.55 ae	4.600 ab	2.650 a-d	1.350 ab
LOR85*C19	F1	42.667 ab	105.767 ab	8.000 ae	6.000 ac	2.767 a	8.433 a	3.8 abc	46.000 ab	55.133 ai	69.267 ae	112.37 ae	3.600 c	2.567 ad	1.167 ab
LOR85*C20	F2	43.133 ab	104.333 ab	7.933 ae	6.000 ac	2.533 ab	7.067 a	3.0333 abc	36.200 ab	56.700 ae	67.067 bf	114.73 ae	3.833 bc	2.467 bd	1.133 ab
LOR91*C21	F1	42.00 ab	104.000 ab	7.567 ae	6.100 ac	2.633 ab	7.667 a	4.1333 ab	46.700 ab	57.500 ad	65.267 bf	132.00 ad	3.933 ac	2.467 bd	1.200 ab
LOR91*C22	F2	46.867 ab	105.533 ab	6.867 be	6.667 ab	2.733 b	6.467 a	3.100 abc	33.133 ab	53.900 aj	79.267 a-c	127.00 ad	4.467 ac	2.467 bd	1.133 ab
LOR95*C23	F1	42.567 ab	106.333 ab	7.233 be	5.900 ac	2.600 ab	7.000 a	2.5667abc	36.000 ab	53.067 ak	61.433 d-f	103.43 ae	3.900 ac	2.200 d	1.200 ab
LOR95*C24	F2	49.867 ab	107.267 ab	7.600 ae	5.400 bc	2.500 ab	7.067 a	2.2667 abc	36.400 ab	52.200 ak	66.233 ac	88.80 ce	4.367 ac	2.367 bd	1.167 ab
LOR103*C25	F1	41.567 ab	103.667 ab	7.900 ae	5.867 ac	2.667 ab	7.333 a	3.3667 abc	39.100 ab	56.200 af	68.367 bf	112.83 ae	4.067 ac	2.567 ad	1.167 ab
LOR103*C26	F2	43.333 ab	105.633 ab	6.200 de	5.733 ac	2.667 ab	7.467 a	2.900 abc	34.400 ab	52.633 ak	68.400 bf	113.83 ae	3.967 ac	2.300 cd	1.333 ab
LOR81*C27	F1	42.333 ab	104.533 ab	6.767 be	6.100 ac	2.767 a	7.433 a	3.7667 abc	42.333 ab	54.700 aj	63.733 cf	108.73 ae	4.067 ac	2.467 bd	0.933 b
LOR81*C28	F2	46.067 ab	106.167 ab	7.900 ae	6.200 ac	2.733 a	7.533 a	3.1333 abc	40.467 ab	55.133 ai	70.367 ae	90.40 be	4.233 ac	2.500 ad	1.067 ab
LOR79*C29	F1	43.667 ab	107.000 ab	6.433 be	6.000 ac	2.633 ab	7.233 a	3.6333 abc	40.433 ab	57.767 ac	62.567 cf	122.27 ae	3.700 bc	2.267 de	1.300 ab
LOR79*C30	F2	46.733 ab	108.733 a	7.400 ae	6.933 ac	2.500 ab	7.333 a	3.00 abc	36.467 ab	55.800 ah	62.933 cf	114.07 ae	3.700 bc	2.367 bd	1.200 ab
LOR82*C31	F1	42.333 ab	99.933 ab	6.767 bc	5.900 ac	2.767 a	7.667 a	4.3333 a	42.133 ab	59.667 a	64.433 df	136.23 ac	3.833 bc	3.167 ab	0.967 b
LOR82*C32	F2	41.400 ab	100.867 ab	7.133 be	5.933 ac	2.400 ab	7.867 a	3.500 abc	36.100 ab	58.367 ac	64.833 bf	124.83 ae	4.000 ac	3.367 a	1.233 ab
LOR111*C33	F1	45.900 ab	103.433 ab	7.900 ae	5.900 ac	2.767 a	6.467 b	2.9333 abc	31.467 ab	54.400 aj	67.433 df	106.60 ae	3.700 bc	2.500 ad	1.467 ab
LOR111*C34	F2	45.067 ab	104.833 ab	6.867 be	6.333 ac	2.467 ab	8.067 a	2.8333 abc	36.200 ab	53.900 aj	67.767 bf	112.50 ae	3.800 bc	2.567 ad	1.133 ab
LOR97*C35	F1	40.00 b	101.100 ab	7.433 ae	6.567 a	2.700 ab	7.233 a	2.2333 abc	36.433 ab	52.700 ak	56.167 ef	94.90 be	4.267 ac	2.600 ad	1.267 ab

