



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
PROGRAMA DE POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y
PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

DESARROLLO DE PORTAINJERTOS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) PARA INCREMENTAR PRODUCTIVIDAD

ALFONSO CORTES SÁNCHEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

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

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Alfonso Cortes Sánchez, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Ricardo Lobato Ortiz, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Desarrollo de Portainjertos de Jitomate (Solanum lycopersicum L.) para Incrementar Productividad

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 25 de Julio de 2018



Firma del
Alumno (a)



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Desarrollo de Portainjertos de Jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) para Incrementar Productividad** realizada por el alumno: **Alfonso Cortes Sánchez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



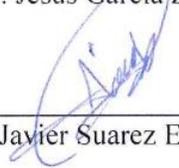
Dr. Ricardo Lobato Ortiz

ASESOR



Dr. J. Jesús García Zavala

ASESOR



Dr. Javier Suárez Espinosa

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2018.

DESARROLLO DE PORTAINJERTOS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) PARA INCREMENTAR PRODUCTIVIDAD

Alfonso Cortes Sánchez, M. C.
Colegio de Postgraduados

RESUMEN

La importancia del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) se incrementa año con año debido a su aportación económica y de producción en México y a nivel mundial. El uso de portainjertos es una opción para incrementar dicha productividad, ya que ofrece diversos beneficios como son patrones vigorosos, que permiten desarrollar plantas con mayor sistema radicular y mejorar la eficiencia para tomar nutrientes y agua; tienen mayor tolerancia y/o resistencia a la salinidad, plagas y enfermedades, entre otras ventajas. En México se cuenta con germoplasma nativo, silvestre y cruza interespecíficas, que se han desarrollado en condiciones ambientales desfavorables en las que se han adaptado, por lo que han generado tolerancia a diversos tipos de estrés biótico y abiótico. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de portainjertos provenientes de germoplasma nativo, silvestre, élite y cruza interespecíficas de *Solanum lycopersicum* L. y *Solanum habrochaites*, para ser utilizados como portainjertos en sistemas de producción. Los principales resultados indicaron que el uso de portainjertos incrementó el rendimiento y se mantuvo la calidad, con la diferencia que los provenientes de híbridos y líneas nativas son más precoces en comparación con las accesiones silvestres (*S. habrochaites*) que son más tardíos. Además, se identificaron genotipos sobresalientes F3, los cuales fueron 17207, 17208, 17210, 17211, 17213 y 17214, que constituyen materiales genéticos valiosos para la producción comercial del jitomate.

Palabras clave: *Solanum habrochaites*, *Solanum lycopersicum*, calidad, cruza interespecíficas, germoplasma nativo, germoplasma silvestre, genotipo F3, portainjertos, rendimiento.

**DEVELOPMENT OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) ROOTSTOCKS TO
INCREASE PRODUCTIVITY**

**Alfonso Cortes Sánchez, M. C.
Colegio de Postgraduados**

ABSTRACT

The importance of the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) increases every year due to its economic and production contribution in Mexico and worldwide. The use of rootstocks is an option to increase this productivity, since it offers diverse benefits such as vigorous patterns, which allows the development of plants with a greater root system and improve the efficiency to take nutrients and water; rootstocks have greater tolerance and / or resistance to salinity, pests and diseases, among other advantages. In México there are native tomato germplasm, wild and interspecific crosses, which have developed under unfavorable environmental conditions in which they have adapted and generated tolerance to various types of biotic and abiotic stress. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of rootstocks from native, wild, elite germplasm and interspecific crosses of *Solanum lycopersicum* L. and *Solanum habrochaites*, to be used as rootstocks in production systems. The main results indicated that the use of rootstocks increased the yield and maintained the quality, with the difference that the ones coming from hybrids and native lines are earlier compared with the wild accessions (*S. habrochaites*) that are later. In addition, outstanding F3 genotypes were identified, which were 17207, 17208, 17210, 17211, 17213 and 17214, which are valuable genetic materials for the commercial production of tomato.

