

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS



SELECCIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L. POR SU RENDIMIENTO Y RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. (Fol) (Sacc.) Snyder y Hansen

JULIO NARCIZO EK MAAS

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO**

Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

SELECCIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L. POR SU RENDIMIENTO Y RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. (Fol) (SACC.) SNYDER Y HANSEN

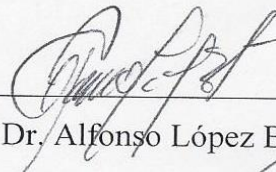
T E S I S

JULIO NARCIZO EK MAAS

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

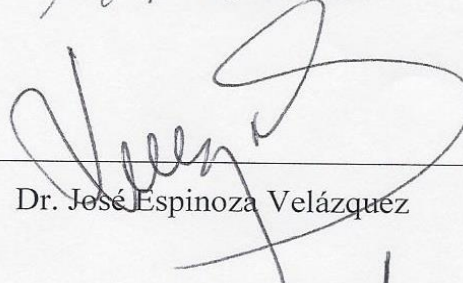
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO
COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal



Dr. Alfonso López Benítez

Asesor



Dr. José Espinoza Velázquez

Asesor



Dr. Fernando Borrego Escalante



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Por forjar y dirigir mi camino al sendero correcto, gracias por protegerme y permitirme estar con los que me aman.

A mi “Alma Terra Mater” la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría a través del Departamento de Fitomejoramiento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Por el apoyo económico otorgado durante mi estancia en la maestría.

Al Dr. Alfonso López Benítez. Por su ejemplo, enseñanza, confianza, atención en general, sobre todo por su tiempo y energía. Agradezco plenamente su apoyo.

Al Dr. José Espinoza Velázquez. Por su apoyo en la realización y revisión de este trabajo, sobre todo por sus enseñanzas y ejemplos de fortaleza, adaptación, además de sus sugerencias.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante. Por su enseñanza, sugerencias, experiencia compartida, dedicación y revisión de este trabajo.

A la Lic. en Contabilidad. Nayeli Torres Colín. Hermana Amiga fuente de inspiración, ha dado frutos tu tiempo, energía, apoyo, amor, paciencia, motivación, reorientación, gracias porque nunca me abandonaste, estuviste al pie del cañón conmigo; Te quiero.

A mis Amigos y Compañeros de Generación: Nury, Yonis, Lino, Loyo, Gaby, Noé, por el apoyo, el buen equipo y las experiencias vividas y compartidas; así también quiero mencionar a mis buenos amigos: Marco Aurelio, Gayosso, Sami, Carlos, Braulio.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

María del Carmen Maas Koyoc y Marcelo Ek Balam. Por su ejemplo de fortaleza, respeto, honestidad, humildad, por darme parte de su vida, energía, tiempo, amor, educación, si la vida me permitiera seleccionar a unos padres, con mucho amor los elegiría.

A MIS HERMANOS:

Israel, Marisol, Carlos, Pedro, Rosa, José, Naty y Sol. Por sus atenciones, y por su apoyo frente a las adversidades de la vida.

COMPENDIO

SELECCIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L. POR SU RENDIMIENTO Y RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici*. (Fol) (SACC.) SNYDER Y HANSEN

POR

JULIO NARCIZO EK MAAS

MAESTRIA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO, 2015.

Dr. Alfonso López Benítez –Asesor principal

Palabras Clave: *Solanum lycopersicum* L., efectos genéticos, *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici*, Resistencia genética, Rendimiento.

El tomate es una especie ampliamente cultivada por su diversidad de usos tanto en forma directa como industrial. En este trabajo se estimó aptitud combinatoria para características de rendimiento de nueve variedades de tomate (saladette, bola y cherry) y sus 36 cruza F₁, así como su reacción a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici*. Los híbridos F₁ y sus progenitores se evaluaron en campo en el ciclo primavera-verano PV 2014. La inoculación del hongo se hizo en plántulas de 30 días de emergidas sumergiendo las raíces durante 10 min en una suspensión de 1 x 10⁶ conidios por ml de *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici* Raza 3. Las variables evaluados fueron

rendimiento (RDT), peso promedio de fruto (PPF), peso total de fruto por planta (PTFPP), número de frutos por planta (NFPP), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), . Los resultados mostraron diferencias ($p \leq 0.01$) en ACG para todos los caracteres, a excepción de RDT y PTFPP. Para ACE se observaron diferencias ($p \leq 0.01$) para NFPP, DP, DE y ($p \leq 0.05$) para RDT y PTFPP. Los progenitores con mayor ACG fueron SALTILLO 1, MOLINO y D4 con frutos tipo bola. La contribución a la varianza de RDT y PTFPP para la fuente de variación genotipos estuvo constituida por efectos no aditivos (ACE) y los efectos aditivos (ACG) se presentaron en mayor proporción para PPF, NFPP, DP, DE. El área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) mostró con un resultado menor al progenitor VITA con porcentaje por día de 780; y el híbrido D4 x VITA reportó 740; por lo tanto, los valores menores corresponden a los más resistentes.

ABSTRACT

SELECTION OF THE BEST GENOTYPES OF TOMATO *Solanum lycopersicum* L.
FOR YIELD AND RESISTANCE TO *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.(Fol)
(SACC.) SNYDER Y HANSEN

BY

JULIO NARCIZO EK MAAS

MAESTRIA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO, 2015

Dr. Alfonso López Benítez – Advisor

Key words: *Solanum lycopersicum* L., genetic effects, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, genetic resistance, Yield.

Tomato is a species widely cultivated because of its diversity of uses as direct consumption as well as industrial uses. In this work there was estimated combining ability for agronomic and yield traits of nine varieties of tomatoes (saladette, ball and cherry) and their 36 F₁ hybrids as well as their reaction to race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. The hybrids F1 and their progenitor were evaluated in the field in the cycle spring-summer 2014. Seedlings were inoculated at 30 days old by immersion the root for 30 min in a 1 x 10⁶ conidia per ml of suspension of race 3 of the fungus. Evaluated variables were Yield (RDT), fruit average weight (PPF), total weight of fruit

per plant (PTFPP), number of fruits per plant (NFPP), fruit polar diameter (DP), equatorial diameter (DE). Results showed differences ($p \leq 0.01$) in GCA for all traits but RDT and PTFPP. For SCA differences ($p \leq 0.01$) were found for NFPP, DP, DE; and differences ($p \leq 0.05$) for RDT and PTFPP. Progenitors having the greatest GCA were Saltillo 1, Molino and D4 which have fruit ball type. The contribution to the variance of RDT and PTFPP for the source of variation genotypes was formed by non-additive effects (ACE) and additive effects (ACG) occurred in greater proportion to PPF, NFPP, DP, DE. The area under the disease progress curve (ABCPE), showed with lower results the parent VITA with 780 percent per day; and the hybrid D4 x VITA reported 740; therefore, the lower values correspond to the more resistant.

ÍNDICE

COMPENDIO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades del tomate	4
Importancia económica del tomate	5
Clasificación taxonómica del tomate	6
Mejoramiento genético del tomate.....	6
Parámetros genéticos ACG y ACE	7
Efectos genéticos.....	9
Heterosis.....	10
Modelo de Gardner y Eberhart (1966)	11
Diseños dialélicos.....	12
Metodología de Griffing (1956).....	13
Generalidades de la marchitez del tomate por <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Fol).....	14
Tipos de herencia para resistencia a patógenos.....	16
Resistencia horizontal	16
Resistencia vertical.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
Material genético.....	19
Fase I. Formación de híbridos.....	20
Fase II. Evaluación de progenitores y cruza F ₁	24
A) Establecimiento del experimento en campo	24
Variables evaluadas.....	26

Para la cuantificación de variables de rendimiento.....	26
Variables fenológicas.....	27
B) Muestreo e identificación de Fol.....	28
Muestreo del patógeno en el Estado de Campeche.....	28
Aislamiento, siembra, purificación y propagación del hongo en laboratorio.	29
Identificación de aislamientos de <i>Fusarium</i> como f. sp. <i>lycopersici</i>	29
Identificación de razas de Fol mediante pruebas de patogenicidad en variedades diferenciales	30
Material genético y preparación de inóculo.....	30
Evaluación de la respuesta de genotipos de tomate a la inoculación con la raza 3 de Fol.	32
Unidad experimental	34
Diseño genético.....	34
Pruebas de medias.....	37
Análisis estadístico.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
Correlación de variables fenológicas y variables de rendimiento.....	38
Variables de rendimiento	40
Variables fenológicas.....	45
Efectos genéticos.....	47
Análisis de varianza modelo II de Gardner y Eberhart (1956)	53
Estructura heterótica.....	61
Identificación de razas de Fol, mediante cultivares diferenciales.....	65
Reacción de progenitores a la inoculación con Fol.....	66
Reacción de híbridos F ₁ a la inoculación con Fol.....	69
V. CONCLUSIONES	72
VI. LITERATURA CITADA	74
VII. APÉNDICE	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades de tomate utilizados como progenitores y empleados en los cruzamientos dialélicos.	20
Cuadro 2. Formulación (g) de fertilizante en 1100 L de Agua	21
Cuadro 3. Programa de hibridación de acuerdo al diseño dialélico bajo el Modelo I, Método II de Griffing, (1956).	23
Cuadro 4. Formulación (g) de fertilizante en 1100 L de Agua	25
Cuadro 5. Variedades diferenciales de tomate para la identificación de razas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Fol).	30
Cuadro 6. Niveles para la evaluación de la severidad de los síntomas de la marchitez por <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Fol) en el cultivo de tomate.	32
Cuadro 7. Correlaciones entre variables fenológicas y de rendimiento de nueve genotipos de tomate a campo abierto. Saltillo, Coahuila. 2014.	40
Cuadro 8. Cuadrados medios y nivel de significancia del análisis dialélico de nueve progenitores de tomate y sus 36 cruzas evaluadas en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo p-v-2014.	42
Cuadro 9. Cuadrados medios y significancia del análisis dialélico de nueve progenitores de tomate y sus 36 cruzas evaluadas en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo p-v-2014.	46
Cuadro 10. Efectos de ACG del cruzamiento dialélico en tomate analizado bajo el método II modelo I de Griffing (1956).	48
Cuadro 11. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 36 híbridos F ₁ evaluados en Saltillo, Coahuila, durante el ciclo p-v 2014.	51
Cuadro 12. Análisis de varianza y cuadrados medios de nueve variedades de tomate y sus 36 cruzas para características de rendimiento y fenológicas analizados bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1956).	55
Cuadro 13. Estimación de heterosis promedio (\bar{h}), varietal (h_j) y específica (S_{ij}) de los progenitores y cruzas para las características de rendimiento y fenológicas bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1966).	59
Cuadro 14. Estructura de la heterosis de las mejores cuatro cruzas de cada variable de acuerdo al valor más alto de heterosis específica.	64

Cuadro 15. Identificación de razas en 3 cepas de Fol en lotes del municipio de Hopelchen y Campeche inoculados en genotipos diferenciales.	65
Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción del avance de la enfermedad de los nueve progenitores a la inoculación de Fol.	66
Cuadro 17. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) e incidencia de la enfermedad de los nueve progenitores a <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Fol).....	68
Cuadro 18. Cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción del avance de la enfermedad en 36 cruzas a la inoculación de Fol.	69
Cuadro 19. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de diez cruzas seleccionadas y sobresalientes ante Fol.	70

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro A. 1 Comparación de medias de nueve variedades de tomate y sus 36 cruzas para características de rendimiento analizadas con la prueba de Tuckey.	83
Cuadro A. 2 Comparación de medias de nueve variedades de tomate y sus 36 cruzas para características fenológicas analizadas con la prueba de Tuckey.	85
Cuadro A. 3 Comparación de medias (pruebas de Tukey) de 9 variedades de tomate y sus 36 híbridos a la inoculación de Fol, a través de 48 días de evaluación en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo P-V-2014.	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de nueve genotipos progenitores frente a Fol.....	68
Figura 2. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de 10 cruizas frente a Fol	71

I. INTRODUCCIÓN

El fruto del tomate es utilizado y consumido exhaustivamente en la alimentación de los cinco continentes; los usos culinarios del tomate pueden ser de manera directa, como en ensaladas, salsas crudas, guarniciones, etc., o bien industrializados como salsas, purés, cátsup, mermeladas etc. Además de su sabor aceptable, al consumo regular de tomate y sus derivados puede ayudar a mejorar la capacidad de defensa del organismo frente al estrés oxidativo (Lugasi *et al.*, 2004; Palomo *et al.*, 2009). Por si fuera poco, una dieta rica en productos procesados de tomate, permite obtener una disminución significativa de la peroxidación de lípidos y oxidación de LDL (Lipoproteínas de baja densidad) (Agarwal y Rao, 1998; Riso *et al.*, 2004).

En México, para el año agrícola 2013 se registró una superficie de 48 234.01 ha de tomate sembrada bajo condiciones de campo e invernadero, de la cual se obtuvo una producción total de 2 694 358.19 t con un rendimiento promedio de 57.21 t ha⁻¹ y un precio medio rural de \$ 5 584.08 por tonelada (SIAP-SAGARPA, 2013). El volumen de producción de tomate rojo es alto. Se estima que para la producción de 75 000 ha de tomate, se emplean alrededor de 172 mil trabajadores de campo; esta mano de obra está integrada en general por jornaleros provenientes de diversos estados de la república y en general las labores de campo son realizados por hombres y el empaque es realizado por mujeres (Coria, 2010).

El rendimiento del cultivo es afectado por diferentes factores bióticos y abióticos entre los que se encuentran las condiciones ambientales, así como las plagas y enfermedades, señalándose dentro de estas como una de las más importantes; la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Anzola y Román, 1982; Jiménez, 2004). El daño por *Fusarium* se ha reportado en 32 países productores de tomate, causando pérdidas significativas, lo que inquieta a los productores (Jones *et al.*, 2001). El agente causal de esta enfermedad (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) presenta 3 razas, las cuales son identificadas en base a su virulencia en materiales diferenciales de tomate que contienen diferentes genes de resistencia (Cai *et al.*, 2003). La identificación de genes para virulencia, es importante para la obtención de variedades mejoradas resistentes porque permite utilizar genes particulares para resistencia, ya que se considera que el método más sencillo, barato, efectivo y seguro para su control en la producción agrícola es el uso de cultivares resistentes (Fernández, 2013).

Los cruzamientos dialélicos como método de mejoramiento genético en plantas, ha sido ampliamente utilizado con la finalidad de identificar progenitores que muestren altos valores de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) (Dorantes *et al.*, 2008). Y sigue siendo una de las alternativas para lograr variedades de mayor rendimiento y lograr un incremento en la calidad.

El mejoramiento genético es la base de incrementos relativamente rápidos y de bajo costo para el productor en la productividad de los cultivos, debido al material genético mejorado adquirida para su propagación. El éxito del mejoramiento descansa en saber elegir dentro del germoplasma disponible, individuos que ofrezcan las mejores

expresiones de las características de interés, siendo requisito para lograr el objetivo que exista una amplia variación genética. La presente investigación plantea el propósito de identificar y seleccionar algunas combinaciones híbridas que presenten buen potencial de rendimiento y resistencia genética a la marchitez por *Fusarium*.

Objetivos

- ❖ Determinar la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) de nueve variedades de tomate y sus cruzas para características de rendimiento.
- ❖ Estimar los efectos de heterosis promedio, varietal y específica, en variedades de tomate.
- ❖ Identificar los genotipos de tomate resistente a la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol).

Hipótesis

- ❖ Existirán diferencias significativas para rendimiento de producción entre los genotipos de tomate evaluados.
- ❖ Las variedades de tomate y sus cruzas derivadas, presentarán diferencias significativas en ACG, ACE y heterosis para características importantes de rendimiento.
- ❖ De los genotipos evaluados, al menos uno será resistente a la virulencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la especie hortícola más cultivada tanto a cielo abierto como en la agricultura protegida. Así mismo, es el cultivo más rentable, pues cumple con los dos requisitos indispensables para que un producto tenga esa característica, por un lado, tiene un alto potencial de rendimiento y por el otro lado tiene una alta preferencia por el consumidor, ya que el consumo *per cápita* de los mexicanos en 1925 fue de 1.0 kg y en registros del año 2010, reportó un incremento de 25.0 kg por individuo (ICAMEX, 2011).

Por su importancia alimenticia y económica a nivel mundial, así como por interés en contar y conservar la diversidad genética natural de esta especie, es de relevancia ubicar su origen en el planeta. Al respecto, el centro de origen del tomate es un tema controvertido; sin embargo, se cree que el origen de su domesticación es México, porque existe mayor similitud entre los cultivares europeos y los silvestres de México que los de la zona andina. A la llegada de los españoles a América, el tomate estaba integrado a la cultura azteca. Además el nombre moderno tiene su origen en la lengua náhuatl de México donde se le llamaba "tomatl" (Esquinas y Nuez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001).

El sistema caulinar es variable, presentándose básicamente dos tipos de planta relacionadas con el crecimiento, indeterminada y determinada. La planta indeterminada es la habitual y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando con un ápice vegetativo con una ramificación simpodial. En contraste, la planta de hábito determinado tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en un ápice reproductivo, lo que da lugar a un crecimiento compacto, más o menos erecto, ordenado y limitado (Ochoa y Carravedo, 1999; Jones *et al.*, 2001).

Yilmaz (2001) reporta que la composición química del fruto de tomate depende de la variedad, etapa de madurez, condiciones de cultivo: clima, luz, temperatura, tipo de suelo y fertilización, así como su manejo y almacenamiento. En un fruto de tomate, un 1% lo constituye la piel y las semillas; la materia seca oscila entre un 5 y un 10%, de la cual, un 50% lo constituyen los azúcares, (principalmente glucosa 22% y fructosa 25%), un 10% ácidos orgánicos (especialmente cítrico y málico), un 8% elementos minerales y el resto está constituido por sólidos insolubles en alcohol (pectina, celulosa y hemicelulosa), pigmentos, vitaminas y lípidos (Thakur *et al.*, 1996; Hayes *et al.*, 1998; Salles *et al.*, 2003).

Importancia económica del tomate

FAOSTAT (2012) reportó una superficie total de 4 803 680.17 ha de siembra y una producción mundial de 161 793 834.2 t. La FAO ubica a China continental como

principal productor con 50 000 000 t, seguido de India con 17 500 000 t, Estados Unidos de América con 13 206 950 t y Turquía con 11 350 000; México se encuentra posicionado en el décimo lugar con una producción de 3 433 567 toneladas anuales. En el 2013, los principales estados productores de tomate a nivel nacional fueron, Sinaloa con 983 288.14 t, Baja California con 196 452.90 t y Zacatecas con 143 905.20 t; los estados con mayor superficie de siembra son: Sinaloa con 15 362.14 ha, Michoacán con 4 036.25 ha, Zacatecas con 2 895.72 ha y Baja California con 2784.5; Campeche se encuentra en el lugar veintiséis con 159 ha (SIAP-SAGARPA, 2013).