LOR97*C36	F2	41.267 ab	104.667 ab	8.800 ae	5.733 ac	2.700 ab	7.867 a	1.8333 abc	38.200 ab	48.533 dk	51.767 f	71.30 e	4.433 ac	2.833 ad	1.233 ab
LOR91*R37	F1	39.667 b	103.767 ab	9.000 ad	6.800 ac	2.500 ab	7.467 a	3.4333 abc	48.433 ab	47.033 gk	74.300 ad	95.77 be	3.967 ac	2.267 dc	1.133 ab
LOR91*R38	F2	43.467 ab	105.567 ab	10.200 a	7.467 ac	2.767 a	7.800 a	3.0667 abc	45.867 ab	45.967 jk	75.633 ad	78.70 de	4.167 ac	2.767 ad	1.200 ab
LOR95*R39	F1	41.333 ab	104.100 ab	9.300 ab	8.433 a	2.800 a	7.333 a	3.8333 abc	47.100 ab	47.300 fk	74.300 ad	99.73 ae	3.800 bc	2.700 ad	1.267 ab
LOR95*R40	F2	43.433 ab	101.700 ab	9.200 abc	7.533 ab	2.667 ab	7.667 a	3.1333 abc	48.167 ab	44.433 k	74.500 ad	81.23 de	4.400 ac	2.533 ad	1.300 ab
LOR103*R41	F1	42.333 ab	98.167 b	7.567 ae	6.667 ac	2.767 a	7.667 a	4.2333 ab	46.567 ab	49.333 ck	78.633 ad	110.13 ae	3.933 ac	2.700 ad	1.467 ab
LOR103*R42	F2	46.533 ab	104.667 ab	8.3 ae	7.133 ac	2.700 ab	7.133 a	2.9333 abc	41.533 ab	47.167 fk	76.367 ad	96.93 ae	3.967 ac	2.567 ad	1.367 ab
LOR81*R43	F1	41.00 ab	104.100 ab	8.233 ae	7.100 ac	2.833 a	7.667 a	3.7 abc	51.467 a	46.567 ik	71.833 ae	94.63 be	3.867 ac	2.433 bd	1.467 ab
LOR81*R44	F2	42.4 ab	102.533 ab	8.167 ae	5.967 ac	2.700 ab	7.700 a	3.2667 abc	47.133 ab	47.500 fk	74.133 ad	93.27 be	4.100 ac	2.700 ad	1.133 ab
LOR79*R45	F1	42.333 ab	104.200 ab	9.100 ad	6.867 ac	2.700 ab	7.433 a	3.0667 abc	46.433 ab	47.267 fk	69.400 ae	95.87 be	4.100 ac	2.600 ad	1.267 ab
LOR79*R46	F2	44.250 ab	107.500 ab	7.500 ae	6.500 ac	2.750 a	7.000 a	2.900 abc	41.000 ab	50.550 a-k	70.650 ae	102.45 ae	4.250 ac	2.500 ad	1.100 ab

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente. Medias con la misma letra en columna entre tratamientos, son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$); R = reducciones porcentuales. PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF = peso promedio del fruto (g); DF = diámetro de fruto (mm); LF = longitud de fruto (mm); DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3 = días a maduración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix); LOCUCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto; GFIL= generación filial.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios de cruza de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), sus generaciones filiales F1 y F2, y del contraste F1 vs F2. Montecillo, 2016.

	G.L.	DFR3	DMR3	NFLOR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	SST	LUCU	FF
Rep	2	0.611	14.934	5.825**	2.689*	0.245**	9.588**	5.023**	263.565**	52.965**	146.665**	203.273	0.085	0.211*	0.085*
Gen	46	19.051*	16.319*	2.387**	1.175*	0.056**	0.729	0.982**	88.657**	53.224**	124.569**	855.399**	0.192**	0.198**	0.067**
F1	23	10.507	13.375*	2.019**	0.952	0.029	0.939*	1.186**	94.469**	59.072**	123.210**	691.597**	0.146*	0.189**	0.103**
F2	23	22.764	18.051*	2.770**	1.400**	0.064**	0.690	0.817**	82.932**	49.113**	130.482**	1075.413**	0.196**	0.208**	0.049*
F1vsF2	1	133.800**	18.120	0.028	0.596	0.451**	0.254	4.854**	237.270*	2.092	133.104	175.236	1.178**	0.0145	0.032
Error	136	10.793	9.366	0.704	0.678	0.025	0.687	0.388	34.888	7.001	25.389	251.045	0.071	0.063	0.024
C.V.		7.487	2.940	11.203	12.970	6.056	10.912	19.264	14.914	5.093	7.076	14.528	6.463	9.672	12.798

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente. DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix); LOCUCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto. CV= coeficiente de variación.

Cuadro 4.5. Efectos de aptitud combinatoria general para 9 líneas y 3 probadores de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en ocho caracteres de jitomate.

PROBADORES	DIA	DFR3	DMR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LOCU	FF
LOR85	0.4	0.34	-0.29	-0.09	-0.11*	0.09	-0.29*	1.52	-1.18	0.139	2.36	-0.05	-0.04	0.07
LOR91	-0.52	-0.74	-0.03	-0.09	-0.03	0.01	0.37*	2.33	1.54*	1.27	9.25*	-0.06	-0.28*	-0.04
LOR95	0.59*	-0.89	-0.43	0.14	0.03	0.01	-0.13	-1.29	-1.87*	-0.38	-3.46	-0.07	-0.13	-0.03
LOR103	0.04	-0.18	-0.03	-0.27	0.02	0.05	-0.08	-1.52	-0.94	4.59**	-2.78	-0.01	0.07	0.09
LOR81	-0.18*	-0.59	0.19	-0.09	0.10*	0.16	0.12	2.85	-0.84	-2.61*	-6.89*	0.03	-0.08	-0.09
LOR79	-0.09	-0.19	-0.22	-0.09	-0.05	-0.16	0.06	-1.19	2.89*	-1.19	3.67	-0.07	0.07	0.03
LOR82	-0.65*	-0.74	-0.81	-0.01	-0.01	0.12	0.44*	-1.26	1.91*	-0.58	5.66*	0.0012	0.48**	0.04
LOR111	0.23	2.89**	0.89	0.24	0.07	-0.28	-0.11	-2.93	1.30	0.99	7.13*	0.005	-0.01	-0.06
LOR97	0.18	0.08	0.74	0.25	-0.03	-0.01	-0.37*	1.49	-2.81*	-2.22*	-14.94**	0.24*	-0.07	-0.01
ERROR														
ESTANDAR	0.27	0.53	0.63	0.2	0.03	0.19	0.13	1.79	0.74	0.83	2.38	0.08	0.08	0.05

LINEAS	DIA	DFR3	DMR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LOCU	FF
L	0.89**	0.71	0.24	-0.16	-0.05	0.29	-0.09	-4.55*	-1.25*	4.75**	4.10*	0.18*	0.05	-0.02
C	0.55*	-0.63	-0.23	-0.42	0	-0.16	-0.08	-1.72	4.28**	-6.81**	5.08*	-0.13*	-0.08	-0.02
R	-1.44*	-0.08	-0.008	0.58	0.04	-0.13	0.18*	6.26*	-3.03*	2.06*	-9.18*	-0.05	0.04	0.042
ERROR														
ESTANDAR	0.13	0.27	0.32	0.1	0.02	0.09	0.07	0.89	0.37	0.42	1.19	0.04	0.04	0.03

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente. DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

Cuadro 4.6. Prueba de medias (valores de ACG) de líneas y probadores para ocho variables de rendimiento y calidad en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

PROBADORES	DIA	DFR3	DMR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LOCU	FF
LOR85	13.593 a	43.296 ab	104.889 a	6.408 a	2.606 b	7.742 a	3.179 a	43.298 a	50.218 a	71.174 a	112.846 ab	3.967 a	2.576 b	1.319 a
2 LOR91	12.468 a	42.222 b	105.148 a	6.408 a	2.679 ab	7.668 a	3.838 a	44.111 a	52.938 a	72.301 a	119.740 a	3.961 a	2.332 b	1.212 a
3 LOR95	13.593 a	42.073 b	104.370 a	6.631 a	2.744 ab	7.668 a	3.343 a	40.481 a	49.531 a	70.652 a	107.027 ab	3.948 a	2.482 b	1.224 a
4 LOR103	13.033 a	42.778 ab	105.148 a	6.222 a	2.728 ab	7.705 a	3.380 a	40.260 a	50.460 a	75.620 a	107.703 ab	4.008 a	2.686 ab	1.344 a
5 LOR81	12.821 a	42.371 b	105.370 a	6.407 a	2.814 a	7.814 a	3.591 a	44.630 a	50.557 a	68.423 a	103.598 ab	4.0467	2.538 b	1.165 a
6 LOR79	12.910 a	42.778 ab	104.962 a	6.408 a	2.666 ab	7.481 a	3.530 a	40.592 a	54.300 a	69.841 a	114.160 ab	3.953 a	2.684 ab	1.288 a
7 LOR82	12.344 a	42.222 b	104.370 a	6.481 a	2.702 ab	7.778 a	3.909 a	40.519 a	53.313 a	70.456 a	116.148 ab	4.019 a	3.092 a	1.296 a
8 LOR111	13.223 a	45.851 a	106.073 a	6.740 a	2.776 ab	7.370 a	3.351 a	38.852 a	52.701 a	72.028 a	117.618 a	4.013 a	2.602 b	1.193 a
9 LOR97	13.174 a	43.037ab	105.370 a	6.741 a	2.684 ab	7.631 a	3.096 a	43.278 a	48.588 a	68.818 a	95.550 b	4.256 a	2.542 b	1.243 a
DHS	2.425	3.392	3.1296	1.124	0.183	1.039	0.864	11.836	6.807	9.764	20.95	0.456	0.425	0.285
LINEAS														
1L	13.890 a	43.667 a	105.419 a	6.333 b	2.663 b	7.939 a	3.374 a	37.235 b	50.156 b	75.789 a	115.567 a	4.195 a	2.662 a	1.235 a
2C	13.542 a	42.333 a	104.950	6.074 b	2.718 ab	7.494 b	3.386 a	40.062 b	55.680 a	64.227 c	114.589 a	3.889 b	2.531 a	1.231 a
3R	11.556 b	42.876 a	105.173 a	7.074 a	2.752 a	7.519 b	3.646 a	48.043 a	48.366 b	73.089 b	101.307 b	3.973 b	2.652 a	1.296 a
DSH (0.05)	0.773	1.541	1.334	0.384	0.081	0.417	0.389	4.028	2.257	2.682	8.946	0.178	0.216	0.123