Clasificación taxonómica del tomate

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS 2012), el tomate es clasificado como sigue.

Reino: Vegetal

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: *Solanum lycopersicum*

Mejoramiento genético del tomate

Rodríguez *et al.* (2004) citan que el mejoramiento genético del tomate se orienta principalmente en incrementar el rendimiento, tolerancia a condiciones ambientales

adversas, plagas y enfermedades. Tales características como rendimiento, resistencia a enfermedades y a estrés abiótico y calidad de frutos (sabor, viscosidad, color, materia seca, sólidos solubles y pH), se han mejorado genéticamente con el propósito de favorecer el tomate para procesamiento; además, se busca la mejora genética de características agronómicas tal como el tamaño, firmeza del fruto y porte uniforme de las plantas para efectuar una cosecha mecanizada (Saavedra *et al.*, 2006; Saavedra y González, 2006; Cámara, 2007).

Parámetros genéticos ACG y ACE

Mediante el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores, el mejorador logra una mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar líneas con un buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de líneas que intervienen en el cruzamiento (Gutiérrez *et al.*, 2004).

Márquez (1988) indica que la aptitud combinatoria es la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, medida por medio de su progenie. De La Cruz *et al.*, (2005) mencionan que la aptitud combinatoria debe determinarse no en varios individuos de la población, el propósito es seleccionar los que exhiban la más alta aptitud combinatoria. El empleo actual de los dialélicos tienen su origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG), y aptitud combinatoria específica (ACE), establecidos por Sprague y Tatum (1942), quienes

definen la ACG como el comportamiento promedio de una línea o clon en combinaciones híbridas; y la ACE como las desviaciones de ciertas cruzas que son mejores o peores en base al comportamiento promedio de las líneas o clones que intervienen en el cruzamiento.

Griffing (1956) señala que los valores de ACG son asociados a la acción génica de tipo aditivo, y la ACE a la de tipo no aditivo, a través de la relación ACE/ACG se puede obtener una estimación sobre la forma en que se hereda el carácter en estudio, lo que resulta importante para escoger el método de mejoramiento a seguir. Cuando los valores de ACG son mayores, se considera importantes los efectos aditivos y cuando los valores de ACE resultan mayores, se considera importantes los efectos no aditivos; algunas veces, para fines de vigor híbrido, son más importantes los efectos no aditivos (de dominancia), (Peña *et al.*, 1999). La acción génica es la manera en que un gen manifiesta su efecto, sea en forma individual o en combinación con otro u otros genes. La acción genética puede resultar del efecto de los genes en un mismo locus en forma individual o en conjunto (acción génica intralocus), y de la acción conjunta de genes de diferentes loci (acción interloci o epistática). Molina (1992) menciona que la acción conjunta de un gen o varios genes y el ambiente, forma parte importante en el estudio de las acciones génicas, y se conoce como interacción genotipo – ambiente, lo cual debe tomarse en cuenta cuando se manejen parámetros de aptitud combinatoria.

Brauer (1983) menciona que la prueba de habilidad (aptitud) combinatoria es definitivamente la que determina el valor de las líneas para usarlas como progenitores de los híbridos comerciales. Además, agrega que cuando se desea encontrar líneas que

combinen muy bien con materiales sobresalientes de un programa, la prueba de habilidad combinatoria específica (ACE) puede hacerse con la F_1 de cruzamientos de líneas, con una línea buena, o bien, con cruzamientos simple de alto valor.

Efectos genéticos

Falconer y Mackay (1996) mencionan que el valor del efecto génico de una característica cuantitativa puede estar representado como la suma de los efectos génicos aditivos y no aditivos. En una característica determinada, la estimación del efecto aditivo cuantifica la proporción de su varianza, la cual se da debido a alelos individuales, varios loci, independientes de los efectos de otros alelos en el mismo locus o en otros loci.

El efecto no aditivo se presenta debido a las interacciones entre alelos; como efectos de dominancia que se derivan de interacción entre alelos en el mismo locus, y los efectos epistáticos, los cuales dependen de interacciones interalélicas, de alelos en múltiples loci (Falconer y Mackay, 1996).

La estimación de las magnitudes de los componentes: aditivo, dominante y epistático (interacción) de la varianza genética, constituye una valiosa información para los trabajos de selección. Mientras mayor sea la información sobre las contribuciones relativas de los diferentes tipos de efectos génicos y sus respectivas varianzas, mayor será la precisión en la selección de los mejores genotipos de la población, basado en los valores fenotípicos (Falconer, 1989).

Heterosis

El concepto de heterosis se desarrolló para explicar el rendimiento superior de un híbrido F_1 con respecto a sus progenitores. Shull (1914) introdujo el término en sustitución del término “heterocigosis” que era utilizado anteriormente para explicar el “vigor híbrido”. Falconer y Mackay (1996) mencionan que el vigor híbrido o heterosis es la expresión de un carácter en la progenie y tiene origen en los efectos genéticos principalmente de dominancia y en la diferencia genotípica de frecuencias génicas.

El mayor vigor híbrido se debe a la presencia en el cigoto de un número mayor de genes dominantes en condición heterocigota, que en los progenitores, por reunirse los genes dominantes aportados por éstos para ser expresados los efectos de sobredominancia en la progenie; indicando que hay una mayor frecuencia de genes con efectos de categoría no aditiva (Hallauer y Miranda, 1988).

Según Han *et al.* (1991) los valores bajos o negativos de heterosis podrían deberse a insuficiente diversidad genética entre las poblaciones y a mayor variabilidad genética dentro de poblaciones. Por su parte Guerrero *et al.* (2012) señalan que la información de respuesta heterótica es un requerimiento importante para incrementar la eficiencia en la hibridación, dada la importancia de combinar progenitores endogámicos (endocriados) y no endogámicos, o una combinación de ambos. Stern (1948) revolucionó el término, al considerar que la heterosis podría ser también negativa. Hay casos en que al ser

negativa, es agronómicamente útil, como en el caso de caracteres de días a floración, cuyo acortamiento implica mayor precocidad de los cultivos.

Modelo de Gardner y Eberhart (1966)

Gardner y Eberhart (1966) propusieron el análisis de cruzamientos dialélicos entre poblaciones de amplia base genética por medio de tres modelos. El modelo que más se ha empleado por práctico y económico es el GE-II, que incluye en la evaluación las n poblaciones y sus $n(n-1)/2$ cruzas posibles, donde la variación de todas las poblaciones (entradas) es separada en variación debida a progenitores, y variación atribuible a la heterosis promedio de cruzamientos. Este análisis ha demostrado ser confiable para maximizar el comportamiento de las variedades y la expresión de heterosis de sus cruzas. Los parámetros aditivos y de dominancia no pueden ser estimados debido a que están enmascarados dentro del parámetro variedad, así mismo indican que este análisis hace la partición de la heterosis en heterosis promedio, varietal y específica (Murray *et al.*, 2003).

Vallejo *et al.* (2005) argumentan que Gardner y Eberhart dieron a conocer varios tipos de análisis (I, II, III), siendo el más utilizado el II. Esta metodología de análisis puede aplicarse desde grupos de progenitores totalmente homocigotos (Coeficiente de endogamia, $F=1$) hasta aquellos sin ningún grado de endogamia (donde $F=0$). La idea es explorar la heterosis (si la hubiera). Ésta, a su vez, se divide en tres: heterosis varietal, heterosis media y heterosis específica.

Gardner y Eberhart (1966), y Gardner (1967) propusieron un modelo donde consideran 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 (h) (diferencia entre el promedio de las cruzas y el de sus progenitores); b) la heterosis varietal (h_j) (heterosis promedio con que contribuye un progenitor en las cruzas en que participa), y c) la heterosis específica (s_{jj}) de cada combinación particular de progenitores (Mendoza *et al.*, 2010).

Cruz y Regazzi (1994) señalan que el método de Gardner y Eberhart (1966) es una alternativa viable para permitir un estudio detallado de la heterosis a través de análisis de valores conocidos o de referencia (parametrizaciones). Santiago *et al.* (1998) mencionan que los días al primer corte en tomate hacen que un genotipo tenga cierta precocidad, obteniendo frutos antes de que la mayoría del producto salga al mercado, esto permite obtener una mejor fuente de ingresos, en su estudio encontraron que el genotipo más precoz fue el híbrido denominado Bingo, con 99.5 días desde la siembra hasta el primer corte, mientras que el más tardío presentó 134.5 días; también señalan que los días en corte permiten tener un tiempo más prolongado para la cosecha de frutos, lo cual hace más sobresaliente al genotipo. Para este caso, el híbrido Bingo presentó un período amplio de cosecha.

Diseños dialélicos

Griffing (1956) propuso cuatro métodos de análisis dialélicos, el método uno involucra a los padres, cruzas directas y recíprocas; el método dos considera a los padres

y cruza directas; el método tres necesita sólo cruza directas y recíprocas, y el método cuatro emplea solamente cruza directas, además estos métodos pueden ser situados en el marco de dos modelos, el fijo (genotipos específicos) y el aleatorio cuando los genotipos participantes representan una muestra aleatoria de una población determinada. Comúnmente, en los estudios de estos dialélicos aplicables a tomate, son considerados en el modelo fijo.

Metodología de Griffing (1956)

Método I: Incluye progenitores, cruzamientos directos y cruzamientos recíprocos (p^2 combinaciones, donde p = número de líneas o genotipos).

Método II: Incluye progenitores y cruzamientos directos, pero no considera a los recíprocos, ($p(p+1)/2$ combinaciones).

Método III: Incluye los cruzamientos directos y recíprocos pero no incluye los progenitores, ($p(p-1)$ combinaciones).

Método IV: Incluye solamente los cruzamientos directos. No incluye los progenitores ni los cruzamientos recíprocos ($p(p-1)/2$ combinaciones). Considerando la naturaleza de los progenitores, se tienen dos modelos de análisis:

Modelo I: Modelo fijo, donde se estiman 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 una población de referencia para realizar inferencia de ningún tipo.

Modelo II: Modelo aleatorio, en este modelo se pueden estimar 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 realizarán ciertas inferencias.

Generalidades de la marchitez del tomate por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol).

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*(Sacc.) W.C. Snyder& H.N. Hansen, se ubica taxonómicamente en: Reino *Fungi*, División *Deuteromycota*, Clase *Sordariomycetes*, Orden *Hypocreales*, Familia *Tuberculariaceae*, Género *Fusarium* y especie *Fusarium oxysporum* (Pinto, 2012). Su forma especial *lycopersici* recibe esta denominación cuando su hospedero específico es una planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L).

La marchitez vascular del tomate, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol), se encuentra distribuida en todo el mundo, causando grandes pérdidas en el cultivo. El hongo sobrevive en restos de cultivo de una temporada a otra y posee estructuras de resistencia que le permiten perdurar en el suelo por espacio de seis años. Es favorecido por temperaturas cálidas asociada a alta humedad relativa. El hongo penetra en la planta a nivel del suelo ya sea por el tallo o por las raíces superficiales y luego es trasladado por haces vasculares a toda la planta (González, 2003).

En general los marchitamientos vasculares, son enfermedades que se encuentran ampliamente distribuidas y son muy destructivas, ya que se manifiesta en un marchitamiento gradual, ennegrecimiento, muerte de hojas y tallos suculentos de plantas, lo cual da como resultado la muerte. Los marchitamientos se deben a la presencia y actividad del patógeno en los tejidos vasculares, xilémicos de las plantas. En pocas semanas el patógeno puede ocasionar la muerte de plantas completas o de sus órganos que se localizan por arriba del punto de invasión vascular en la mayoría de las plantas (Romero, 1993). Fol se encuentran reportadas tres razas fisiológicas, de las cuales las razas 1 y 2 presentan distribución mundial, mientras que la raza 3 tiene menor distribución geográfica (Reis *et al.* 2005). La raza 1 fue descrita por primera vez por Masse en 1885 en las Islas de Wight y Guernsey, localizadas en el Canal de la Mancha (Carrillo *et al.*, 2003). En 1920 ya se encontraba en México (González y Galindo 1974). La raza 2 se detectó en 1945 en Ohio (Blancard *et al.*, 2011); y en 1969 se encontraba ampliamente distribuida en la región del Valle de Culiacán, Sinaloa en México (González y Galindo 1974). Posteriormente en 1978 en Australia se detectó a la raza 3 y se diseminó a Estados Unidos y México, en este último se reportó por primera vez en 1996 (Valenzuela *et al.*, 1996; Blancard *et al.*, 2011). La propagación siguió hasta que en 1981 se identificó a la raza 3 en Brasil. Se asume que la interacción entre Fol y el tomate sigue la teoría de “gen por gen”, propuesta por Flor (1956), dado que han sido descritas resistencias monogénicas dominantes para las tres razas (González, 2004).

Tipos de herencia para resistencia a patógenos

Para determinar el tipo de herencia de la resistencia a una enfermedad, se requiere considerar variables que pueden tener una distribución continua como sería el caso de la resistencia horizontal o una distribución discreta como es el caso de la resistencia vertical. Las características continuas son llamadas también variables cuantitativas, las cuales tienen un amplio rango de variación, la que puede representarse a través de la curva de Gauss; por ejemplo, en flores, el color rosado puede mostrar todos los grados y tonos de diferencia entre el máximo, rojo puro, y el mínimo, blanco puro (Alexander, 1963). Razón por la cual ha sido necesario implementar para su evaluación, escalas continuas de medida. En la resistencia genética o resistencia verdadera, la incompatibilidad hospedero -patógeno ocurre por la ausencia de reconocimiento químico entre ambos organismos o porque la planta posee mecanismos preexistentes o inducidos que actúan como barreras físicas o químicas. La resistencia manifestada por las plantas se ha clasificado en dos grandes categorías: Resistencia Horizontal y Resistencia Vertical, (Vanderplank, 1984). Estas variables presentan una distribución normal y regularmente son analizadas con herramientas genético estadísticas, como el diseño de cruza dialélicas (Griffing, 1956) y el uso de medias generacionales (Hayman y Mather, 1955; Hayman, 1958).

Resistencia horizontal

La Resistencia Horizontal (RH), presenta sinónimos como resistencia general, no específica, cuantitativa, poligénica, de campo o durable, pero el término más utilizado es

el de Resistencia Horizontal, esto se considera de naturaleza genética poligénica. Las variedades con RH, presentan lesiones pequeñas, poco inóculo, ciclos fenológicos más largos, etc. Por la naturaleza poligénica de la RH, es influenciada por las condiciones ambientales, que pueden retardar o activar los genes según el estímulo externo que reciba la planta. Desde el punto de vista del mejoramiento genético, es más difícil de manejar en el campo, debido a sus componentes de resistencia, así como de manipular genéticamente e incorporar en variedades comerciales, a causa del número de genes involucrados, (Vanderplank, 1984).

Resistencia vertical

La resistencia vertical (RV), se caracteriza por que existe una interacción diferencial entre el genotipo del patógeno y el huésped, también se le denomina como resistencia específica, cualitativa o diferencial, sin embargo, lo común es denominarla como RV. Es controlada por uno o pocos genes. Debido al reducido número de genes participantes, su acción es muy específica y determina una clara incompatibilidad entre el hospedero y el patógeno. Esto hace que la reacción de la duración incompatible sea limitada, ya que se genera una presión de selección hacia genes de virulencia en el patógeno que necesita sobrevivir. Esto da como resultado la ruptura o “quiebra” de la RV, debido a que los genes de resistencia en este caso confieren esa característica solo contra una o unas pocas razas y al aparecer una raza nueva o seleccionarse una (entre las ya existentes), con genes de virulencias diferentes, no encontraría el patógeno, barreras para establecerse y alcanzar poblaciones altas. Cuando esto ocurre, la población queda vulnerable al desarrollo de una epifitía. Este tipo de resistencia no es afectada por

condiciones ambientales, por lo que su manifestación es plena y además es muy fácil de incorporar en programas comunes de mejoramiento y es ampliamente usada en estos procesos, (Vanderplank, 1984).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en dos fases, la primera fue realizada en el invernadero Núm. 7 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, localizada entre las coordenadas geográficas 25° 22' latitud Norte y 101° 02' longitud Oeste y a una altitud de 1742 msnm, con un clima: muy seco, BW hw (x') (e); semicálido, con lluvias en verano, con precipitación de 350 a 400 mm de promedio anual (INEGI, 2010). Esta fase se realizó en el ciclo primavera-verano 2013, y consistió en un programa de cruzamientos dialélicos de 9 progenitores, generando 36 híbridos. La segunda fase se llevó a cabo en el lote experimental ubicado a un costado del invernadero 7 de la Universidad, en el ciclo primavera-verano 2014 con el propósito de evaluar variables de rendimiento y variables fenológicas de progenitores e híbridos; además de evaluar por separado la resistencia frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* obtenidas en el estado de Campeche.

Material genético

Nueve variedades de tomate de distinto fruto (Saladette, Bola y Cherry) y hábito (determinado e indeterminado) se emplearon como progenitores y sus correspondientes híbridos F₁ sin incluir los recíprocos (Cuadro 1). Las variedades D4, D6, IR9, IR13 son variedades comerciales cultivadas en Sinaloa, las variedades VITA, MOLINO Y NOVA son variedades cultivadas en algunas regiones del Estado de México y las variedades SALTILLO 1 y SALTILLO 2 fueron obtenidas de los mercados en la Ciudad de Saltillo.

Cuadro 1. Variedades de tomate utilizados como progenitores y empleados en los cruzamientos dialélicos.

No.	Variedades	Hábito	Tipo de fruto
1	D4	Determinado	Bola
2	IR9	Indeterminado	Saladette
3	D6	Determinado	Cherry
4	IR13	Indeterminado	Saladette
5	MOLINO	Determinado	Bola
6	VITA	Indeterminado	Cherry
7	SALTILLO 1	Semi-indeterminado	Bola
8	SALTILLO 2	Semi-indeterminado	Bola
9	NOVA	Determinado	Saladette

Fase I. Formación de híbridos

Siembra de semillas progenitoras. La siembra de los nueve progenitores de tomate se realizó en el invernadero 7 de la UAAAN en el mes de Marzo de 2013. Para esto, se utilizaron charolas de poliestireno de 200 orificios, con peat-moss húmedo, depositando en cada celda una semilla y aplicando un riego muy ligero de tres a cuatro veces por semana según fuera necesario. Para mejorar la germinación y desarrollo, se aplicó a las semillas la cantidad de 0.1 g l⁻¹ de Biozyme TS. Para el control de enfermedades se aplicó TECTO® 60 a una concentración de 0.25 g L⁻¹ y para el control de plagas se aplicó 2.85 ml L⁻¹ de Endosulfan 35 C.E. Posteriormente, después de 40 días de emergidas las plántulas, se trasplantaron cinco plántulas por variedad, a los bancos del invernadero para posteriormente utilizarlos como progenitores del cruzamiento dialélico.