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto. DHS (0.05) = diferencia homogénea estadística.

Cuadro 4.7. Efectos de actitud combinatoria específica para 27 cruzas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

CRUZA	DIA	DFR3	DMR3	NFR3	ALT	NR	NF	PT	DF	LF	PPF	BRIX	LUCU	FF
LOR85*L	1.51**	1.330	-0.02	-0.14	-0.09*	-0.69*	-6.97*	-0.55*	-2.17*	-1.32	6.70*	0.02	-0.12	0.07
LOR85*C	-0.46	-1.003	-0.33	0.24	0.15*	0.86*	4.42	0.14	0.65	5.16**	-1.17	-0.24*	0.07	-0.05
LOR85*R	-1.05*	-0.327	0.34	-0.09	-0.06	-0.16	2.55	0.41*	1.52	-3.84*	-5.54	0.22	0.05	-0.02
LOR91*L	0.32	2.403*	1.39	0.09	0.02	-0.73**	-2.35	0.17	2.57*	0.75	8.10*	-0.13	-0.16	-0.22*
LOR91*C	0.68	0.070	-0.58	0.12	0.08	0.38	4.28	0.15	0.29	-1.08	8.73*	0.09	0.25*	0.29**
LOR91*R	-0.99*	-2.473*	-0.81	-0.21	-0.09*	0.35	-1.93	-0.33	-2.86*	0.34	-16.84**	0.03	-0.09	-0.06
LOR95*L	0.55	-0.115	0.02	-0.14	0.06	0.49	2.39	0.27	-0.04	1.26	-16.83**	0	0.03	0.05
LOR95*C	0.56	0.552	0.82	-0.21	-0.08	-0.29	-2.76	-0.58*	-0.76	-3.10*	4.51	0.09	-0.23*	-0.05
LOR95*R	-1.11*	-0.438	-0.84	0.35	0.02	-0.2	0.37	0.31	0.79	1.84	12.32**	-0.09	0.2	0.00
LOR103*L	-0.87*	1.514*	1.5	-0.06	0.07	0.01	-0.6	-0.27	-3.39*	-0.56	-8.32*	-0.15	0.05	0.04
LOR103*C	-0.34	-0.819	-0.92	0.19	-0.06	-0.1	0.57	-0.39*	1.48	-0.88	-4.37	0.18	-0.05	-0.09
LOR103*R	1.21*	-0.695	-0.58	-0.14	-0.02	0.09	0.03	0.66**	1.91	1.44	12.69**	-0.03	0.00	0.06
LOR81*L	0.83*	-0.079	-0.83	0.09	0.06	0.23	0.03	0.02	1.09	-3.35*	2.75	0.05	0.14	0.01
LOR81*C	0.06	1.255	0.86	0.12	-0.05	-0.21	-0.58	0.06	-0.14	2.26	-3.62	0.11	-0.01	-0.13
LOR81*R	-0.88*	-1.181	-0.03	-0.21	-0.02	-0.01	0.56	-0.08	-0.95	1.08	0.88	-0.16	-0.13	0.12
LOR79*L	-0.06	-0.486	-1.42	0.09	0.05	0.01	-1.16	0.3	4.79**	1.49	16.93**	-0.06	0.44**	0.06
LOR79*C	0.34	1.181	0.93	0.01	-0.05	-0.1	1.57	0.61*	-0.8	-0.48	-4.39	-0.11	-0.32*	-0.03
LOR79*R	-0.27	-0.695	0.49	-0.1	0.00	0.09	-0.41	-0.91**	-3.99**	-1.02	-12.54**	0.18	-0.11	-0.03
LOR82*L	-1.8**	-0.597	0.5	0.23	-0.09	0.16	2.03	-0.57*	-3.96**	-3.53*	-18.25**	0.13	-0.25*	0.18*
LOR82*C	0.1	0.403	-0.36	-0.17	0.00	0.05	3.31	0.49*	2.05*	0.8	6.88*	-0.07	0.16	-0.21*
LOR82*R	1.69**	0.193	-0.14	-0.06	0.08	-0.19	-5.34*	0.08	1.91	2.73*	11.37*	-0.06	0.09	0.03
LOR111*L	0.16	-3.892**	-2.31*	0.09	-0.07	0.45	7.14*	0.32	1.84	-2.26	-1.02	0.21	0.08	-0.11
LOR111*C	-0.79*	0.328	1.82*	-0.21	-0.02	-0.32	-5.69*	-0.13	-2.58*	0.92	-1.33	-0.18	-0.02	0.17*
LOR111*R	0.64	3.565**	0.49	0.12	0.09	-0.13	-1.45	-0.19	0.74	1.34	2.34	-0.03	-0.06	-0.06
LOR97*L	-0.62	-0.078	1.17	-0.25	0.00	0.08	-0.51	0.3	-0.74	7.52	9.94*	-0.08	-0.19	-0.07
LOR97*C	-0.15	-1.968*	-2.25*	-0.1	0.00	-0.25	-5.12*	-0.35	-0.18	-3.61*	-5.24	0.14	0.15	0.11
LOR97*R	0.77*	2.046*	1.08	0.35	-0.01	0.17	5.63*	0.05	0.93	-3.9*	-4.7	-0.06	0.05	-0.04
DSH	0.38	0.75	0.89	0.29	0.05	0.28	2.53	0.19	1.04	1.18	3.37	0.12	0.11	0.07

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente; DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto. DHS (0.05) = diferencia honesta estadística.

Cuadro 4.8. Prueba de medias para 27 cruzas de jitomate en variables morfo agronómicas y de rendimiento

GENOTIPOS	Dia	DFR3	DMR3	NFR3	NFLOR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LUCU	FF
LOR85*L	15.807 a	45.333ab	105.110 a	6.110 a	6.333 dc	2.463 c	7.337 a	2.530 e	31.780 c	46.807 gh	74.610 af	123.647 ae	4.163 a	2.503 ac	1.367 a
LOR91*L	13.677ad	45.333ab	106.777 a	6.333 a	7.133 ad	2.647 ac	7.223 a	3.917 ad	37.220 ac	54.260 ag	77.800 ad	131.943 ac	4.010 a	2.223 c	0.970 a
LOR95*L	15.037ab	42.667bc	105.000 a	6.333 a	7.000 ad	2.753 ac	8.447 a	3.520 ae	38.333 ac	48.250 eh	76.667 ad	94.300 gj	4.127 a	2.557 ac	1.257 a
LOR103*L	13.053bf	45.000bc	106.887 a	6.000 a	6.667 bd	2.750 ac	8.000 a	3.020 ae	35.113 bc	45.823 h	79.813 ab	103.480 ej	4.033 a	2.780 a	1.363 a
LOR81*L	14.543ab	43.000bc	104.777 a	6.333 a	6.967 ad	2.826 ab	8.333 a	3.520 ae	40.110 ac	50.403 bh	69.830 di	110.443 bi	4.273 a	2.723 ac	1.157 a
LOR79*L	13.740ad	43.000bc	103.777 a	6.367 a	6.767 bd	2.667 ac	7.777 a	3.740 ae	34.890 bc	57.843 ab	76.093 ae	135.187 a	4.067 a	3.167 ab	1.327 a
LOR82*L	11.437cg	42.333bc	105.110 a	6.533 a	7.233 ad	2.563 bc	8.220 a	3.243 ae	38.000 ac	48.113 dh	71.677 bh	102.000 ej	4.327 a	2.887 a	1.457 a
LOR111*L	14.270ab	42.667bc	104.000 a	6.667 a	7.667 ad	2.656 ac	8.110 a	3.573 ae	41.443 ac	53.300 ah	74.523 ag	120.703 af	4.403 a	2.723 ac	1.063 a
LOR97*L	13.450ae	43.667bc	107.333 a	6.333 a	6.767 bd	2.640 ac	8.000 a	3.303 ae	38.223 ac	46.603 h	81.083 a	109.593 bi	4.353 a	2.390 bc	1.153 a
LOR85*C	13.483ae	41.667bc	104.333 a	6.223 a	8.000 ad	2.763 ac	8.443 a	3.240 ae	46.000 ac	55.147 ad	69.527 di	116.760 ah	3.593 a	2.557 ac	1.250 a
LOR91*C	13.697ad	41.667bc	104.333 a	6.110 a	7.567 ad	2.770 ac	7.890 a	3.910 ad	46.670 ac	57.507 ab	64.410 ik	133.553 ab	3.930 a	2.497 ac	1.477 a
LOR95*C	14.700ab	42.000bc	105.333 a	6.003 a	7.233 ad	2.673 ac	7.223 a	2.677 de	36.000 bc	53.050 ah	60.743 jk	116.610 ai	3.907 a	2.170 c	1.153 a
LOR103*C	13.243ae	41.333bc	104.000 a	6.000 a	7.900 ad	2.680 ac	7.447 a	2.907 be	39.1a0 ac	56.223 ac	67.930 ej	108.410 ci	4.057 a	2.557 ac	1.223 a
LOR81*C	13.423ae	43.000bc	106.000 a	6.110 a	6.767 bd	2.776 ac	7.443 a	3.567 ae	42.333 ac	54.697 ae	63.880 hk	105.053 dj	4.023 a	2.447 ac	1.010 a