Riego. En cuanto al uso y manejo del riego después del trasplante, se realizó tres veces por semana o conforme a la temperatura y radiación solar.

Fertirrigación. La aplicación de fertilizantes se realizó de acuerdo con la siguiente formulación (g) en 1100 L de agua (Cuadro 2). Se aplicó 1 L por planta cada 8 días, la dosis se incrementó a 1.5 L en etapa de floración y producción; además al inicio de floración se aplicó 50 g de Triple 17 de forma bandeada por todo lo largo del banco del invernadero, también, se hizo 3 aplicaciones foliares de FertiDrip de composición porcentual de 20 % de (N) - 20 % de (P₂O₅) - 20 % de (K₂O) - 30 ppm de (Ca) - 1 670 ppm de (S) - 540 ppm (Mg) - 600 ppm de Fe - 800 ppm de(Zn) - 300 ppm de (Mn) - 100 ppm de (Cu) - 200 ppm de (B) - 10 ppm (Mo) a razón de 300 g en 20 L de agua.

Cuadro 2. Formulación (g) de fertilizante en 1100 L de Agua

Fertilizante	Peso en (g)	Fertilizante	Peso en (g)
Sulfato de potasio	462	Sulfato de Amonio	154
Sulfato de magnesio	462	Nitrato de Calcio	1540
Quelato de Hierro	154	Urea	77
Fosfato de Amonio	154	Bórax	11

Tutorado. Se realizó 20 días después del trasplante, y consistió en sujetar cada una de las plantas del primer nudo con cuerda de rafia, ejerciendo un par de vueltas en forma espiral y sostenida a las estructuras metálicas del invernadero.

Control de plagas y enfermedades. Para monitorear y controlar las plagas se colocaron trampas de color amarillo y color azul con pegamento a la altura de las plantas y se realizó control oportuno aplicando productos: fungicidas e insecticidas con el fin de mantener las plantas en condiciones óptimas para su desarrollo.

Poda. Se efectuó a los 20 días después del trasplante, eliminando los primeros tallos laterales secundarios y las hojas más deterioradas. Se podaron periódicamente los brotes laterales cada 4 días, de forma manual e higiénica.

Programa de cruzamientos (Cuadro 3). En los meses de Agosto - Octubre de 2013 se realizaron las cruzas, los nueve progenitores formaron 36 híbridos, para ello se aseguraron al menos cuatro frutos para obtener semilla suficiente para establecer la evaluación en campo.

Cosecha de semilla híbrida. Los frutos se cosecharon en etapa de madurez comercial, desprendiéndolos del pedúnculo de la planta, y colocándolos en bolsas previamente identificadas por cruza y fecha, para posteriormente extraer las semillas híbridas y obtener la generación F₁.

Fase II. Evaluación de progenitores y cruza F₁

A) Establecimiento del experimento en campo

Manejo agronómico. Previo al establecimiento del experimento en campo, se realizaron las prácticas agronómicas correspondientes, como barbecho y un paso de rastra, con el fin de establecer una mejor cama de siembra, posteriormente se llevó a cabo el surcado del terreno con una separación entre surcos de 1 m, luego se aplicó estiércol bovino y fertilizante químico triple 17 en forma bandeada, también se fijó la cintilla para fertirrigación y después se colocó la cubierta de plástico de polietileno negro para acolchado, estos se instalaron manualmente.

Siembra de semilla híbrida y de progenitores. La siembra de los híbridos se realizó el 08 de Febrero de 2014 en charolas de poliestireno de 200 orificios, rellenas de peat-moss, sembrando 30 semillas de cada híbrido, aplicando a las charolas un riego nebulizado ligero y posteriormente fueron colocadas en el invernadero Núm. 7 de la UAAAN, para su germinación y desarrollo, para después llevarlas al trasplante al campo.

Trasplante. El trasplante al campo se llevó a cabo el 23 de Marzo del 2014, de forma manual colocando 5 plantas de cada genotipo en surcos de 1.5 m de longitud a una distancia entre surcos de 1m y una distancia entre plantas de .30 m, para una densidad estimada de 33 333 plantas por hectárea. La unidad experimental consistió de 3 plantas centrales, teniéndose 3 repeticiones por material.

Riego. En cuanto al uso y manejo del riego después del trasplante, se realizó 3 veces por semana, por espacio de 3hs, aumentándose por semana conforme a las necesidades de la planta, como respuesta a la temperatura.

Fertirrigación (Cuadro 4). La fertilización se realizó de acuerdo con la siguiente formulación (g) en 1100 L de agua. Realizando un riego por semana durante 3 horas; a la etapa de floración y producción, se regó 2 veces por semana durante 3 horas, además se complementó la fertilización con 3 aplicaciones foliares de FertiDrip previamente descrita en la fase uno.

Cuadro 4. Formulación (g) de fertilizante en 1100 L de Agua

Fertilizante	Peso en (g)	Fertilizante	Peso en (g)
Sulfato de potasio	462	Sulfato de Amonio	154
Sulfato de magnesio	462	Nitrato de Calcio	1540
Quelato de Fierro	154	Urea	77
Fosfato de Amonio	154	Bórax	11

Tutorado. El tutorado se realizó 20 días después del trasplante, se colocaron tubos de 1.9 m por todo lo largo de los surcos de las parcelas a una distancia de 3 m. En la parte superior de los tubos se colocó un alambre de acero inoxidable a la misma

dirección que los surcos; del cual se sujetaron las plantas mediante una cuerda de rafia, atada al primer nudo de las plantas para sostenerlas y mantenerlas erectas.

Control de plagas y enfermedades. Se realizó de manera semejante a la etapa uno.

Poda. Se realizó de manera semejante a la etapa uno.

Cosecha. La cosecha de los progenitores y los híbridos se realizó en los meses de Junio y Julio del 2014, se tuvo cuidado de cosechar solo las plantas de la parcela útil, se fijó 5 cortes. La cosecha se realizó de manera manual, colectando frutos con madurez comercial, desprendiendo el fruto del pedúnculo de la planta y colocándolo posteriormente en bolsa de papel previamente identificadas por progenitor, cruza, fecha y repetición. Posteriormente se evaluaron las variables correspondientes.

Variables evaluadas

Para la cuantificación de variables de rendimiento se utilizaron en cada caso tres plantas (plantas centrales) en la zona central de cada parcela experimental.

Rendimiento en Toneladas/Hectárea (RDT). Se determinó el rendimiento de fruto de tres plantas centrales, para extrapolarlo a toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), en base a la densidad de plantas por hectárea, la cual fue de 33 333.

Peso promedio de frutos (PPF). El peso total que se obtuvo se dividió entre el número de frutos totales de cada genotipo por planta. Reportado en gramos (g).

Peso total de fruto por planta (PTFPP). Se determinó en base a el peso de los frutos obtenidos de cinco cortes realizados dividido entre el número de plantas muestreadas. Reportado en gramos (g).

Número de frutos por planta (NFPP). Se determinó por el número de frutos obtenidos en los cinco cortes de cada genotipo entre el número de plantas muestreadas. Reportada en número de frutos.

Diámetro polar (DP). Se tomó una muestra de 5 frutos al azar de cada genotipo y cruza de cada repetición en el tercer corte, al final se reportó la media de los cinco frutos, reportada en milímetros (mm).

Diámetro ecuatorial (DE). Se tomó una muestra de 5 frutos al azar de cada genotipo y cruza de cada repetición en el tercer corte, al final se reportó la media de los cinco frutos, reportada en milímetros (mm).

Variables fenológicas

Número de cortes (NC). Esto se determinó de acuerdo a los materiales que cumplan con 5 cortes fijadas en las fechas 08, 21, 26 de Junio, para el mes de Julio en las fechas 02, y 12 del año 2014. Considerando cinco cortes.

Días a primer corte (DPC). Después del trasplante se contabilizó el número de días hasta el inicio de cosecha de cada uno de los genotipos, considerando la madurez comercial de los frutos. Reportado en número de días.

Días en corte (DEC). Se contabilizaron los días desde que inició la producción hasta la finalización de la misma, de cada uno de los materiales en estudio. Reportado en número de días.

Días a último corte (DUC). Se realizó un conteo de días a partir de la fecha de trasplante hasta el final del último corte y esto fue con la finalidad de determinar los materiales más tardíos. Reportado en número de días.

B) Muestreo e identificación de Fol

Muestreo del patógeno en el Estado de Campeche. El muestreo de sitios para obtener el agente de interés en tomate se efectuó en localidades del municipio de Hopelchen Campeche. Esta actividad se llevó a cabo en parcelas de producción familiar con el interés de detectar la presencia de *Fusarium*. Se prosiguió a examinar visualmente síntomas de marchites foliar o vascular y achaparramiento característicos de *Fusarium*. En diciembre del 2013, se colectaron ocho muestras de tallos y raíces de plantas de la variedad Maya en base a los síntomas, se depositaron en bolsas de plásticos previamente identificadas (fecha, lugar, tipo de muestra, etc.), y se transportaron en una nevera al

laboratorio de Patosistema Agrícola del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

Aislamiento, siembra, purificación y propagación del hongo en laboratorio.

En el mes de Enero del 2014, se procedió a aislar, purificar e identificar el patógeno. Se realizaron cortes longitudinales del tallo de las plantas muestreadas y posteriormente se cortaron en secciones de 3 mm, los cuales se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% por 3 minutos, después se enjuagaron con agua destilada estéril y secadas sobre papel servilleta por 4 min. Posteriormente las porciones del tejido se sembraron en papa-dextrosa-agar (PDA) en cajas Petri y se incubaron a 25°C durante 15 días; después se realizó una transferencia para obtener cultivos puros, los cuales se incrementaron para tener inóculo suficiente para los estudios posteriores.

Identificación de aislamientos de *Fusarium* como f. sp. *lycopersici*. Se hizo mediante la identificación por clave dicotómica basado en la definición y comparación de ausencia o presencia de los caracteres morfológicos, macroscópicos y microscópicos (micelio, crecimiento lateral y aéreo, pigmentación del medio del cultivo, macro y microconidios a través del microscopio) y para cerciorarse de que se colectó la f. sp. *lycopersici*, se prosiguió a realizar un previo ensayo, inoculando plántulas de la variedad Bonny Best de 35 días de haber germinado para inducir la enfermedad, esta variedad es totalmente susceptible a las razas 1, 2 y 3 de Fol.

Identificación de razas de Fol mediante pruebas de patogenicidad en variedades diferenciales

Material genético y preparación de inóculo

El material genético que se empleó para la identificación de razas fueron cuatro variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como diferenciales para las razas de Fol (Cuadro 5)

Cuadro 5. Variedades diferenciales de tomate para la identificación de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol).

No.	Variedades	Gen de resistencia
1	Bonny Best	Sin genes de resistencia
2	Manapal	Resistente a Raza 1
3	Walter	Resistente a Raza 1 y 2
4	I3R3	Resistente a Raza 1, 2 y 3

Estos materiales se sembraron el 20 de Febrero de 2014 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat-moss, con el debido manejo agronómico, riego y fertilización adecuada.

Las pruebas de patogenicidad para la identificación de razas, se realizó preparando una suspensión de esporas de cultivos de Fol de dos semanas de crecimiento en PDA al 100%, para lo cual a cada caja Petri se agregó 10 ml de agua destilada y con la ayuda de una espátula de laboratorio se removió las esporas y el micelio, posteriormente se licuó, aforando con 100 ml de agua durante 15 segundos. La solución obtenida se filtró con una gasa de laboratorio. Por cada aislamiento se realizó el conteo de macro conidios

utilizando un hematócmetro de Neubauer en un microscopio con aumento 40X. De los 8 aislamientos que se trajeron del campo se obtuvieron tres cepas por sus diferencias morfológicas características de *Fusarium* (color de cepa, textura del micelio y tipo de crecimiento, entre otros), cada aislamiento se inoculó en cuatro plántulas de cada una de las diferenciales.

Las plántulas de los cultivares diferenciales con un desarrollo de 30 días después de la siembra, se sacaron de las celdas de las charolas semilleros y con un flujo de agua corriente se eliminó el exceso de sustrato teniendo cuidado de mantener íntegras las raíces. Se cortaron con tijeras aproximadamente dos centímetros de la punta de las raíces y se sumergieron por separado durante 10 minutos en una suspensión de 1×10^6 conidios por ml de cada uno de los aislamientos. Después de la inoculación, las plántulas fueron trasplantadas en charolas de plástico de 20 x 10 cm y 15 cm de profundidad con suelo estéril y peatmoss, después se mantuvo en el invernadero por 30 días a una temperatura de 25 °C aprox. Se observó y registró la respuesta de las plantas a los 16 días después de la inoculación. Cuadro 6 la respuesta de las plantas de tomate se hizo utilizando una escala de severidad del 0 al 5 según Marlatt *et al.* (1996) modificada para estimar la severidad de la enfermedad. Con los registros obtenidos, se determinó la cepa 3 aislado de la localidad “Ich-Ek” del municipio de Hopelchen del Estado de Campeche como la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol); esto debido a las repeticiones con resultados similares con síntomas característicos de la enfermedad “marchitamiento vascular del tomate, en los materiales diferenciales evaluados.

Cuadro 6. Niveles para la evaluación de la severidad de los síntomas de la marchitez por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) en el cultivo de tomate.

Niveles	Intensidad de la enfermedad
0	Planta libre de síntomas
1	Planta ligera clorosis en hojas inferiores
2	Planta con ligera clorosis y ligera marchitez y achaparramiento
3	Clorosis moderada, marchitamiento y achaparramiento
4	Severa clorosis, marchitamiento y achaparramiento
5	Planta muerta

Fuente: Marlatt *et al.*, (1996).

Evaluación de la respuesta de genotipos de tomate a la inoculación con la raza 3 de Fol.

Este experimento se estableció en el invernadero Núm. 7 de la UAAAN. Se inocularon las nueve variedades utilizadas como progenitores y sus 36 cruzas. La inoculación se realizó a los 30 días posteriores a la siembra; primero se extrajeron, con cuidado las plántulas de las celdas de las cajas y con un surtidor de agua se eliminó el exceso de sustrato, se cortaron con tijeras aproximadamente dos centímetros de la punta de las raíces y se sumergieron por separado durante 10 min en una suspensión de 1×10^6 conidios por ml con cepa de la raza 3. Después de la inoculación, las plántulas fueron trasplantadas a charolas de plástico de 5 L de capacidad agregando suelo estéril y peatmoss, después se mantuvo en el invernadero por 30 días a una temperatura de $30 \pm$ °C, de las cuales se utilizaron 3 repeticiones por material, y cada repetición consistió en 3 plantas. Se observó y registró la respuesta de las plantas inoculadas a los 16 días después de la inoculación. Para evaluar la respuesta de las plantas de tomate se procedió de la misma forma utilizando la escala de severidad del 0 al 5 según (Marlatt *et al.*, 1996).

Con los valores de la escala asignados a las plantas, se estimó un Índice de enfermedad en porcentaje para cada uno de los progenitores y cruza, obtenidos de la siguiente manera:

$$IE = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \right) 0.2 \right] 100$$

Dónde:

X_i = Severidad de la enfermedad en la i -ésima plántula.

n = Número de plántulas evaluadas.

0.2 = Factor de corrección para porcentajes de enfermedad.

Los índices de enfermedad obtenidos en las diferentes cruza y progenitores, se utilizaron para determinar el avance de la enfermedad y la respuesta de estos materiales a la inoculación del patógeno mediante el cálculo del Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de acuerdo a (Shaner y Finney, 1977).

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(X_{i+1}) + X_i}{2} \right] (T_{i+1} - T_i)$$

Dónde:

X_i = Proporción de enfermedad en la i -ésima observación.

$T_{i+1} - T_i$ = Tiempo entre dos lecturas.

n = Numero de evaluaciones.

Unidad experimental

La parcela experimental consistió de 5 plantas, en surcos de 1.5 m de largo con una distancia de 0.30 m de planta a planta y 1 m de surco a surco. Se evaluaron 3 plantas centrales con competencia completa. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Diseño genético

El método II, modelo I de Griffing (1956), que incluye progenitores y cruzas directas, se utilizó para estimar la aptitud combinatoria general y específica, con $(p+1)/2$ combinaciones).

El modelo para el análisis de aptitud combinatoria es:

$$X_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + b_k + (gb)_{ijk} \frac{1}{bc} + \sum \sum e_{ijkl}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, p$$

$$k = 1, 2, \dots, b$$

$$l = 1, 2, \dots, c$$

Dónde:

X_{ijkl} = Valor fenotípico observado.

μ = media general del experimento.

g_i y g_j = efecto de la a.c.g. de los progenitores.

s_{ij} = efecto de la a.c.e. para el cruzamiento $i \times j$ ($S_{ij} = S_{ji}$).

b_k = efecto del bloque k.

$(gb)_{ijk}$ = efecto de la interacción entre el genotipo ij y el bloque k.

$1/bc\sum\sum e_{ijkl}$ = efecto residual de la observación ijk.

Para el análisis estadístico se tienen en cuenta las siguientes restricciones:

$$\sum_i g_i = 0$$

$$\sum_i s_{ij} + s_{jj} = 0 \text{ (para cada i)}$$

Para el análisis de heterosis se utilizó el método II de Gardner y Eberhart (1996) que incluye n progenitores y sus $n \frac{(n-1)}{2}$ cruzas varietales. La media para la población parental o las cruzas es descrita por el modelo:

$V_j = M_v + V_j$ para progenitores.

$Y_{ij} = M_v + \frac{1}{2}(V_j + V_{j'}) + h_{ij}$ para la progenie de las cruzas.

Dónde:

M_v = Media de las variedades parentales.

V_j = Efecto varietal de la j-ésima variedad.

h_{ij} = Efecto de la heterosis cuando la variedad j se cruza con la variedad j' .

El efecto de la heterosis (h_{ij}) puede ser subdividido como sigue:

$$h_{ij} = \bar{h} + h_j + h_{j'} + s_{jj'}$$

\bar{h} = heterosis promedio.

h_j = heterosis varietal contribuida por la variedad j.