LOR79*C	13.793ad	43.333bc	105.667 a	6.000 a	6.433 cd	2.620 ac	7.223 a	4.057 ac	40.443 ac	57.777 ab	62.557 ik	114.850 ai	3.710 a	2.277 c	1.237 a
LOR82*C	12.993bf	42.000bc	103.777 a	5.890 a	6.767 bd	2.717 ac	7.667 a	4.317 a	42.113 ac	59.643 a	64.450 hk	128.110 ad	3.817 a	3.167 ab	1.063 a
LOR111*C	12.980bf	45.553ab	107.667 a	6.110 a	7.900 ad	2.763 ac	6.890 a	3.140 ae	31.447 c	54.397 af	66.143 gk	121.370 af	3.700 a	2.500 ac	1.337 a
LOR97*C	13.567ae	40.443bc	103.443 a	6.220 a	7.433 ad	2.700 ac	7.223 a	2.660 de	36.443 bc	52.680 ah	58.400 k	95.390 gj	4.263 a	2.610 ac	1.327 a
LOR85*R	10.907eg	42.887bc	105.223 a	6.890 a	5.667 d	2.590 ac	7.447 a	3.767 ae	52.113 ab	48.700 dh	69.387 di	98.130 fj	4.143 a	2.667 ac	1.340 a
LOR91*R	10.030g	39.667c	104.333 a	6.780 a	9.000 ab	2.620 ac	7.890 a	3.687 ae	48.443 ac	47.047 fh	74.693 af	93.723 hj	3.943 a	2.276 c	1.190 a
LOR95*R	11.043dg	41.553bc	103.890 a	7.557 a	9.300 a	2.807 ab	7.333 a	3.833 ae	47.110 ac	47.293 eh	74.547 ag	110.170 bi	3.810 a	2.720 ac	1.263 a
LOR103*R	12.803bf	42.000bc	104.557 a	6.667 a	7.567 ad	2.753 ac	7.667 a	4.213 ab	46.557 ac	49.333 ch	79.117 ac	111.220 ai	3.933 a	2.720 ac	1.447 a
LOR81*R	10.497fg	41.113bc	105.333 a	6.777 a	8.233 ac	2.840 ab	7.667 a	3.687 ae	51.447 ab	46.570 h	71.560 bh	95.297 gj	3.843 a	2.443 bc	1.327 a
LOR79*R	11.197cg	42.000bc	105.443 a	6.887 a	9.100 ab	2.710 ac	7.443 a	2.793 ce	46.443 ac	47.280 eh	70.873 ci	92.443 ji	4.083 a	2.610 ac	1.300 a
LOR82*R	12.603bg	42.333bc	104.223 a	7.000 a	6.000 cd	2.827 ab	7.447 a	4.167 ab	41.443 ac	52.183 ah	75.240 af	118.333 ag	3.913 a	3.223 a	1.367 a
LOR111*R	12.420bg	49.333a	106.553 a	7.443 a	7.333 ad	2.907 a	7.110 a	3.340 ae	43.667 ac	50.407 bh	75.417 af	110.780 bi	3.937 a	2.583 ac	1.180 a
LOR97*R	12.507bg	45.000ac	107.000 a	7.670 a	6.667 bd	2.713 ac	7.670 a	3.323 ae	55.167 a	46.480 h	66.970 fj	81.667 j	4.150 a	2.627 ac	1.250 a
DSH	2.706	5.385	6.404	2.064	2.459	0.339	2.011	1.359	18.157	7.478	8.453	24.197	0.858	0.777	0.526

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto. DHS (0.05)=diferencia honesta estadística.

Cuadro 4.9. Porcentaje de heterosis en F₁ respecto al progenitor medio, en 27 híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para características de rendimiento y calidad.