$s_{jj'}$ = heterosis específica debida al cruzamiento de las variedades j y j' .

Para estimar los efectos varietales y de heterosis se utilizaron las siguientes formulas:

μ_v = media de todos los progenitores = $y_v/n = y_v$.

V_j = efecto de la variedad j = $Y_{jj} - y_v$.

$h_{jj'}$ = efecto de la heterosis = $Y_{jj'} - \frac{1}{2}(Y_{jj} + Y_{j'j'})$.

= $\bar{h} + \bar{h}_j + \bar{h}_{j'} + s_{jj'}$.

Para subdividir rh_{jj} .

i) Heterosis media

\bar{h} = Heterosis promedio = media de todos los híbridos = media de todos los progenitores
 = $Y_H - Y_V$

Dónde:

Y_H = promedio de cruzas.

Y_V = promedio de progenitores.

ii) Heterosis varietal

h_j = heterosis varietal = $n-1/n-2 (Y_{hj} - Y_H) - 1/2 (Y_{jj} - Y_V)$

Dónde:

Y_{hj} = promedio de las cruzas en que intervienen el progenitor j.

Y_{jj} = promedio del progenitor j.

n = número de progenitores.

iii) Heterosis específica

S_{jj} = heterosis específica.

= $Y_{jj} + n/n-2 (Y_H) - n-1/n-2 (Y_{hj} - Y_{hj'})$

Dónde:

Y_{jj} = promedio de las cruzas entre el progenitor j y el progenitor j`.

Y_{hj} = promedio de las cruzas en que interviene el progenitor j.

$Y_{hj'}$ = promedio de las cruzas en que interviene el progenitor j`.

Pruebas de medias

Una vez realizados los análisis de varianza requeridos por el experimento, y al estar presente la variación en las fuentes de variación para determinar la variable con diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de Tukey al nivel de probabilidad de 0.05 por ciento, para la comparación de medias.

Análisis estadístico

El proceso de los datos y el análisis estadístico se realizó con el programa StatisticalAnalysisSystem (SAS) Versión 9.0. Utilizando el programa Diallel-SAS (Zhang y Kang 2003), el cual permitió realizar el análisis de varianza y estimación de efectos de este experimento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Correlación de variables fenológicas y variables de rendimiento

En el Cuadro 7 se presentan los coeficientes de correlación entre las diferentes variables en estudio para los nueve genotipos y sus 36 cruzas. Esta medida estadística se propuso para pulsar el grado de asociación entre variables, especialmente entre aquellas relacionadas con el rendimiento. Se observan correlaciones significativas ($p \leq 0.05$) entre las variables rendimiento (RDT) y peso total de fruto por planta (PTFPP) lo que indica que ciertos frutos a mayor tamaño y cantidad de frutos pueden generar mayor rendimiento, a la vez se recomienda realizar una densidad de plantación menor a 30 000 plantas por Ha, para obtener un alto rendimiento. Estos datos son similares a los obtenidos en una investigación en la cual encontraron correlación significativa ($p \leq 0.05$) entre rendimiento en $t\ ha^{-1}$, con rendimiento promedio/planta/corte y con la variable frutos/planta/corte la cual como objetivo principal fue la adaptación a invernadero de 11 híbridos de tomate (Borrego *et al.*, 2001). Se reportó también correlación significativa en Peso promedio de fruto (PPF) y diámetro ecuatorial (DE) lo que se interpreta como a mayor peso mayor diámetro ecuatorial y viceversa, esto representando los tomates tipo bola por su anchura y peso, que a su vez pudo ser influenciada por el número de frutos. Lo que indica que a mayor número de frutos, hubo mayor rendimiento (Swenney *et al.*, 1987).

Otros estudios concluyen que el peso de fruto en tomate de árbol presentaba mayor correlación genética con el peso de semilla por fruto y con el peso de pulpa más semilla, esto dado en 81 híbridos (Lagos *et al.*, (2013).

Las variables fenológicas como número de cortes (NC) y días a primer corte (DPC) se encontraron correlaciones significativas, a mayor número de cortes mayores son los días para el desarrollo y maduración del fruto, estos valores resultan de cinco cortes y obtuvieron un promedio de 80 días posteriores al trasplante la cual no existió mucha diferencia en cada una de las variables mencionadas por genotipo, debido a que las cosechas, previamente fueron fijadas en fechas. Para número de cortes (NC) y días en corte (DEC), originó una correlación alta, mientras más número de cortes obviamente los días en producción o de corte son mayores, por último se presentó correlación entre DPC y DEC dando como significado mientras más días a primer corte los días en corte se reducen como referencia al último día de corte en el Cuadro 7. Algunos autores no han encontrado correlación entre variables agroclimáticas y fisiológicas con rendimiento (Borrego *et al.*, 2001).

Cuadro 7. Correlaciones entre variables fenológicas y de rendimiento de nueve genotipos de tomate a campo abierto. Saltillo, Coahuila. 2014.

	RDT	PPF	PTFP	NFPP	DP	DE	NC	DPC	DEC	DUC
RDT	1.00	0.49	1.00*	0.27	0.38	0.51	-0.02	0.10	-0.05	0.19
PPF		1.00	0.49	-0.53	0.45	0.73*	-0.36	0.43	-0.41	0.05
PTFP			1.00	0.27	0.38	0.51	-0.02	0.10	-0.05	0.19
NFPP				1.00	-0.31	-0.37	0.23	-0.24	0.28	0.12
DP					1.00	0.49	-0.03	0.09	-0.09	0.00
DE						1.00	-0.16	0.21	-0.18	0.10
NC							1.00	-0.88*	0.95*	0.29
DPC								1.00	-0.96*	0.10
DEC									1.00	0.20
DUC										1.00

*= Significativo al 0.05 de probabilidad

Variables de rendimiento

En el Cuadro 8 se presenta los cuadrados medios del análisis dialélico (Modelo I, Método II de Griffing, 1956) para las variables de rendimiento de nueve progenitores y sus 36 cruzas; en la fuente de variación genotipos se encontraron niveles de significancia ($p \leq 0.01$) para las variables número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial (NFPP, DP, DE) y diferencias ($p \leq 0.05$) para las variables rendimiento, peso promedio de fruto y peso total de fruto por planta (RDT, PPF, PTFPP). En la fuente de variación ACG las variables PPF, NFPP, DP, DE presentaron diferencias ($p \leq 0.01$), indicando que los genotipos presentaron gran diversidad en la constitución genética hacia la expresión de sus caracteres como los frutos tipo saladette, bola, y cherry, también difiere el porte o hábito de la planta, siendo los de tipo cherry de hábito indeterminado y los de tipo bola como determinado. Las variables RDT y PTFPP no presentaron diferencias significativas. Esta afirmación se sostiene del número de cortes presentados en los

genotipos que por lo general fueron cinco cortes y el rendimiento promedio mostró entre 40 y 50 t ha⁻¹, además el tipo del fruto influyo en la longitud y cantidad del mismo.

El cuadrado medio para ACE, mostró diferencias ($p \leq 0.01$) para las variables NFPP, DP, DE y diferencias ($p \leq 0.05$) en las variables RDT y PTFPP, con respecto a PPF no presento diferencias significativas. Debido a la interacción entre los genes, resultó una correcta complementación y mejor expresión fenotípica, mejorando el número de frutos, longitud mediana de fruto, ocasionando una mejor producción, mayor peso total por planta, además de un hábito intermedio de planta, que resiste mayor peso y más racimos fuertes de frutos.

En la fuente de variación genotipos la contribución a la variable RDT fue proporcionado por un 84.03% por efectos no aditivos (ACE); en PPF estuvo constituida por un 64.97% de efectos aditivos (ACG), en cuanto a PTFPP obtuvo un 84.05% de ACE. Con 56.15% de ACG fueron reportados para la variable NFPP. Estos resultados se presentaron debido al tipo de material evaluado y el lugar de la evaluación; algunos autores como García y Vallejo (1990) encontraron en las variables, producción por planta y peso promedio de fruto, diferencias significativas tanto para ACG (acción génica aditiva) y con mayor dominio para ACE (acción génica no aditiva) además en la variable número de frutos por planta encontraron diferencias para los dos tipos de AC, pero con predominio de la acción génica aditiva (ACG). En el tamaño y forma de fruto, la variable DP contribuyo con un ACG de 68.94% y para la variable DE reportó un 60.72% de ACG. Amaral *et al.* (1995) evaluaron seis genotipos considerando las características: peso del fruto comercial (CFW), espesor medio de la pulpa (ATP), y

número promedio de lóculos por fruto (NLF) por el análisis dialélico basado en la metodología de Griffing 1956; las cuales presentaron efectos génicos no aditivos para peso del fruto comercial (CFW), efectos genéticos aditivos para espesor medio de la pulpa (ATP), en tanto que lóculos de fruto (NLF) mostró un valor igual para efectos aditivos y no aditivos.

Respecto al coeficiente de variación en general los valores oscilaron entre los límites de 14.20% y 39.03% para las variables DE y PTFPP, la presencia de diversidad en la consistencia genética es la base y razón de los valores reportados, además de la heterogeneidad de la parcela; estos datos se observan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Cuadros medios y nivel de significancia del análisis dialélico de nueve progenitores de tomate y sus 36 cruzas evaluadas en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo p-v-2014.

F.V	G.L	RDT	PPF	PTFPP	NFPP	DP	DE
REP	2	2885.88**	7226.42**	8.15**	356.01	4.70	7.94
GEN	44	555.53*	3007.59*	1.57*	746.12**	273.66**	166.45**
ACG	8	488.00	10747.26**	0.44	1306.71**	1037.57**	555.87**
ACE	36	570.539*	1287.66	0.51*	399.33**	103.90**	79.91**
ERROR	88	352.99	966.99	0.32	173.52	52.94	38.26
TOTAL	178	4852.94	23235.92	10.99	3981.69	1472.78	848.43
C.V.		39.01	37.11	39.03	33.14	15.41	14.20
MEDIA		48.16	83.80	1.44	39.75	47.23	43.56

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01. FV= Fuente de Variación; GL= Grados de Libertad; RDT= Rendimiento en toneladas por hectárea; PPF= Peso promedio de fruto; PTFPP= Peso total de fruto por planta; NFPP= Numero de frutos por planta; DP= Diámetro polar; DE= Diámetro ecuatorial; REP= Repetición; ACG= Aptitud combinatoria general; ACE= Aptitud combinatoria especifica; CV= Coeficiente de variación.

Cuadro A.1 El análisis de medias de Tuckey al 0.05 de probabilidad reportó en la variable RDT a la línea D4 un valor de 58.50 t ha⁻¹ siendo el más sobresaliente, obteniendo en un bloque un rendimiento máximo de 73.07 t ha⁻¹, en contraste con la

línea D6 que obtuvo un rendimiento de 34.28 t ha^{-1} , en cuanto al híbrido más rendidor se tiene a IR13 x SALTILLO 1 con 83.88 t ha^{-1} , registrando en un bloque una productividad de 100.38 t ha^{-1} , vale señalar que los progenitores presentaron floración tardía y además se presentó aborto en las flores, debido a incompatibilidad entre el androceo y gineceo. Scott and George (1980) afirman efecto de dominancia incompleta en la característica de excreción del estigma; realizaron una cruce de líneas con estigma excertadas por líneas con estigmas insertados esto con el fin de resolver la incapacidad para lograr híbridos con posiciones de estigma estándar cruzando genotipos excertadas por insertados podría limitar el cuajado bajo ciertas condiciones ambientales, concluyeron que la inserción de estigma es más perjudicial para el cuajado de lo que fue la excreción de estigma.

Comparando el promedio del mejor híbrido obtenido en esta investigación y el rendimiento promedio nacional que fue de 57.21 t ha^{-1} en el 2013, se tiene un valor considerable de diferencia de 26.67 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2013). La variable peso promedio de fruto (PPF) mostró alto valor para el progenitor SALTILLO 1 con 144.16 g , en contraste con la línea VITA participando con 47.60 g respectivamente, para la misma variable la mejor cruce reportó 151.07 g para VITA x SALTILLO 2. Estos datos fueron por causa de que los frutos presentaran complementación entre genes para generar frutos medianos, dando más producción y mejor desarrollo en la fructificación, estos datos fueron menores a lo demostrado por Grijalva *et al.* (2013) donde evaluaron la productividad de siete cultivares de tomate cherry bajo condiciones de invernadero obteniendo producción de 20.1 y 19.2 kg m^{-2} . Por otro lado la variable PTFPP la línea que presentó el mayor peso total de fruto por planta fue D4 con 1.75 kg ; en cuanto a las

cruzas, el híbrido IR13 x SALTILLO 1 destacó con 2.52 kg; algunos híbridos presentaron un fenotipo intermedio en número y tamaño de frutos, esto facilitando la productividad reflejada en los cinco cortes generados. Santiaguillo *et al.* (2004) comprobaron que el rendimiento de fruto promedio de los progenitores se incrementó de 0.39 a 0.73 kg/planta al avanzar del corte 1 al 3, y el de las cruzas también aumentó de 0.40 a 1.01. En lo correspondiente a NFPP, el genotipo VITA presentó 52 frutos; En los híbridos mostró a MOLINO x SALTILLO 2 con 86 frutos cosechados.

Refiriéndose a la variable DP se tiene a NOVA con 57.67 mm reportándose con mayor diámetro, en relación a los híbridos para la misma variable se tiene con 65.20 mm a la cruce SALTILLO 2 x NOVA. En la variable DE, el progenitor D4 rindió un diámetro de 55.67 mm; en las cruces, con mayor diámetro ecuatorial se tiene a D6 x IR13 con 61.07 mm y evidentemente estos resultados se presentan en el Cuadro A.1. Estos datos fueron superiores a un estudio realizado por Fernandes *et al.* (2007) que establecieron el principal objetivo de determinar una clasificación de los tomates cherry en función del tamaño y peso del fruto; separaron las frutas por tamaños, mediante un sistema de cajas perforadas con agujeros de 20, 25, 30 y 35 mm de diámetro; obtuvieron variación durante los períodos de cosecha y logrando un porcentaje de frutos de 5% de frutas gigantes, 22% de frutos grandes, el 42% de frutas medianas, 20% para las pequeñas frutas.

Variables fenológicas

Se presenta los cuadrados medios del análisis dialélico (Modelo I, Método II de Griffing, 1956) para los 9 progenitores y sus 36 cruzas (Cuadro 9), observado para las variables fenológicas en la fuentes de variación Genotipos, ACG y ACE no se encontró diferencias ($p \leq 0.01$) ni diferencias ($p \leq 0.05$) en ninguna de las variables; sin embargo presentaron valores positivos. Las variables fenológicas todas presentaron similitud, debido a que el número de cortes fue menor y los días en producción fueron similares, a causa de que en las cinco cosechas siempre se presentaba el corte de por lo menos un fruto. Borrego *et al.* (2001) no se encontraron diferencia significativa ni correlaciones entre las variables agroclimáticas y fisiológicas en tomate.

En las variables fenológicas los efectos no aditivos (ACE) constaron de 85.06%, 83.50%, 84.61% y 82.82% para las variables NC, DPC, DEC Y DUC respectivamente. En lo relacionado a los coeficiente de variación el valor máximo reportado fue de 17.64% atribuido a la variable DEC (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios y significancia del análisis dialélico de nueve progenitores de tomate y sus 36 cruzas evaluadas en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo p-v-2014.

F.V	G.L	NC	DPC	DC	DUC
REP	2	0.96**	168.32**	170.10**	2.96
GEN	44	0.22	32.79	33.82	2.76
ACG	8	0.18	29.76	28.62	2.61
ACE	36	0.23	33.46	34.98	2.79
ERROR	88	0.17	28.08	29.10	2.96
TOTAL	178	1.76	292.41	296.61	14.09
C.V.		8.65	6.61	17.64	1.55
MEDIA		4.73	80.12	30.59	110.70

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente. FV= Fuente de Variación; GL= Grados de Libertad; NC= Numero de Cortes; DPC= Días a Primer Corte; DC= Días en Cosecha; DUC= Días a Ultimo Corte; REP= Repetición; ACG= Aptitud Combinatoria General; ACE= Aptitud Combinatoria Especifica; CV= Coeficiente de Variación.

De acuerdo al Cuadro A.2 Se observó la prueba de medias de Tuckey al 0.05 de probabilidad para las variables fenológicas, en los cuales la variable NC los progenitores sobresalientes fueron IR9 y D6 con 5 cortes. En las cruzas se tiene a VITA x SALTILLO 2 y MOLINO x SALTILLO 1 con cinco cortes. En la variable DPC se reportó los materiales más precoces con 77 días para IR9 y D6 y los híbridos SALTILLO 1 x SALTILLO 2 y SALTILLO 1 x NOVA. La línea MOLINO y el híbrido MOLINO x SALTILLO 1 se caracterizaron tardías con 90 días a su primer corte; estos datos difieren a lo reportado por Hernández (2013), que evaluó un dialélico de ocho progenitores en la que obtuvo el genotipo más precoz con 72 días al primer corte y el más tardío lo reportó la línea D4 con las cruzas D10 x D6, D6 x D3, IR9 x IR13 con 83 días a último corte. La variable DEC presento a las variedades IR9, D6 con los híbridos MOLINO x VITA y VITA x SALTILLO 2 con 34 días en corte. En DUC los genotipos fueron iguales estadísticamente. Estos datos se presentan en el Cuadro A.2.

Efectos genéticos

Los efectos de ACG de las variedades progenitoras del cruzamiento dialélico analizado bajo el modelo I método II de Griffing (1956). Reportaron para la variable RDT, la variedad SALTILLO 1 obtuvo el valor más alto de ACG, presentando diferencia ($p \leq 0.05$), para los progenitores MOLINO, NOVA e IR9 presentaron valores positivos. SALTILLO 1 y D4 presentaron los valores más altos en PPF, con diferencia ($p \leq 0.01$); los progenitores SALTILLO 2, MOLINO e IR9 presentaron valores positivos.

En tanto la variable PTFPP, los progenitores más destacados fueron SALTILLO 1, MOLINO, IR9 y NOVA, presentando valores positivos; sin embargo el resto de los materiales reportaron valor negativo, por lo tanto estos progenitores no darían buenos resultados en programas de cruzamientos aun cuando se aprovechen los efectos aditivos, esto solo para esta variable. La característica NFPP encontró a VITA y D6 como sobresalientes, con diferencia ($p \leq 0.01$) y ($p \leq 0.05$). Lo anterior resalta a los progenitores SALTILLO 1 e IR9 presentando para las variables RDT, PPF, PTFPP y NFPP los valores positivos altos, indicando que es una buena fuente de germoplasma para desarrollar programas futuros de mejoramiento.

En la característica DP los progenitores IR13, IR9, NOVA y SALTILLO 2 produjeron valores con diferencia ($p \leq 0.01$). En DE en base al valor altamente significativo son generados por SALTILLO 1, D4 y MOLINO. De acuerdo a los valores positivos y negativos, estos nos permite identificar genotipos con mayor valor o

aportación de efectos aditivos, esto deja una clara evidencia de la falta de aportación en efectos aditivos redundada en los valores negativos.

En las características fenológicas la variable NC los progenitores D6, IR13 y IR9 obtuvieron valores positivos, los siguientes genotipos obtuvieron valor de cero siendo D4, VITA y NOVA. En DPC los progenitores MOLINO y SALTILLO 2 presentaron valores positivos pero no significativos. Para DEC, progenitores como D6, VITA, IR9, IR13, NOVA y D4 obtuvieron valores positivos. Para la característica de DUC se tiene a D6, IR13 y SALTILLO 1 con valor positivo; estos valores se observan en el Cuadro 10. Los valores positivos significan que hay una variabilidad y una correcta expresión de los genes para ciertas características; sin embargo al presentarse valores de cero otorgan un significado de participación nulo.

Cuadro 10. Efectos de ACG del cruzamiento dialélico en tomate analizado bajo el método II modelo I de Griffing (1956).

variedades	RDT	PPF	PTFPP	NFPP	DP	DE	NC	DPC	DEC	DUC
1. D4	-0.49	13.93**	-0.01	-7.56**	-2.53*	4.08**	0.00	-0.08	0.04	-0.03
2. IR9	0.52	2.22	0.02	-0.95	5.86**	0.00	0.06	-0.71	0.68	-0.03
3. D6	-4.78	-14.34**	-0.14	4.71*	-5.00**	-3.55**	0.09	-0.87	1.13	0.27
4. IR13	-1.56	-0.90	-0.05	-1.95	7.55**	-1.49	0.09	-0.08	0.35	0.27
5. MOLINO	4.95	6.85	0.15	-2.04	-2.21	2.56**	-0.12	1.65	-1.68	-0.03
6. VITA	-4.84	-34.98**	-0.14	19.99**	-9.96**	-7.22**	0.00	-0.87	0.83	-0.03
7. SALTILLO1	6.56*	27.42**	0.20*	-7.04**	-0.68	6.48**	-0.03	0.71	-0.44	0.27
8. SALTILLO2	-1.06	9.76	-0.03	-4.65*	3.29**	0.66	-0.09	1.10	-1.14	-0.03
9. NOVA	0.69	-9.21	0.02	-0.50	3.67**	-1.51	0.00	-0.87	0.23	-0.64*

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

La estimación de los efectos de ACE del cruzamiento dialélico analizado bajo el método II modelo I de Griffing (1956). Se encontró en la variable RDT, el híbrido D6 x SALTILLO 2 fue el que presentó valor significativo ($p \leq 0.01$) de ACE con 31.05 y MOLINO x SALTILLO 1 con 24.20 siendo significativo ($p \leq 0.05$), Falconer y Makey

(1996) mencionan que un rendimiento superior de una craza puede deberse a la suma de efectos aditivos de los genes de ambos progenitores, o bien, a los efectos de interacción de los alelos dominantes de un progenitor con los alelos recesivos del otro progenitor.

En cuanto a PPF, las cruzas con valores positivos altos fueron para IR13 x SALTILLO 2 y D6 x SALTILLO 2 con ($p \leq 0.01$) de 49.45 y ($p \leq 0.05$) de 34.06 respectivamente. La PTFPP las cruzas con valor positivo se presentaron para los híbridos D6 x SALTILLO 2 y MOLINO x SALTILLO 1 con valores de 0.93 y 0.73 siendo significativo de ($p \leq 0.05$) y ($p \leq 0.01$). Se encontró para la variable NFPP, valor para VITA x SALTILLO 2 y SALTILLO 1 x NOVA con ($p \leq 0.01$) de 31.25 y 22.79 siendo este último ($p \leq 0.05$).

Para DP, se presentó el valor positivo con significancia ($p \leq 0.01$) en el híbrido SALTILLO 2 x NOVA con 11.01 e IR9 x D6 con 9.77. En cuanto a DE, la craza D6 x SALTILLO 2 y SALTILLO 1 x SALTILLO 2 presentó valor positivo para ACE, y fue significativo ($p \leq 0.01$) diferente a las demás cruzas, con valores de 11.27 y 8.57. Martínez *et al.* (1989) encontraron diferencias altamente significativas para los efectos de ACG y de ACE para todos los caracteres similares a los mencionados, a excepción del carácter producción de frutos de primera (frutos de más de 180 g) componentes a partir de un cruzamiento dialélico (6 progenitores, 15 híbridos F 1, sin incluir los recíprocos): utilizando el método experimental II, modelo I (Griffing, 1956).

En NC, Los valores positivos son observados para las cruzas MOLINO x SALTILLO 2 y MOLINO x VITA con ($p \leq 0.05$). La característica de DPC las cruza con

valor negativo fue observado para el híbrido MOLINO x VITA con -5.87 ($p \leq 0.05$). En cuanto a días en corte (DEC) el valor positivo se encontraron en MOLINO x SALTILLO 2 y D6 x SALTILLO 2, con significancia ($p \leq 0.01$). La variable días a ultimo corte (DUC) el valor de 0.97 corresponden a las cruzas SALTILLO 2 x NOVA y D4 x NOVA. Estos datos se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 36 híbridos F₁ evaluados en Saltillo, Coahuila, durante el ciclo p-v 2014.

Cruzas	RDT	PPF	PTFPP	NFPP	DP	DE	NC	DPC	DEC	DUC
D4xIR9	-7.09	5.21	-0.21	-5.24	-9.83**	-2.84	-0.13	2.01	-1.64	0.36
D4xD6	-8.62	-3.46	-0.26	-10.90	-3.84	-4.08	0.18	-2.18	2.24	0.06
D4xIR13	-7.07	4.39	-0.21	-4.90	0.28	-1.00	-0.16	1.37	-1.31	0.06
D4xMOLINO	-4.98	-21.74	-0.15	5.19	-2.02	-4.79	0.05	-0.36	0.72	0.36
D4xVITA	-2.25	-15.15	-0.07	-0.51	0.59	-0.28	0.27	-2.18	2.54	0.36
D4xSALTILLO1	0.67	19.01	0.02	-1.81	6.64	6.96*	0.30	-3.75	3.81	0.06
D4xSALTILLO2	3.93	0.70	0.12	1.46	1.21	-2.23	-0.31	0.19	-3.16	-2.97**
D4xNOVA	2.80	-14.54	0.08	9.31	-4.30	0.35	-0.07	2.16	-1.19	0.97
IR9xD6	-2.48	13.27	-0.07	-13.18	9.77**	2.80	0.22	2.79	-2.73	0.06
IR9xIR13	0.77	-11.79	0.03	2.49	2.42	0.40	0.12	-2.33	2.39	0.06
IR9xMOLINO	0.29	11.40	0.01	-4.42	2.85	-0.05	-0.01	1.95	-1.58	0.36
IR9xVITA	-11.39	-24.37	-0.34	16.88*	-8.54*	-5.01	-0.13	2.79	-2.43	0.36
IR9xSALTILLO1	-9.11	-3.19	-0.27	-5.42	-1.42	-3.17	-0.10	1.22	-1.16	0.06
IR9xSALTILLO2	14.52	14.30	0.43	2.52	7.09	3.38	0.30	-3.51	3.87	0.36
IR9xNOVA	-6.25	0.75	-0.19	-3.96	4.90	-1.18	-0.13	-1.54	-0.82	-2.36**
D6xIR13	-5.97	-8.82	-0.18	-6.18	-0.05	2.63	0.08	-2.18	1.93	-0.24
D6xMOLINO	5.81	8.11	0.18	-4.08	0.58	2.57	0.30	-3.90	3.96	0.06
D6xVITA	4.62	20.40	0.14	-9.78	5.92	0.41	-0.16	2.95	-2.88	0.06
D6xSALTILLO1	5.55	-4.91	0.17	-0.75	0.18	-0.74	0.21	-2.96	2.72	-0.24
D6xSALTILLO2	31.05**	34.06*	0.93**	0.52	6.21	11.27**	-0.40	5.31	5.25	0.06
D6xNOVA	-16.23	1.95	-0.49	-16.63*	0.50	-1.56	-0.16	2.95	-2.28	0.67
IR13xMOLINO	-1.94	1.40	-0.06	-2.08	6.36	-0.56	-0.04	-0.36	0.42	0.06
IR13xVITA	2.65	-3.38	0.08	-1.78	-1.03	2.82	0.18	-2.18	2.24	0.06
IR13xSALTILLO1	17.51	6.06	0.52	5.25	4.69	5.60	-0.13	0.58	-0.82	-0.24
IR13xSALTILLO2	11.26	49.45**	0.34	-6.81	0.86	5.14	-0.40	4.52	-4.46	0.06
IR13xNOVA	-5.97	-5.01	-0.18	-1.63	-1.65	-0.42	0.18	-2.18	2.84	0.67
MOLINOxVITA	-6.77	-9.74	-0.21	-5.69	-0.47	-0.77	0.39	-3.90	4.27	0.36
MOLINOxSALTILLO1	24.20*	11.39	0.73*	8.34	3.52	7.01*	0.08	-1.15	1.21	0.06

MOLINOxSALTILLO2	1.26	-21.33	0.04	6.28	0.09	-4.71	0.48*	-5.87*	6.24*	0.36
MOLINOxNOVA	-16.70	-11.18	-0.50	-2.21	-7.42*	-0.14	-0.28	0.43	-2.79	-2.36**
VITAxSALTILLO1	8.54	9.83	0.26	-13.36*	5.40	2.38	-0.04	1.37	-1.31	0.06
VITAxSALTILLO2	3.73	-27.31	0.11	31.25**	-5.36	0.20	0.36	-3.36	3.72	0.36
VITAxNOVA	6.46	-27.31	0.19	-12.24	-4.14	-1.76	-0.07	-1.39	-0.98	-2.36**
SALTILLO1xSALTILLO2	-25.50**	21.13	-0.76**	-13.05	0.89	8.57**	-0.61**	8.07**	-8.01**	0.06
SALTILLO1xNOVA	18.05	30.09	0.54	22.79**	-5.09	-1.45	0.30	2.96	3.63	0.67
SALTILLO2xNOVA	23.58*	-22.61	0.71*	7.40	11.01**	2.43	0.36	-3.36	4.33	0.97

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

Análisis de varianza modelo II de Gardner y Eberhart (1956)

En esta sección se presenta un análisis de varianza bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1966) para las variables evaluadas, el cual permitió conocer la diferencia existente entre los progenitores y sus cruzas, así como los diferentes efectos de heterosis. Se observa los cuadrados medios del análisis de varianza para la fuente de variación genotipos, se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables NFPP, DP, DE y significativo ($p \leq 0.05$) para RDT, PPF y PTFPP. Para las variables PPF, NFPP, DP y DE se observó en la fuente de variación variedades diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$).

Con respecto a la fuente de variación heterosis se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables NFPP, DP, DE y significativo ($p \leq 0.05$) para RDT y PTFPP. Estos datos concuerdan con un reporte de heterosis promedio en híbridos que presentó un incremento del corte 1 al 3 reflejado en peso de 0.01 a 0.28 kg/planta y la heterobeltiosis en la mejor cruza de 0.48 a 0.76 kg/planta además en rendimiento la heterosis promedio fue de 0.36 kg/planta (21.4%) y la heterobeltiosis en la mejor cruza fue de 0.82 kg/planta (40.6%) y en los caracteres de calidad de fruto (Peso en fruto, Diámetro polar del fruto y Diámetro ecuatorial) la heterosis promedio fue negativa, pero la heterobeltiosis de la mejor cruza varió de 0.7 a 19.2% (Santiaguillo *et al.*, 2004).

Referente a la fuente de variación Heterosis promedio, solo se obtuvieron diferencias ($p \leq 0.01$) para DP y DE, lo que indica que cuando menos existe una craza que difiere del promedio del experimento. Heterosis varietal presentó diferencias ($p \leq 0.01$) para las variables RDT, PPF, PTFPP, NFPP, DP y DE. En lo correspondiente a Heterosis específica, se obtuvo diferencias ($p \leq 0.01$) para PPF y NFPP (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza y cuadrados medios de nueve variedades de tomate y sus 36 cruas para características de rendimiento y fenológicas analizados bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1956).

F.V	G.L	RDT	PPF	PTFPP	NFPP	DP	DE	NC	DPC	DEC	DUC
REPETICION	2	2885.88**	7226.42**	8.15**	356.01	4.70	7.94	0.96**	168.32**	170.10**	2.96
GENOTIPO	44	555.53*	3007.59*	1.57*	746.12**	273.66**	166.45**	0.22	32.79	33.82	2.76
VARIEDADES	8	488.00	10747.26**	0.44	2306.71**	1037.57**	555.87**	0.18	29.76	28.62	2.61
HETEROSIS	36	570.54*	1287.66	0.51*	399.33**	103.90**	79.91**	0.23	33.46	34.98	2.79
HET. PROM.	1	998.27	2185.43	0.91	302.25	299.56**	330.10**	0.15	49.81	28.47	2.96
HET. VARIET.	8	872.73**	2461.93**	0.79**	694.34**	174.59**	200.80**	0.25	33.56	29.82	1.49
HET. ESP.	27	465.16	906.48**	0.49	315.51**	75.71	34.83	0.23	32.83	36.74	3.17
ERROR	13804	352.99	966.99	0.32	173.52	52.94	38.26	0.17	28.08	29.10	2.96
C.V.		39.01	37.11	39.03	33.14	15.41	14.20	8.65	6.61	17.64	1.55

*, ** Significativo y Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

En relación a los valores de heterosis promedio presentes en el análisis del modelo II de Gardner y Eberhart (1966), se observa valores positivos en RDT, PPF, PTFPP, NC y DEC, sobresaliendo las variables DP y DE que presentaron diferencias ($p \leq 0.01$), de (\bar{h} , promedio) calculada como la diferencia entre la media de todos los híbridos F_1 y la media de todos los progenitores. La presencia de heterosis promedio puede interpretarse como una consecuencia de la divergencia genética entre los híbridos comerciales progenitores, ya que numerosos estudios experimentales de varios autores han mostrado que a mayor divergencia genética entre los progenitores, hay mayor heterosis en las cruas (Gutiérrez *et al.*, 2002).

En lo que se refiere a la heterosis varietal los progenitores, SALTILLO 1, SALTILLO 2, D6 e IR13 manifestaron efectos positivos favorables, en la mayoría de las variables evaluadas (Cuadro 13). El progenitor D4 presentó valores positivos solo para la variable DEC. En lo que se refiere al progenitor IR9 se encontró valor positivo para la variable DP y DPC. En lo que concierne al progenitor IR13 mostro valor positivo para RDT, PPF, DP, DE, DEC y DUC. Para el progenitor MOLINO los valores positivos fueron para las variables NFPP, NC y DEC. Referente al progenitor VITA presentó valores positivos para las variables NFPP NC y DEC. Para el progenitor NOVA los valores positivos fueron para las variables NFPP y DEC. Singh *et al.* (2012) Obtuvieron resultados menores de heterosis para variables de rendimiento en tomate. Con base en lo anterior, para un programa de selección recíproca recurrente, en donde se aprovechan tantos los efectos genéticos aditivos como los no aditivos, el mejor progenitor para RTO y PPF sería SALTILLO 2 porque presentó mayor heterosis varietal. Martínez *et al.* (2013) obtuvieron en materiales de hábito indeterminado valores más altos de ACG y

buena ACE para peso de fruto en tomate, además en la variable peso de fruto (PF), el híbrido DG05 de hábito determinado mostró buena aptitud combinatoria específica (ACE) y alta heterosis intervarietal (HI).

La heterosis específica permite identificar las cruzas de alto rendimiento con mejores características que la de sus progenitores. Los efectos de heterosis específica más favorables revelan que los mejores cruzamientos para RDT son: D6 x SALTILLO 2 con diferencia ($p \leq 0.05$) y valor de 21.72, MOLINO x SALTILLO 1 con diferencia ($p \leq 0.05$) y un resultado de 20.08. Para la variable PPF las cruzas que obtuvieron los mejores valores de heterosis específica fueron: IR13 x SALTILLO 2 con ($p \leq 0.05$) de 33.42, VITA x NOVA con 29.44 y D4 x SALTILLO1 que reportó 8.73. La característica PTFPP las cruzas más representativas fueron: D6 x SALTILLO 2 con ($p \leq 0.05$) de 0.65, MOLINO x SALTILLO 1 con ($p \leq 0.05$) de 0.61 y SALTILLO 2 x NOVA con 0.46. En relación a la variable NFPP las cruzas que obtuvieron los más altos valores de heterosis específica con significancia ($p \leq 0.01$) fueron: VITA x SALTILLO 2 con un valor de 25.38, SALTILLO 1 x NOVA con un resultado de 21.14 e IR9 x VITA con 16.71. La divergencia genética es una condición necesaria pero no suficiente para asegurar la expresión de la heterosis (Cress, 1966); pues los efectos positivos de la heterosis se han atribuido a efectos genéticos y de interacción, tales como la acumulación de efectos aditivos, la presencia de efectos de dominancia y sobredominancia, presencia de efectos epistáticos y la interacción genotipo ambiente.

Los mejores híbridos para DP fueron: SALTILLO 2 x NOVA con significancia ($p \leq 0.01$) y valor de 9.71, D4 x SALTILLO 1 con significancia ($p \leq 0.05$) y un resultado

de 7.09. Y los mejores híbridos reportados en la variable DE con los siguientes valores 6.94 y significancia ($p \leq 0.05$) y resultados de 5.50 y 4.63 fueron atribuidos a los híbridos D6 x SALTILLO 2, D4 x SALTILLO 1 y MOLINO x SALTILLO 1. Estos valores se pueden observar en el Cuadro 13. Las cruzas IR9 x SALTILLO 2, MOLINO x SALTILLO 2 y SALTILLO 2 x NOVA presentaron y compartieron el valor de (0.39) y fueron las que presentaron los valores más altos de heterosis específica para la variable NC. Para la variable DPC los valores de heterosis específica más representativos fueron para las cruzas IR9 x SALTILLO 2, MOLINO x SALTILLO 2 con un valor compartido de -4.67. En lo que se refiere a la variable DEC se tiene el valor de 5.14 representada por las cruzas: IR9 x SALTILLO 2, MOLINO x SALTILLO 2; la cruce SALTILLO 2 x NOVA obtuvo 4.62 de heterosis específica. Las cruzas SALTILLO 2 x NOVA con valor de 1.43, D6 x NOVA e IR13 x NOVA con un resultado compartido de 0.95 fueron los híbridos más representativos para heterosis específica de la variable DUC.