CRUZAS	Dia	DFR3	DMR3	NFLOR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LOCU	FIR
LOR85*L	-1.74	3.42	-1.05	-6.56	2.80	1.84	7.32	-24.33	-0.52	-15.89	10.91	-8.65	-9.38	-5.26	14.74
LOR91*L	-14.18	-1.81	-0.83	-3.08	3.64	3.70	6.56	17.25	8.06	-2.22	17.69	6.22	-16.00	-15.79	-26.91
LOR95*L	-3.22	-6.91	-2.48	-13.10	7.55	14.80	25.62	19.84	23.43	-12.04	18.08	-11.34	-15.18	5.14	0.92
LOR103*L	-17.97	0.25	0.79	5.26	8.00	12.94	19.01	0.91	7.67	-13.75	13.68	-13.65	-13.88	4.17	-7.14
LOR81*L	-7.71	-2.46	-1.67	-0.80	7.04	15.58	16.73	13.76	16.83	-6.91	3.41	-10.07	-11.10	5.38	-5.62
LOR79*L	-13.19	-8.29	-3.86	7.02	8.57	13.35	16.67	23.45	16.73	3.01	18.09	11.54	-10.84	31.03	-2.54
LOR82*L	-25.60	-7.64	-1.66	12.82	16.83	4.87	22.31	-4.09	34.65	-18.48	8.19	-24.15	-3.83	-18.75	22.38
LOR111*L	-7.76	-6.00	-3.41	-1.52	8.11	4.14	18.70	16.69	30.42	-1.58	6.90	-8.67	-8.16	0.00	-2.96
LOR84*L	-24.07	-1.92	-1.93	0.00	5.77	13.96	11.11	39.39	36.36	1.23	14.47	11.10	-6.67	3.30	18.63
LOR97*L	-10.09	4.17	2.33	-9.96	3.64	7.39	18.03	22.64	2.53	-8.83	48.19	21.07	-9.48	-38.13	-0.48
LOR85*C	-14.77	-3.47	-2.64	11.11	6.67	7.72	12.59	23.41	40.82	5.95	10.90	-0.24	-13.40	-8.91	21.55
LOR91*C	-12.57	-8.42	-3.94	0.00	1.85	2.64	5.97	48.87	32.70	10.80	4.69	26.11	-9.17	-10.89	27.14
LOR95*C	-3.70	-7.01	-3.02	-12.75	3.85	5.22	-2.26	20.59	13.29	3.49	0.65	32.45	-11.68	-16.58	6.98
LOR103*C	-15.33	-6.53	-2.80	13.56	10.20	3.99	0.75	57.89	17.33	13.50	3.51	6.79	-4.33	-9.80	-5.84
LOR81*C	-13.34	-0.96	-1.40	-5.43	5.26	7.08	-4.63	58.72	20.76	8.21	1.48	0.54	-7.77	-11.11	-4.70
LOR79*C	-11.32	-6.25	-2.96	-1.69	4.85	5.10	-1.52	56.57	32.12	9.92	4.51	11.64	-9.85	-11.83	3.42
LOR82*C	-13.97	-7.01	-3.76	0.83	7.07	5.11	3.76	61.90	45.49	7.62	4.51	10.29	-5.89	-14.93	3.52
LOR111*C	-14.61	1.86	-0.87	5.88	0.92	2.60	-8.15	33.92	-3.25	7.58	1.55	6.61	-15.00	-13.46	43.47
LOR97*C	-7.67	-5.58	-3.52	6.35	9.80	3.91	-5.80	-1.57	8.07	5.58	-6.07	-2.03	0.49	-3.09	34.99
LOR85*R	-35.01	-3.26	-1.56	12.99	2.48	-1.33	9.84	29.79	29.38	-4.45	-0.39	-13.22	-1.94	0.52	13.65

LOR91*R	-39.71	-15.00	-3.69	-7.41	-1.61	-4.97	17.36	26.86	13.25	-7.42	9.06	-8.07	-10.55	-14.14	-9.35
LOR95*R	-31.97	-10.31	-4.10	-2.82	13.33	7.81	10.00	53.34	19.61	-5.75	10.74	31.01	-15.33	11.36	2.85
LOR103*R	-22.93	-7.47	-2.03	-2.74	5.26	4.38	15.00	64.82	13.70	1.81	8.99	14.00	-8.91	1.55	-0.61
LOR81*R	-36.21	-7.79	-1.76	-5.73	1.24	7.06	8.24	38.65	20.57	-5.87	2.35	-5.22	-13.42	-5.88	9.25
LOR79*R	-32.23	-11.37	-2.92	12.33	4.20	5.91	12.61	17.52	21.51	-8.15	6.06	-6.55	-2.68	7.43	-3.82
LOR82*R	-21.57	-8.63	-3.10	-0.67	9.57	6.65	11.67	41.41	13.37	-3.98	9.62	5.46	-5.41	-9.73	15.87
LOR111*R	-23.18	7.51	-1.64	-13.41	7.20	5.46	4.92	45.83	8.86	1.88	4.60	0.81	-11.25	-5.58	8.95
LOR84*R	-24.57	15.40	3.58	-10.39	6.78	7.10	12.00	32.63	22.85	2.45	2.45	15.96	-7.91	4.92	28.03
LOR97*R	-20.14	6.09	1.37	5.67	11.29	1.88	14.05	47.25	20.95	0.09	17.28	19.65	-6.63	-32.26	9.12

DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

Cuadro 4.10. Porcentaje de heterosis en F₂ de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) en componentes de rendimiento y calidad con respecto al progenitor medio.