Cuadro 13. Estimación de heterosis promedio (\bar{h}), varietal (h_j) y específica (S_{ij}) de los progenitores y cruzas para las características de rendimiento y fenológicas bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1966).

Tipo de heterosis	RDT	PPF	PTFPP	NFPP	DP	DE	NC	DPC	DEC	DUC
\bar{h} . prom.	6.80	10.06	0.20	-3.74	3.72**	3.91**	0.08	-1.52	1.15	-0.37
1. D4	-13.16	-16.37	-0.39	-0.56	-6.77**	-5.57**	0.00	-0.12	0.07	-0.05
2. IR9	-12.41	-4.13	-0.37	-1.70	0.51	-4.69*	-0.17	2.28	-2.34	-0.05
3. D6	1.12	17.49	0.04	21.61**	5.23*	2.77	-0.12	2.04	-1.62	0.42
4. IR13	0.14	6.36	0.00	-3.80	2.32	3.28	-0.12	-0.12	0.54	0.42
5. MOLINO	-3.81	-18.77	-0.11	2.87	-0.97	-3.02	0.33*	-4.22*	4.16*	-0.05
6. VITA	-2.08	-17.55	-0.06	4.23	-5.34*	-3.25	0.26	-1.36	1.31	-0.05
7. SALTILLO1	11.41	11.62	0.34	3.13	3.48	7.42**	-0.05	1.12	-0.69	0.42
8.SALTILLO2	20.80**	32.17**	0.62**	13.97**	6.31**	6.98**	-0.14	1.74	-1.79	-0.05
9. NOVA	-2.02	-10.83	-0.06	3.47	-4.78*	-3.92	0.00	-1.36	0.35	-1.01
D4xIR9	0.85	10.65	0.02	-3.67	-8.30*	0.11	-0.08	1.52	-1.05	0.48
D4xD6	-5.60	-5.87	-0.17	-2.10	-4.02	-3.84	0.20	-2.57	2.57	0.00
D4xIR13	-3.70	6.02	-0.11	-2.57	1.15	-0.95	-0.13	1.76	-1.76	0.00
D4xMOLINO	-0.17	-10.98	0.00	5.10	0.05	-2.45	-0.08	1.52	-1.05	0.48
D4xVITA	1.93	-4.83	0.06	-1.10	4.25	2.14	0.15	-1.33	1.81	0.48
D4xSALTILLO1	-0.06	18.73	0.00	-2.00	7.09*	5.50	0.30	-3.81	3.81	0.00
D4xSALTILLO2	-0.21	-7.06	-0.01	-2.67	0.64	-3.53	-0.27	-0.10	-2.76	-2.86**
D4xNOVA	6.95	-6.66	0.21	9.00	-0.85	3.02	-0.08	3.00	-1.57	1.43
IR9xD6	0.26	6.40	0.01	-3.95	6.94*	2.71	-0.13	1.52	-1.52	0.00
IR9xIR13	3.87	-14.62	0.12	5.24	0.65	0.13	0.20	-2.81	2.81	0.00
IR9xMOLINO	4.83	17.72	0.14	-4.10	2.27	1.97	-0.08	2.95	-2.48	0.48
IR9xVITA	-7.48	-18.50	-0.22	16.71**	-7.53*	-2.91	-0.18	2.76	-2.29	0.48
IR9xSALTILLO1	-10.10	-7.93	-0.30	-5.19	-3.61	-4.95	-0.04	0.29	-0.29	0.00
IR9xSALTILLO2	10.11	2.09	0.30	-1.19	3.86	1.76	0.39	-4.67	5.14	0.48
IR9xNOVA	-2.36	4.18	-0.07	-3.86	5.71	1.17	-0.08	-1.57	-0.33	-1.90*
D6xIR13	-7.79	-19.50	-0.23	3.81	-3.55	-0.35	0.15	-2.57	2.10	-0.48
D6xMOLINO	5.43	6.56	0.16	3.48	-1.72	1.88	0.20	-2.81	2.81	0.00
D6xVITA	3.61	18.41	0.11	-2.71	5.22	-0.19	-0.23	3.00	-3.00	0.00
D6xSALTILLO1	-0.36	-17.51	-0.01	6.71	-3.74	-5.23	0.25	-3.81	3.33	-0.48
D6xSALTILLO2	21.72*	13.99	0.65*	4.05	1.27	6.94*	-0.32	4.24	-4.24	0.00

D6xNOVA	-17.26	-2.48	-0.52	-9.29	-0.41	-1.92	-0.13	3.00	-2.05	0.95
IR13xMOLINO	-1.97	3.90	-0.06	-1.00	5.12	-1.43	-0.13	1.52	-1.52	0.00
IR13xVITA	2.00	-1.33	0.06	-1.19	-0.68	2.03	0.11	-1.33	1.33	0.00
IR13xSALTILLO1	11.95	-2.49	0.36	6.24	1.84	0.92	-0.08	0.52	-1.00	-0.48
IR13xSALTILLO2	2.29	33.42*	0.07	-9.76	-3.02	0.63	-0.32	4.24	-4.24	0.00
IR13xNOVA	-6.65	-5.40	-0.20	-0.76	-1.51	-0.96	0.20	-1.33	2.29	0.95
MOLINOxVITA	-5.99	1.46	-0.18	-7.52	1.08	0.73	0.15	-1.57	2.05	0.48
MOLINOxSALTILLO1	20.08*	11.98	0.60*	6.90	1.86	4.63	-0.04	0.29	-0.29	0.00
MOLINOxSALTILLO2	-6.28	-28.22	-0.19	0.90	-2.59	-6.94*	0.39	-4.67	5.14	0.48
MOLINOxNOVA	-15.94	-2.43	-0.48	-3.76	-6.08	1.61	-0.42*	2.76	-4.67	-1.90*
VITAxSALTILLO1	3.79	9.97	0.11	-15.29*	5.33	0.08	-0.13	1.76	-1.76	0.00
VITAxSALTILLO2	-4.44	-34.64*	-0.13	25.38**	-6.46	-1.95	0.30	-3.19	3.67	0.48
VITAxNOVA	6.59	29.44	0.20	-14.29*	-1.21	0.06	-0.18	-0.10	-1.81	-1.90*
SALTILLO1xSALTILLO2	-38.58**	12.15	-1.16**	-18.52**	-3.41	2.55	-0.56**	7.33**	-7.33*	0.00
SALTILLO1xNOVA	13.27	-24.91	0.40	21.14**	-5.36	-3.51	0.30	-2.57	3.52	0.95
SALTILLO2xNOVA	15.39	8.26	0.46	1.81	9.71**	0.53	0.39	-3.19	4.62	1.43

*, ** Significativo y Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

Estructura heterótica

La estructura heterótica de una craza dentro de un grupo dialélico se describe en base a tres tipos de heterosis: media, varietal y específica. Martín del Campo y Molina (1985) mencionan sobre la interpretación genética de la estructura heterótica de una craza es similar a la estructura dada por los efectos de ACG; en el Cuadro 14. Se presenta la estructura de la heterosis de las mejores cuatro cruzas de acuerdo a las variables evaluadas, donde se observa la interacción de las cruzas entre progenitores que presentaron heterosis varietal positiva por heterosis varietal positiva presentaron efectos de heterosis total y heterosis específica positiva excepto para IR9 x SALTILLO 2 y D6 x SALTILLO 1 en la variable DPC, este resultado se manifiesta ya que no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos. Para las cruzas entre progenitores con heterosis varietal positiva por heterosis varietal negativa presentaron efectos de heterosis total y heterosis específica positiva para la mayoría de las cruzas, excepto para las cruzas MOLINO x SALTILLO 2 y D4 x SALTILLO 1 que presentaron valor negativo para la variable DPC, estos resultados son similares a los obtenidos por Nieto (2007), la cual trabajó con cinco variedades de chile serrano en el estado de Tamaulipas. Los progenitores con valores negativos por valores negativos para heterosis varietal presentaron efectos de heterosis total y heterosis específica negativa excepto para VITA x NOVA en la variable PPF, D4 x NOVA para DE, IR9 x SALTILLO 2 y IR9 x IR13 para NC, IR9 x SALTILLO 2 para DEC, D4 x NOVA, SALTILLO 2 x NOVA que representaron a la variable DUC.

En la variable RDT, los híbridos se comportaron y presentaron el valor más elevado de heterosis total por los efectos de alta heterosis específica y alta heterosis varietal representados por: D6 x SALTILLO 2 con valor de 33.63, por lo contrario la cruce con el menor valor de heterosis total fue SALTILLO 1 x NOVA. Para PPF, la cruce IR13 x SALTILLO 2 presento los efectos de heterosis promedio, varietal y específica positiva las cuales contribuyeron al valor alto de heterosis total 123.03, siendo la cruce D6 x VITA el que presento el valor más bajo debido a la heterosis varietal. La variable PTFPP la cruce D6 x SALTILLO 2 obtuvo una heterosis total de 1.01 aportados por los efectos de heterosis promedio, varietal y específica. La cruce SALTILLO 1 x NOVA presento el valor más bajo debido a la heterosis varietal. Para la variable NFPP se observa que en la cruce VITA x SALTILLO 2 la heterosis específica y la heterosis varietal fueron las que contribuyeron al valor positivo de la heterosis total siendo 26.50, en contraste la cruce D4 x NOVA fue la que presento el valor más bajo para esta variable.

Para DP la cruce SALTILLO 2 x NOVA los efectos de heterosis promedio, varietal de la hembra y específica fueron los que contribuyeron con 14.97 siendo el valor alto de heterosis total, la cruce IR9 x NOVA presento el valor más bajo debido a la heterosis varietal. Para DE el valor 20.60 fue representada por la cruce D6 x SALTILLO 2 los efectos de heterosis promedio, varietal y específica favorecieron al valor alto de esta heterosis total, la cruce D4 x NOVA presento el valor más bajo debido a la heterosis varietal.

En NC se observa que los efectos de heterosis promedio y específica de la cruce IR9 x SALTILLO 2 contribuyeron al alto valor positivo de heterosis total (0.17), en contraste la cruce IR9 x IR13 fue la que presento el valor más bajo para esta variable. Los efectos de heterosis varietal de la cruce IR9 x SALTILLO 2 contribuyeron al alto valor negativo de heterosis total, en contraste la cruce D6 x SALTILLO 1 fue la que presento el valor más bajo para esta variable DPC. Para DEC la cruce MOLINO x SALTILLO 2 fue el que mostro el valor más alto de heterosis total, ya que la heterosis promedio, específica y la heterosis del progenitor hembra fueron las que influyeron en este resultado, por lo contrario los valores negativos de la heterosis varietal del macho fueron los que influyeron en valor minúsculo para la cruce VITA x SALTILLO 2.

Para la variable DUC, la cruce D4 x NOVA y SALTILLO 2 x NOVA siendo las de mayor heterosis específica, esta variable no obtuvo heterosis total, ya que reflejo un valor de 0.00, esto debido a que todos los híbridos presentaron el ulmo día a corte; estructuras de la heterosis registrados en el (Cuadro 14).

Cuadro 14. Estructura de la heterosis de las mejores cuatro cruzas de cada variable de acuerdo al valor más alto de heterosis específica.

Variable	Cruza	h_{ij}	\bar{h}	\bar{h}_j	\bar{h}_j'	S_{ij}
RDT	D6xSALTILLO2	50.44	6.80	1.12	20.80	21.72
	MOLINOxSALTILLO1	34.48	6.80	-3.81	11.41	20.08
	SALTILLO2xNOVA	40.97	6.80	20.80	-2.02	15.39
	SALTILLO1xNOVA	29.46	6.80	11.41	-2.02	13.27
PPF	IR13xSALTILLO2	82.02	10.06	6.36	32.17	33.42
	VITAxNOVA	11.12	10.06	-17.55	-10.83	29.44
	D4xSALTILLO2	24.04	10.06	-16.37	11.62	18.73
	D6xVITA	28.41	10.06	17.49	-17.55	18.41
PTFP	D6xSALTILLO2	1.51	0.20	0.04	0.62	0.65
	MOLINOxSALTILLO1	1.04	0.20	-0.11	0.34	0.60
	SALTILLO2xNOVA	1.23	0.20	0.62	-0.06	0.46
	SALTILLO1xNOVA	0.88	0.20	0.34	-0.06	0.40
NFPP	VITAxSALTILLO2	39.83	-3.74	4.23	13.97	25.38
	SALTILLO1xNOVA	24.00	-3.74	3.13	3.47	21.14
	IR9xVITA	15.50	-3.74	-1.70	4.23	16.71
	D4xNOVA	8.17	-3.74	-0.56	3.47	9.00
DP	SALTILLO2xNOVA	14.97	3.72	6.31	-4.78	9.71
	D4xSALTILLO1	7.53	3.72	-6.77	3.48	7.09
	IR9xD6	16.40	3.72	0.51	5.23	6.94
	IR9xNOVA	5.17	3.72	0.51	-4.78	5.71
DE	D6xSALTILLO2	20.60	3.91	2.77	6.98	6.94
	D4xSALTILLO1	11.27	3.91	-5.57	7.42	5.50
	MOLINOxSALTILLO1	12.93	3.91	-3.02	7.42	4.63
	D4xNOVA	-2.57	3.91	-5.57	-3.92	3.02
NC	IR9xSALTILLO2	0.17	0.08	-0.17	-0.14	0.39
	SALTILLO2xNOVA	0.33	0.08	-0.14	0.00	0.39
	VITAxSALTILLO2	0.50	0.08	0.26	-0.14	0.30
	IR9xIR13	0.00	0.08	-0.17	-0.12	0.20
DPC	MOLINOxSALTILLO2	-2.17	-1.52	2.28	1.74	-4.67
	IR9xSALTILLO2	-8.67	-1.52	-4.22	1.74	-4.67
	D4xSALTILLO1	-4.33	-1.52	-0.12	1.12	-3.81
	D6xSALTILLO1	-2.17	-1.52	2.05	1.12	-3.81
DEC	MOLINOxSALTILLO2	8.67	1.15	4.16	-1.79	5.14
	IR9xSALTILLO2	2.17	1.15	-2.34	-1.79	5.14
	SALTILLO2xNOVA	4.33	1.15	-1.79	0.35	4.62
	VITAxSALTILLO2	4.33	1.15	1.31	-1.79	3.67
DUC	D4xNOVA	0.00	-0.37	-0.05	-1.01	1.43
	SALTILLO2xNOVA	0.00	-0.37	-0.05	-1.01	1.43
	D6xNOVA	0.00	-0.37	0.42	-1.01	0.95
	IR13xNOVA	0.00	-0.37	0.42	-1.01	0.95

Identificación de razas de Fol, mediante cultivares diferenciales

Los resultados sobre la reacción de los genotipos diferenciales para Fol se obtuvieron a los 48 días después de la inoculación. Las plántulas diferenciales susceptibles presentaron los síntomas típicos de la enfermedad como amarillamiento, defoliación, marchites a diferentes grados y muerte de las mismas; mientras las resistentes no mostraron sintomatología alguna a las cepas de Fol utilizadas. De las 8 muestras tomadas en diferentes localidades del municipio de Campeche y Hopelchen, se obtuvo un total de 3 cepas de Fol, corroborándose su patogenicidad con los síntomas que presentaron después de las inoculaciones con cada una de las cepas.

En base a la respuesta de los materiales diferenciales a las inoculaciones de las cepas de Fol, se detectó la presencia de la raza 3. Reis *et al.* (2005) concluyeron ensayos de virulencia en con un conjunto cultivares diferenciales, indicaron que todos los siete aislados podrían ser clasificados como Fol raza 3, debido a que es susceptible en las evaluaciones que realizaron; Cuadro 15.

Cuadro 15. Identificación de razas en 3 cepas de Fol en lotes del municipio de Hopelchen y Campeche inoculados en genotipos diferenciales.

Cepa	Lotes	Diferenciales				Raza
		Bonny Best	Manapal	Walter	I3R3	
1	“Tch-Ek” Hopelchén	S	S	S	R	3
2	“Crucero San Luis” Hopelchén	S	S	S	R	3
3	“Uayamón” Campeche	S	S	S	R	3

S: susceptibilidad; R: resistente.

No se cuenta con información relacionado a la presencia de raza 3 de Fol para la península de Yucatán, debido a que la presencia de otros patógenos han sido la principal

causa de mermas de la cosecha en tomate. Sin embargo en otras regiones Apodaca *et al.* (2001) detectaron la presencia de Fol1 en 34 (85%) de 40 plantaciones de tomate muestreadas (1 883 ha). El 77 - 100% de los aislamientos evaluados de cada plantación fueron patogénicos en tomate, esto fue en Sinaloa México.

Reacción de progenitores a la inoculación con Fol

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción a la inoculación de Fol en 9 genotipos de tomate (Cuadro 16), se analizaron bajo el diseño de bloques al azar, donde en las fuente de variación genotipo presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), para la reacción a la inoculación del hongo, estas diferencias pueden atribuirse a la variabilidad presente en cada uno de los genotipos estudiados, siendo algunos con habito determinado e indeterminado, este último genera más follaje y es probable que genere mecanismos de defensa contra Fol, marchitamiento involuntario o desprendimiento de hojas o vasos vasculares.

Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción del avance de la enfermedad de los nueve progenitores a la inoculación de Fol.

F.V	G.L	C.M
REPETICIÓN	3	150.00
GENOTIPO	8	366.321*
ERROR	24	130.21
C.V	27.76	
MEDIA	41.11	

** Altamente significativo a 0.01; FV= Fuente de Variación; GL= Grados de Libertad; C.M= Cuadrado Medio; C.V= Coeficiente de Variación.

En la prueba de medias por el método de Tukey (Cuadro A.3), se obtuvo con los datos de la quinta evaluación para la incidencia de la enfermedad donde se observa al progenitor VITA con una media de 31.25 de virulencia la cual fue la de menor incidencia al patógeno durante los 48 días de evaluación en contraste al genotipo D6 que

presento la mayor incidencia con un valor de 58.75% respectivamente. El progenitor VITA cuenta con un hábito indeterminado a comparación del genotipo D6 que desarrollo poco follaje y ramas; la cual pudo ser un factor determinante debido al deterioro del proceso Fotosintético a la presencia de enfrentar a Fusarium.

El área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) considerado como un parámetro epidemiológico muy utilizado en el estudio de la resistencia de las plantas a las enfermedades, (Haynes y Weingartner, 2004). Este parámetro indica la dinámica de una epifitía mediante un solo valor. Las diferencias observables en el avance de la enfermedad, indican que la enfermedad progreso rápidamente (Cuadro 17) Los progenitores mostraron susceptibilidad a menor grado ante la enfermedad, esto se interpreta que en estas poblaciones no hay genes de dominancia para resistencia. Escalante y Farrera (2004) señalan que los menores valores de ABCPE corresponden a los materiales con menor incidencia de enfermedad, es decir con mayor nivel de resistencia. El Cuadro 17 al analizar el ABCPE, se encontró al genotipo D6 con el valor máximo de 1580% del avance del patógeno en porcentaje por día, este mismo genotipo presento una incidencia de 0.29% en el avance total en los cinco conteos realizados; proseguido del progenitor MOLINO; los genotipos de menor incidencia fueron VITA con 780 y SALTILLO 2 con 800 porcentaje por día respectivamente, confirmando con esto diferentes niveles de resistencia horizontal presente en todos los progenitores evaluados. Vanderplank (1984), señala a la resistencia horizontal como una forma de reducción de la tasa del incremento de la enfermedad de cada uno de los sitios de infección en la planta y por lo tanto retrasa la propagación de la enfermedad y el desarrollo de las epifitias en el campo, destacando que este tipo de resistencia no evita que las plantas sean infectadas. Ambos genotipos pueden ser elegidos para seguir un proceso de mejoramiento en donde se aprovechen los genes de resistencia a este patógeno.

Cuadro 17. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) e incidencia de la enfermedad de los nueve progenitores a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol).

Variedades	ABCDE TOTAL %/ 48 DÍAS	INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD %/ 48 DÍAS
1. D4	1020	0.41
2. IR9	1160	0.23
3. D6	1580	0.29
4. IR13	980	0.22
5. MOLINO	1320	0.44
6. VITA	780	0.14
7. SALTILLO1	980	0.28
8. SALTILLO2	800	0.27
9. NOVA	860	0.19

En la Figura 1. Se presenta la comparación del ABCPE de nueve progenitores, los genotipos VITA y D6 con una mayor incidencia al inicio de enfermedad con respecto al resto de genotipos, esto pudo ser debido a que se caracterizaron por tener raíces cortas. La enfermedad continuó avanzando siendo el genotipo D6 al final de la evaluación el que mostró mayor incidencia, seguida del progenitor MOLINO e IR9 respectivamente. Los progenitores VITA y SALTILLO 2, registraron menor grado de susceptibilidad a comparación a los siete genotipos restantes, sin embargo se puede observar que todos los progenitores son susceptibles a esta enfermedad.

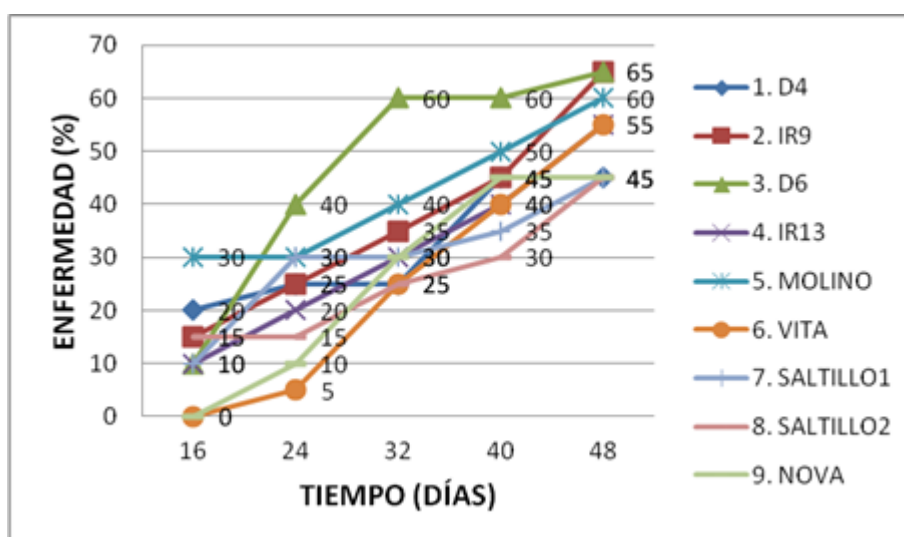


Figura 1. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de nueve genotipos progenitores frente a Fol.

Reacción de híbridos F₁ a la inoculación con Fol

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción a la inoculación de Fol en 36 híbridos F₁ (Cuadro. 18), se analizaron bajo el diseño de bloques al azar, donde en las fuente de variación genotipo presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), para la fuente de variación Genotipos, estas diferencias pueden atribuirse a la variabilidad presente en cada uno de los genotipos estudiados, siendo algunos de hábito determinado e indeterminado, este último generan más follaje y es probable que genere mecanismos de defensa contra Fol.

Cuadro 18. Cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción del avance de la enfermedad en 36 cruzas a la inoculación de Fol.

F.V	G.L	C.M
REPETICIÓN	3	1891.95**
GENOTIPO	35	1144.65**
ERROR	105	128.54
C.V	18.71	
MEDIA	60.61	

** Altamente significativo a 0.01; FV= Fuente de Variación; GL= Grados de Libertad; C.M= Cuadrado Medio; C.V= Coeficiente de Variación.

En la prueba de medias por el método de Tukey (Cuadro A.3), se consideró los datos de la quinta evaluación para la incidencia de la enfermedad donde se observa a D6 x VITA con 28.75 y la cruza VITA x SALTILLO 2 con 31.25 en un lapso de 48 días de evaluación. Estos datos difieren a los reportados por Fernández *et al.* (2013) quienes evaluaron diferentes métodos de inoculación considerando la sintomatología e incidencia de la marchitez inducida por *F. oxysporum*; en los resultados presentaron una incidencia de 100% a los 15 y 30 días posterior a la inoculación, para la variedad de tomate Río Grande e híbrido Yaqui respectivamente; mostrando clorosis, marchitez generalizada, necrosis de tejido vascular y finalmente la muerte de las plantas.

Con respecto al Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad en relación a los híbridos (Cuadro 19), indican que la enfermedad progreso más lento en algunas cruzas que en otras. Encontrando que la craza con menor nivel de incidencia fue D4 x VITA con valor de 740 porcentaje por día y con una incidencia media de 30% por cada conteo, seguido del híbrido VITA x SALTILLO2 con valor de 760, deduciendo que los genotipos presentaron resistentes a la infección debido a los genes menores presentes en sus progenitores siendo VITA el de menor grado de infección ante Fusarium.

Cuadro 19. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de diez cruzas seleccionadas y sobresalientes ante Fol.

CRUZAS	ABCDE TOTAL %/ 48 DÍAS	INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD %/ 48 DÍAS
D4xVITA	740	0.30
VITAxSALTILLO2	760	0.38
VITAxSALTILLO1	860	0.19
IR13xVITA	860	0.25
D6xVITA	940	0.27
MOLINOxVITA	1000	0.33
IR9xVITA	1020	0.29
VITAxNOVA	1100	0.31
IR13xMOLINO	1160	0.39
IR13xSALTILLO2	1230	0.23

En la Figura 2, se presenta el ABCDPE de 10 cruzas F₁, en base a sus valores que presentaron se consideró cinco cruzas sobresalientes en resistencia y cinco híbridos susceptibles al hongo; se muestra las cruzas D4 x SALTILLO 1 y D6 x SALTILLO 1, expresaron mayor avance de infección; los híbridos que contrarrestaron el avance del patógeno fueron IR13 x VITA e IR13 x MOLINO, probablemente a los genes de resistencia heredados de sus progenitores. Apodaca *et al.* (2001) encontraron un crecimiento rápido de 2 días de Forl a la concentración de 1.75×10^4 microconidios, inoculando semillas de tomate expuestas sobre papel filtro. También en otras

evaluaciones descubrieron un mejor desarrollo de infección y virulencia a 25 °C de Fol en tomate.

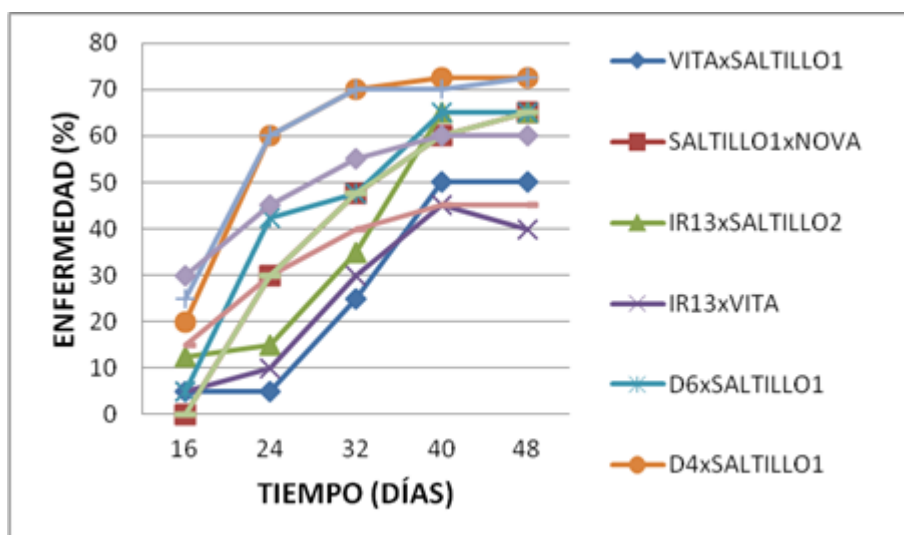


Figura 2. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de 10 cruzas frente a Fol

Estos estudios estiman y determinan el comportamiento de la enfermedad y podrían ser la adecuadas para descubrir nuevas razas con en estudios particulares de evaluación de severidad de aislamientos de *Fusarium* en una región de Brasil, encontraron a la raza 3 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* nunca antes documentada; los lotes de semillas comerciales importadas a Brasil podrían ser la fuente de contaminación, la forma más acertada de controlar la infección de Forl es teniendo variedades adaptadas a dicha región (Reis y Boiteux, 2005).

V. CONCLUSIONES

En esta investigación las variables de rendimiento se inclinaron por efectos de ACE, que fueron superiores a los efectos de ACG; con esto se sugiere considerar el mejoramiento por hibridación para los progenitores.

La variedad SALTILLO 2 mostró la mayor ACE y las más altas combinaciones híbridas, lo que se sugiere para ser utilizada en un programa de mejoramiento donde se aprovechen los efectos aditivos y de dominancia como en un método de mejoramiento por hibridación, siempre y cuando se utilicen materiales no contrastantes en sus características. La variedad D4 mostro el mayor efecto de ACG y el mayor rendimiento en la comparación de medias, cabe la posibilidad de ser utilizada en un programa de mejoramiento genético, diseñado para explotar la acción génica aditiva en forma exitosa, como por ejemplo el método de Pedigree.

Las cruzas que dieron mayor rendimiento fueron IR13 x SALTILLO 1, VITA x NOVA e IR9 x SALTILLO2 con 83.88, 73.46 y 73.38 t ha⁻¹ respectivamente, estas cruzas presentaron diferencias ($P < 0.01$) en ACE en la variable rendimiento. Entre los progenitores, la línea D4 y SALTILLO 1 obtuvieron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) para los efectos de ACG.

La respuesta a la inoculación de las 9 variedades y 36 cruzas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* indicó diferencia altamente significativas, probablemente por causa de la gran diversidad genética de los materiales, la mayoría de los progenitores, mostraron susceptibilidad a un grado no perjudicial, esto indica una resistencia parcial (Dominancia horizontal). Se presentó al inicio una virulencia, la cual se mantuvo estable, bajo el control de muchos genes. De los 9 variedades el genotipo VITA mostró un ABCPE de 780 porcentaje por día mucho menor a los demás, con respecto a los 36 cruzas los híbridos D4 x VITA y VITA x SALTILLO 2 mostraron 740 y 760 porcentaje por día, infiriendo un nivel de resistencia parcial, lo cual puede aprovecharse para un programa de mejoramiento con el propósito de desarrollar genotipos con resistencia horizontal.

VI. LITERATURA CITADA

- Agarwal S., y A. Rao. 1998.** Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study. *Lipids* 33:981-84.
- Alexander, L. J. 1963.** Transfer of a dominant type of resistance to the four known Ohio pathogenic strains of TMV from *Lycopersicon peruvianum* to *L. esculentum*. *Phytopathology* 53, 869.
- Amaral, A.T., V.W. Días, C.A. Scapim, D.J. Henriques, y C. Damiao. 1996.** Análise dialéctica da capacidade de combinação de cultivares de tomateiro. *Bragantia*, Campinas, 55(1):67-73.
- Anzola, D., y G. Román. 1982.** Evaluación de la tolerancia de cultivares de tomate a diversas razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Agronomía Tropical* 32 (1-6):261-272.
- Apodaca S., M. A., E. Zavaleta M. y S. Osada K. 2001.** Comparación de Técnicas Para Evaluar *in vitro* la Patogenicidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* y Efecto de la Temperatura. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(2): 196-202.
- Blancard, D., H. Laterrot, G. Marchoux, y T. Candresse. 2011.** Enfermedades del tomate. Identificar, conocer, controlar. Ediciones Mundi-Presa. España. 680 p.
- Borrego, F., A. López, J.M. Fernández, M. Murillo, S.A. Rodríguez, A. Reyes, J.M Martínez. 2001.** Evaluación agronómica de tomate (*Lycopersicon esculentum* M) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana* 12(1): 49-56.
- Brauer, H.O. 1983.** Fitogenética aplicada. 4ta. Reimpresión. Edit. Limusa, S.A. México. 371 P.
- Cai, I.R., R.W. Scheider, H.C. Kistler, R.M. Davis, K.S. Elias, and E.M. Miyao. 2003.** Origin of race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* at a single site in California. *Phytopathology* 93:1014-1022.

- Cámara, H. 2007.** Innovation in processing tomato: the lab and the field. *Acta Horticulturae* 2 758:97-102.
- Carrillo, J.A., T.J. Montoya, R.S. García, J.E. Cruz, y A.J. Sañudo. 2003.** Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen, en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 123-127.
- Coria, J. 2010.** Producción, productividad, rentabilidad y empleo en el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum* L.) irrigado por bombeo en el sector ejidal en la Laguna de 1990 A 2007. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco de Mora, México. P 9.
- Cress, C.E. 1966.** Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. *Genetics*. 53:269-274.
- Cruz, C.D., A.J. Regazzi. 1994.** Modelos biométricos aplicados al mejoramiento genético. Vicsosa, Imprenta universitaria. 394 p.
- De la Cruz, L., S. Rodríguez., M. Estrada., J. Mendoza., N. Brito. 2005.** Análisis dialéctico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Rev. Universidad y Ciencia*. 21(41): 19-26.
- Dorantes, J.R.A., F.P. Gámez, M.A. Ávila, A.J. Gámez, M. Ramírez. 2008.** Heterosis para características de fruto en chile jalapeño. 3era. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Yucatán, México.
- Escalante, O.M., P.R. Farrera. 2004.** Epidemiología del Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont de Bray) de la papa en zonas productoras del Estado Táchira, Venezuela. *Bioagro* 16:47-54.
- Esquinas, A.J., y F.V. Nuez. 2001.** Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. In: *El Cultivo del Tomate*. F. Nuez. Mundi Prensa. España 13-42 pp.
- Falconer, D. S. 1989.** Introduction to quantitative genetics. 3rd ed. Longman, Inc., New York.

- Falconer, D.S. 1981.** Introducción a la genética cuantitativa. 12ª. Impresión. Editorial CECSA. 430p.
- Falconer, D.S., y T.F.C. Mackay. 1996.** Introduction to quantitative genetics. 4th edition. Longman.
- FAOSTAT.2012.** Estadísticas en tomate. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Dirección de Estadística. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S> . Consultado el 4/12/14.
- Fernandes, C., J.E. Corá y L.T. Braz. 2007.** Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. Horticultura Brasileira. 25(2): 275-278.
- Fernández, H.E., J. C. Guerrero, E.O. Rueda, y M. Acosta. 2013.** Patógenos y síntomas asociados a la marchitez del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Texcoco México. Biotecnia 15(3): 46-50.
- Flor, H.H. 1956.** The complementary genic system in flax and flax rust. *Adv In Gen* 8, 29-54.
- García, A.A., F.A. Vallejo. 1990.** Habilidad combinatoria para el carácter producción por planta y sus componentes primarios en un cruzamiento dialélico de siete líneas de tomate "Chonto" *Lycopersicon esculentum* Mill. Acta agronómica. 40(1-2):32-41.
- 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 S.A. Eberhart. 1966.** Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22: 439-452.
- Gonzáles, P. 2003.** Enfermedades del tomate. Marchitamiento vascular del tomate (en línea). Facultad de agronomía / Unidad de Fitopatología. Montevideo. Uruguay. Consultado 10 agosto 2003. Disponible en http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/fusarium_tom.html
- González, G.R., y A.J. Galindo. 1974.** Marchitez del jitomate causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, en el Valle de Culiacán, Sinaloa. Agrobiencia 18:97-107.

- González, M.T. 2004.** Caracterización de genes de poligalacturonasas de “*Fusarium Oxysporum*” f. sp. “*radicis lycopersici*” y su análisis en sistemas heterólogos. Memoria para obtener el grado de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. P 17-18.
- Griffing, B. 1956.** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.
- Grijalva, R.L., R. Macías, S.A. Grijalva, F. Núñez, y F. Robles. 2013.** Productividad de cultivares de tomate cherry bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. 16(2):26-30.
- Guerrero, G.C., A. Espinoza, A. Palomo, E. Gutiérrez, J.G. Luna, N. Rodríguez. 2012.** Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza simples con líneas élite de maíz. Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo. 28(1):65-77.
- Gutiérrez, R.E., A. Espinosa, A. Palomo, J. Lozano, y O. Antuna. 2004.** Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca lagunera. Rev. Fitotec. Mex. 27 (Núm. Esp. 1):7-11.
- Gutiérrez, R.E., A. Palomo, A. Espinoza, y E. Cruz. 2002.** Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. 25(3):271-277.
- Hallauer, A.R., y J.B. Miranda. 1988.** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Second Ed. Iowa State University Press. Pag.180, 456, 457.
- 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.
- Haynes, K.G., and D.P. Weingartner. 2004.** The use of area under the disease progress curve to assess resistance to late blight in potato germplasm. Amer J Potato Res 81:137-141.
- Hayes, W.A., P.G. Smith, and E. J. Morris. 1998.** The production and quality of tomato concentrates. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 38: 537-564.