	Dia	DFR3	DMR3	NFLOR3	NFR3	ALT	NR	PT	NF	DF	LF	PPF	BRIX	LOCU	FIR
LOR85*L	-19.90	5.10	0.67	-3.61	6.54	3.58	20.00	12.49	36.49	-6.43	3.72	-14.82	-8.53	-4.00	-2.89
LOR91*L	-22.21	-2.45	-4.06	-4.00	2.27	-7.37	10.82	15.20	4.19	1.13	6.95	1.27	-0.02	-5.89	-17.73
LOR95*L	-20.09	3.56	-2.04	9.24	12.08	-8.27	13.06	14.91	10.13	-1.71	-2.49	18.61	-12.67	-0.23	-10.56
LOR103*L	-19.19	-8.37	0.21	9.47	17.60	5.57	18.02	1.61	18.57	-11.60	10.83	-4.34	-11.25	-7.50	-13.19
LOR81*L	-17.62	-2.16	-1.69	7.84	-2.35	6.68	13.00	5.13	17.80	-4.42	6.09	-6.08	-9.02	4.09	-22.24
LOR79*L	-3.54	-1.90	-1.03	2.63	-11.43	10.91	7.50	4.91	1.49	-3.80	13.15	-1.03	-6.46	31.03	-5.09
LOR82*L	-11.14	-0.73	-0.36	-2.56	-7.92	4.71	9.09	-13.94	3.35	-0.90	9.75	10.64	-5.00	-15.63	16.26
LOR111*L	-12.31	-6.36	-1.55	-9.66	-0.68	2.21	7.93	-12.35	-1.66	-10.25	0.73	-18.85	-5.67	-21.94	22.88
LOR97*L	-18.80	11.33	4.87	-10.33	11.82	2.20	9.43	16.06	-1.42	-6.63	57.27	26.13	-5.14	-32.01	19.11
LOR85*C	-13.42	-1.31	-0.95	13.33	5.14	-1.66	-4.00	20.48	10.82	8.98	10.44	8.82	-7.85	-12.38	27.28
LOR91*C	-17.63	1.61	-0.75	-7.76	9.17	0.59	-13.13	18.17	-5.83	3.82	20.19	14.64	2.58	-15.05	3.54
LOR95*C	-6.97	5.54	1.59	-8.19	-4.23	0.07	0.15	9.32	14.55	1.06	12.76	31.44	-2.10	-11.44	23.87
LOR103*C	-13.67	-1.71	-0.30	-4.41	8.98	3.84	1.95	26.64	3.20	6.21	3.38	10.77	-5.95	-18.82	-2.47
LOR81*C	-13.99	4.88	-0.08	9.77	7.94	5.43	-2.63	40.88	15.44	9.09	12.49	8.18	-2.80	-8.69	0.45
LOR79*C	-4.45	0.67	-0.14	8.81	22.33	0.60	0.91	45.66	19.13	6.20	4.42	16.70	-10.28	-8.39	0.49
LOR82*C	-13.60	-7.60	-3.93	1.16	9.09	-6.75	8.27	31.81	24.61	5.24	2.18	9.77	-0.96	-14.93	5.91
LOR111*C	-14.09	0.77	1.52	-10.88	5.69	-5.07	7.56	26.65	11.38	6.60	7.27	-1.24	-13.31	-11.15	24.68
LOR84*C	-20.11	-4.12	-2.82	-3.81	5.88	4.12	12.17	24.44	14.66	9.46	5.77	20.94	2.82	-7.22	30.88
LOR97*C	-17.43	0.36	-2.74	4.95	-1.11	4.32	5.67	6.56	0.53	2.17	6.01	6.50	1.04	-33.79	22.21
LOR91*R	-31.99	-9.14	-2.52	2.22	3.55	-0.11	16.03	5.12	7.22	-9.54	4.27	-4.39	-5.39	3.87	-11.91
LOR95*R	-26.09	-4.86	-1.92	-15.76	6.75	1.86	15.00	36.50	22.28	-11.42	4.65	12.05	-2.38	4.32	1.69
LOR103*R	-22.65	-1.30	0.49	-2.19	7.37	0.61	9.00	23.08	1.44	-2.65	11.99	1.97	-7.75	-4.25	-12.60
LOR81*R	-29.25	-4.60	-2.20	-11.34	-9.38	1.95	8.24	23.16	9.38	-4.42	1.37	-7.25	-8.19	1.39	-0.35
LOR79*R	-26.16	-7.68	-1.02	-7.53	2.10	6.39	9.66	11.90	7.27	-1.81	8.36	5.61	1.39	1.14	-13.57

DIA= diámetro del tallo; DFR3 = días a floración del tercer racimo; DMR3= días a maduración del tercer racimo; NFLOR3= número de flores del tercer racimo; NFR3= número de frutos del tercer racimo; ALT=altura de planta; NR= número de racimos totales por planta; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; DF= diámetro de fruto; LF=longitud del fruto; PPF = peso promedio del fruto (g); BRIX = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU=número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