Hayman, B. I 1958.The separation of epistasis from additive and dominance variation in generation means. *Heredity* 12: 371 – 390.

Hayman, B.I., y K. Mather. 1955. The description of genic interaction in continuous variation. *Biometrics* 11: 69 – 82.

Hernández, R. 2013. Selección de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con base en parámetros genéticos para rendimiento y resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) (Sacc.) Snyder y Hansen. Tesis Maestría, UAAAN. Saltillo, Coah., México.

ICAMEX. 2011. Cultivo de jitomate. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México) http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/jitomate/index.htm. Consultado el 04/12/14.

INEGI. 2010. Marco Geoestadístico de los Estados Unidos Mexicanos.

IT IS. 2014. (Integrated Taxonomic Information System). Disponible en:http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&searchvalue=521671. (Consultado el 01/12/2014).

Jiménez, P.C. 2004. Formulación y momento de aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc) Zinder & Hansen, causante de la marchitez en tomate en el estado Aragua. Tesis Maestría. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela 92 p.

Lagos, L.K., F. Alirio, T.C. Lagos. 2013. Correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales, y análisis de sendero en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (av. Sendt.) Acta Agronómica. 62(3):215-222.

Lugasi, A. J. Hovari, L. Bíró, S. Brandt, L. Helyes. 2004. Factors influencing lycopene content of foods, and lycopene intake of Hungarian population. *Magyar Onkologia* 48:131-36.

- Marlatt, M., J. Correll and P. Kaufman. 1996.** Two genetically distinct populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in the United States. *Plant. Dis.* 80:1336-1342.
- Márquez, S.F. 1988.** Geotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo II. AGT EDITOR, S.A. México. 563 p.
- Martin del Campo, V.S., y J. D. Molina. 1985.** Aptitud combinatoria, heterosis y estabilidad en tres grupos de poblaciones de maíz en el norte-centro de México. *Agrociencia.* 47-50: 103-116.
- Martínez, B.A., R. Sanint, F.A. Vallejo. 1989.** Análisis de la heterosis y de la habilidad combinatoria entre diferentes cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., a partir de un cruzamiento dialélico. *Acta Agron.* Vol. 39(1-2):24-33.
- Martínez, J., A. Peña, J.E. Rodríguez, J. Sahagún, M.G. Peña. 2013.** Heterosis intervarietal en jitomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 19(4): 5-21.
- Mendoza, J.V., J. Shagùn, J. Rodríguez, J. Legaria, A. Peña y M. Pérez. 2010.** Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladette. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(1): 57-66.
- Molina, G.J.M. 1992.** Introducción a la genética de poblaciones y cuantitativa. Editorial Agt Editor, S.A., pp. 151.
- Murray, L.W., I.M. Ray, H. Dong, and A. Segovia. 2003.** Clarification and reevaluation of population-based diallel analyses: Gardner and Eberhart analyses II and III revisited. *CropSci.* 43:1930-1937.
- Nieto, F. 2007.** Estimación de ACG y heterosis en cinco variedades de chile serrano (*Capsicum annum* L.). Tesis Doctorado. UAAAN. Saltillo, Coah., México. 73 p.
- Ochoa, M.J. y M. Carravedo. 1999.** Catálogo de semillas de tomates autóctonos, banco de germoplasma de plantas hortícola de Zaragoza. Zaragoza. Ed. Diputación General de Aragón: pp. 71.

- Palomo, I., M. Gutiérrez, L. Astudillo, C. Rivera, C. Torres, L. Guzmán, R. Moore-Carrasco, G. Carrasco, M. Alarcón. 2009.** Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. *Rev Chil Nutr* 36:152-8.
- Peña, L. A., J.D. Molina, J. Ortiz, S. Cervantes, F. Márquez y J. Sahagún. 1999.** Heterosis intravarietal en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Rev. Fitotec Mex.* 22: 199-212.
- Pinto, E. A. 2012** Marchitez Vascular en Tomate. Retrieved Marzo, 2014, from http://edgarpinto2100108fitopatologiaii.blogspot.com/2012/10/marchitez-vascular-en-tomate_30.html. Consultado el 30 de Octubre de 2012.
- Reis, A.H, L.S Boiteux, and C.A. Lopez. 2005.** First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 30: 426-428.
- Riso, P., F. Visioli, D. Erba, G. Testolin, M. Porrini. 2004.** Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma and lymphocytes after tomato intake. Effects on cellular antioxidant protection. *European J Clin Nutr* 58:1350-58.
- Rodríguez, A., A. Ballesteros, A. Ciruelos, J.M. Barreiros and A. la Torre. 2001.** Sensory evaluation of fresh tomato from conventional, integrated, and organic production. *Acta Horticulturae* 542:277-282.
- Rodríguez, E., A. Carballo, G.A. Baca, A.G. Martínez, and M.R. Rosas. 2004.** Genetic parameters of mean fruit weight and their components of tomato. *Act. Hort.* 637:145-148.
- Romero, C.S. 1993.** Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. 347 p.
- Saavedra, D., G. Escaff, P. Cortacáns, C. Ruiz-Tagle. 2006.** Recent Development in Processing Tomato Production in Chile. *Acta Horticulturae* 724:335-8.
- Saavedra, D., y M. González. 2006.** Seminario internacional: Producción de tomate para procesamiento. Serie Actas Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago (Chile).
- Salles, C., S. Nicklau. and C. Septier. 2003.** Determination and gustatory properties of taste-active compound in tomato juice. *Food Chemistry* 81: 395-402.

- Santiago, J., M. Mendoza, F. Borrego. 1998.** Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agro. Meso.* 91(1): 59-65.
- Santiaguillo, J.F., T. Cervantes, y A. Peña. 2004.** Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cascara. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27(1):85-91.
- Scott, J.W., and W.L. George. 1980.** Breeding and Combining ability of Heterostylous Genotypes for Hybrid seed producción in *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica* 29:135-144.
- Shaner, G., and R. Finney. 1977.** The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Shull, G.H. 1948.** What is "heterosis". *Genetics* 33: 439-446.
- SIAP-SAGARPA. 2013.** Estadísticas de producción agrícola en México. Tomate. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado el 12/04/15.
- Singh, N.B., A. Paul, S.H. Wani and J.M. Laishram. 2012.** Heterosis for yield and its components in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under valley conditions of Manipur. *LS - An International Journal of Life Sciences.* 1(3): 224-232.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1942.** General vs Specific Combining Ability in Single Crosses of Corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Stern, C. 1948.** Negative heterosis and decreased effectiveness of alleles in heterozygotes. *Genetics* 33:215.
- Swenney, D.W., D.A. Graetz, A.B. Bochter, S.J. Locascio, K.L. Campbell. 1987.** Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. *Hort Science* 28(1):27-29.

- Thakur, B.R., R.K. Singh, and P.E. Nelson. 1996.** Quality attributes of processed tomato products: a review. *Food Review International* 12:375-401.
- Valenzuela, U.J.G., D.A. Lawn, R.F. Heisey and G.V. Zamudio. 1996.** First report of *Fusarium* wilt race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* of tomato in México. *Plant Disease* 80:105.
- Vallejo, C.F.A., C.O. Espitia, T.C. Checa, B. Lagos, F. Salazar y E. Restrepo. 2005.** Análisis estadístico para los diseños genéticos en Fitomejoramiento. Impresora Feriva S.A. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. pp. 187, 188 y 192.
- Vanderplank, J.E. 1984.** Disease Resistance in Plants. Second Edition. Academic Press, Inc. Orlando, San Diego, San Francisco, N. Y., London. p. 194.
- Yilmaz, E. 2001.** The Chemistry of fresh tomato flavor. *Tuk. J. Agric. For.*, 25, 149-155.
- Zhang, Y., and M.S. Kang. 2003.** DIALLEL-SAS: A program for Griffing's diallel methods: Handbook of formulas and software for plant geneticists and breeders. In: Kang, M. S. (ed). FPP. New York. London. Oxford. 347p.

VII. APÉNDICE

Cuadro A. 1 Comparación de medias de nueve variedades de tomate y sus 36 cruzas para características de rendimiento analizadas con la prueba de Tuckey.

Variedades	RDT t ha ⁻¹		PPF g		PTFPP kg		NFPP numero		DP mm		DE mm	
1. D4	58.50	AB	124.45	ABCD	1.75	AB	28	E	18.67	E	47.80	A-G
2. IR9	41.12	AB	104.41	ABCD	1.23	AB	26	E	28.33	A-E	55.33	A-F
3. D6	34.28	AB	79.93	ABCD	1.03	AB	26	E	52.67	AB	27.60	G
4. IR13	39.05	AB	101.21	ABCD	1.17	AB	25	E	29.00	A-E	56.40	A-E
5. MOLINO	47.65	AB	82.84	ABCD	1.43	AB	35	CDE	23.33	C-E	41.07	A-G
6. VITA	40.59	AB	47.60	ABCD	1.22	AB	52	ABCDE	51.33	A-C	31.13	FG
7. SALTILLOI	54.91	AB	144.16	AB	1.65	AB	25	E	16.33	E	38.47	C-G
8. SALTILLOII	50.55	AB	108.19	ABCD	1.52	AB	29	E	10.33	E	42.80	A-G
9. NOVA	51.16	AB	73.98	ABCD	1.53	AB	41	BCDE	24.67	B-E	57.67	A-E
Cruzas												
D4xIR9	59.57	AB	83.96	ABCD	1.79	AB	43	ABCDE	17.33	E	40.73	B-G
D4xD6	41.43	AB	84.20	ABCD	1.24	AB	30	E	17.00	E	35.87	D-G
D4xIR13	47.90	AB	72.58	ABCD	1.44	AB	39	BCDE	20.00	E	57.87	A-E
D4xMOLINO	53.93	AB	103.53	ABCD	1.62	AB	32	DE	16.67	E	52.53	A-F
D4xVITA	32.46	AB	25.93	CD	0.98	AB	76	ABCD	26.33	B-E	63.07	AB
D4xSALTILLO1	46.14	AB	109.50	ABCD	1.39	AB	26	E	24.00	B-E	49.73	A-G
D4xSALTILLO2	62.15	AB	109.34	ABCD	1.86	AB	37	BCDE	23.33	C-E	40.47	B-G
D4xNOVA	43.13	AB	76.82	ABCD	1.29	AB	34	CDE	21.67	DE	53.73	A-F
IR9xD6	31.75	AB	24.81	D	0.95	AB	80	AB	25.33	B-E	40.60	B-G
IR9xIR13	35.86	AB	59.73	ABCD	1.08	AB	36	E	22.67	C-E	58.93	A-D
IR9xMOLINO	54.15	AB	84.42	ABCD	1.63	AB	38	BCDE	34.00	A-E	35.33	D-G
IR9xVITA	43.17	AB	54.88	ABCD	1.30	AB	55	ABCDE	50.00	A-D	34.60	E-G

IR9xSALTILLO1	55.50	AB	91.96	ABCD	1.67	AB	37	BCDE	36.33	A-E	38.20	C-G
IR9xSALTILLO2	73.38	AB	113.27	ABCD	2.20	AB	40	BCDE	37.00	A-E	43.80	A-G
IR9xNOVA	27.85	AB	62.19	ABCD	0.84	AB	27	E	34.33	A-E	34.60	E-G
D6xIR13	39.43	AB	65.85	ABCD	1.18	AB	44	ABCDE	15.67	E	50.67	A-G
D6xMOLINO	49.61	AB	91.15	ABCD	1.49	AB	34	CDE	17.33	E	51.00	A-G
D6xVITA	44.42	AB	44.53	BCD	1.33	AB	56	ABCDE	24.33	B-E	41.73	A-G
D6xSALTILLO1	70.68	AB	116.37	ABCD	2.12	AB	36	BCDE	23.67	B-E	58.80	A-E
D6xSALTILLO2	56.81	AB	142.11	AB	1.70	AB	26	E	26.00	B-E	47.87	A-G
D6xNOVA	41.33	AB	68.67	ABCD	1.24	AB	36	CDE	26.00	B-E	42.00	A-G
IR13xMOLINO	57.47	AB	113.35	ABCD	1.72	AB	35	CDE	18.67	E	49.20	A-G
IR13xVITA	41.50	AB	45.93	BCD	1.24	AB	52	ABCDE	24.33	B-E	63.47	AB
IR13xSALTILLO1	83.88	A	129.46	ABC	2.52	A	39	BCDE	26.67	B-E	51.73	A-G
IR13xSALTILLO2	53.31	AB	79.08	ABCD	1.60	AB	39	BCDE	17.33	E	58.93	A-D
IR13xNOVA	37.11	AB	70.26	ABCD	1.11	AB	35	CDE	26.00	B-E	48.40	
MOLINOxVITA	35.69	AB	28.12	CD	1.07	AB	77	ABC	57.33	A	35.20	D-G
MOLINOxSALTILLO1	58.43	AB	86.07	ABCD	1.75	AB	39	BCDE	10.00	E	50.73	A-G
MOLINOxSALTILLO2	45.99	AB	31.27	CD	1.38	AB	86	A	27.33	B-E	44.07	A-G
MOLINOxNOVA	50.48	AB	60.74	ABCD	1.51	AB	47	ABCDE	23.00	C-E	61.67	A-C
VITAxSALTILLO1	41.33	AB	115.80	ABCD	1.24	AB	25	E	18.00	E	46.40	A-G
VITAxSALTILLO2	28.16	AB	151.07	A	0.85	AB	15	E	23.33	C-E	56.80	A-E
VITAxNOVA	73.46	AB	79.40	ABCD	2.20	AB	55	ABCDE	23.00	C-E	41.27	A-G
SALTILLO1xSALTILLO2	14.13	B	54.33	ABCD	0.42	B	16	E	31.33	A-E	36.80	D-G
SALTILLO1xNOVA	71.37	AB	102.38	ABCD	2.14	AB	42	BCDE	36.67	A-E	45.13	A-G
SALTILLO2xNOVA	46.67	AB	71.10	ABCD	1.40	AB	37	BCDE	27.67	B-E	65.20	A

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (0.05).

Cuadro A. 2 Comparación de medias de nueve variedades de tomate y sus 36 cruzas para características fenológicas analizadas con la prueba de Tuckey.

Variedades	NC números		DPC días		DEC días		DUC días	
1. D4	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
2. IR9	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
3. D6	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
4. IR13	5.00	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
5. MOLINO	4.00	A	90.00	A	21.00	A	111.00	A
6. VITA	4.33	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
7. SALTILLOI	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
8. SALTILLOII	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
9. NOVA	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
Cruzas								
D4xIR9	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D4xD6	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
D4xIR13	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D4xMOLINO	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D4xVITA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
D4xSALTILLO1	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
D4xSALTILLO2	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D4xNOVA	4.67	A	83.00	A	28.00	A	111.00	A
IR9xD6	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
IR9xIR13	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
IR9xMOLINO	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
IR9xVITA	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
IR9xSALTILLO1	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
IR9xSALTILLO2	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
IR9xNOVA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
D6xIR13	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
D6xMOLINO	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D6xVITA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
D6xSALTILLO1	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D6xSALTILLO2	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
D6xNOVA	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
IR13xMOLINO	4.33	A	81.33	A	26.33	A	107.67	A
IR13xVITA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
IR13xSALTILLO1	4.33	A	85.67	A	25.33	A	111.00	A
IR13xSALTILLO2	4.33	A	85.67	A	25.33	A	111.00	A
IR13xNOVA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
MOLINOxVITA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
MOLINOxSALTILLO1	5.00	A	90.00	A	21.00	A	111.00	A
MOLINOxSALTILLO2	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
MOLINOxNOVA	4.67	A	77.00	A	30.67	A	107.67	A
VITAxSALTILLO1	4.67	A	81.33	A	29.67	A	111.00	A
VITAxSALTILLO2	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
VITAxNOVA	4.33	A	81.33	A	26.33	A	107.67	A
SALTILLO1xSALTILLO2	4.67	A	77.00	A	30.67	A	107.67	A
SALTILLO1xNOVA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A
SALTILLO2xNOVA	5.00	A	77.00	A	34.00	A	111.00	A

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (0.05).

Cuadro A. 3 Comparación de medias (pruebas de Tukey) de 9 variedades de tomate y sus 36 híbridos a la inoculación de Fol, a través de 48 días de evaluación en la localidad de Saltillo, Coahuila en el ciclo P-V-2014.

Genotipos		ABCDE 48 días
1. D4	40.00	FGHIJK
2. IR9	46.25	CDEFGHIJK
3. D6	58.75	ABCDEFGHIJK
4. IR13	38.75	GHIJK
5. MOLINO	52.50	BCDEFGHIJK
6. VITA	31.25	JK
7. SALTILLOI	37.50	HIJK
8. SALTILLOII	32.50	JK
9. NOVA	32.50	JK
Cruzas		
D4xIR9	71.25	ABCDEFHGH
D4xD6	63.75	ABCDEFHGHJ
D4xIR13	73.88	ABCDEF
D4xMOLINO	78.25	ABC
D4xVITA	28.75	K
D4xSALTILLO1	75.00	ABCDE
D4xSALTILLO2	76.25	ABC
D4xNOVA	72.63	ABCDEFHGH
IR9xD6	53.13	ABCDEFHGHJK
IR9xIR13	60.63	ABCDEFHGHJK
IR9xMOLINO	68.75	ABCDEFHGH
IR9xVITA	37.50	HIJK
IR9xSALTILLO1	62.00	ABCDEFHGHJK
IR9xSALTILLO2	57.63	ABCDEFHGHJK
IR9xNOVA	84.50	AB
D6xIR13	65.13	ABCDEFHGH
D6xMOLINO	73.13	ABCDEF
D6xVITA	35.00	IJK
D6xSALTILLO1	56.88	ABCDEFHGHJK
D6xSALTILLO2	79.38	ABC
D6xNOVA	78.13	ABC
IR13xMOLINO	43.75	DEFHGHJK
IR13xVITA	33.75	JK
IR13xSALTILLO1	87.00	A
IR13xSALTILLO2	49.38	CDEFHGHJK
IR13xNOVA	73.88	ABCDEF
MOLINOxVITA	38.75	GHIJK
MOLINOxSALTILLO1	73.75	ABCDEF
MOLINOxSALTILLO2	71.25	ABCDEFHGH
MOLINOxNOVA	75.75	ABC
VITAxSALTILLO1	33.75	JK
VITAxSALTILLO2	31.25	JK
VITAxNOVA	41.25	FGHIJK
SALTILLO1xSALTILLO2	63.13	ABCDEFHGHJ
SALTILLO1xNOVA	51.38	CDEFHGHJK
SALTILLO2xNOVA	62.50	ABCDEFHGHJK

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (0.05).