Key words: F3 genotype, interspecific crosses, native germplasm, quality, rootstocks, *S. habrochaites*, *S. lycopersicum*, wild germplasm, yield.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que a través de los impuestos pagados por el pueblo Mexicano financió mis estudios de postgrado.

Un sincero agradecimiento al Dr. Ricardo Lobato Ortiz, por su asesoría y apoyo para que esta investigación se pudiera realizar.

Al Dr. J. Jesús García Zavala, por su valiosa cooperación y orientación en la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Javier Suarez Espinosa, por las observaciones y confianza que depositó en mí para poder efectuar este trabajo.

Al Dr. Serafín Cruz Izquierdo, por su participación y apoyo en la revisión del presente trabajo.

DEDICATORIA

A Dios

Mis Padres

Hermanos

Familia

Amigos

Profesores

Conocidos

Muchas gracias.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE CUADROS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Importancia económica	1
Origen y distribución	3
Taxonomía y Filogenia	4
Portainjertos	4
Mejoramiento genético de los portainjertos	5
Métodos de injerto	7
Mecanización del injerto herbáceo	9
Costos del uso de injertos	10
OBJETIVOS	12
General	12
Específicos	12
HIPÓTESIS	12
Literatura citada	12
CAPÍTULO I. VENTAJAS DEL USO DE DIFERENTES TIPOS DE GERMOPLASMA COMO PORTAINJERTOS DE JITOMATE	18
1.1. RESUMEN	18

1.2. ABSTRACT	19
1.3. INTRODUCCIÓN	20
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
1.6. CONCLUSIONES	32
1.7. BIBLIOGRAFÍA	33
CAPÍTULO II. LÍNEAS ENDOGAMICAS F3 DE UNA CRUZA DE (<i>S. lycopersicum</i> x <i>S. habrochaites</i>) COMO PORTAINJERTOS DE JITOMATE (<i>S. lycopersicum</i> L.)	42
2.1. RESUMEN	42
2.2. ABSTRACT	43
2.3. INTRODUCCIÓN	44
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	47
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
2.6. CONCLUSIONES	59
2.7. BIBLIOGRAFÍA	60
CONCLUSIONES GENERALES	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para 15 variables de 19 genotipos de jitomate y de su partición en grupos de genotipos.	26
Cuadro 1.2. Comparación de medias de 15 variables de cuatro grupos de portainjertos de jitomate.	29
Cuadro 1.3. Comparación de medias de 19 genotipos de jitomate en conjunto.	31
Cuadro 1.4 Comparación de medias del grupo de portainjertos híbridos de jitomate.	38
Cuadro 1.5 Comparación de medias del grupo de líneas nativas de jitomate.	39
Cuadro 1.6 Comparación de medias del grupo de accesiones de parientes silvestres de jitomate.	40
Cuadro 1.7 Comparación de medias del grupo de testigos de jitomate.	41
Cuadro 2.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para 16 variables de 17 genotipos de jitomate y grupos.	52
Cuadro 2.2. Comparación de medias de 16 variables evaluadas en diecisiete genotipos de jitomate.	54
Cuadro 2.3. Comparación de medias de 16 variables de los genotipos F1 y F3 de una cruce de jitomate (<i>S. habrochaites</i> x <i>S. lycopersicum</i>).	57
Cuadro 2.4. Comparación de medias de 16 variables de grupos de portainjertos de jitomate.	59
Cuadro 2.5 Comparación de medias de los dos progenitores de jitomate usados como portainjertos.	65
Cuadro 2.6 Comparación de medias de 16 variables entre testigos de jitomate.	66

INTRODUCCIÓN GENERAL

Importancia económica

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es cultivado en muchos países del mundo; su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio.

El género *Solanum* es uno de los diez géneros de angiospermas más ricos en especies (Frodin 2004, ver también Solanaceae Source, <http://www.solanaceaesource.org>). Contiene varios cultivos de importancia económica además del tomate, como la papa (*S. tuberosum* L.) y la berenjena o berenjena (*S. melongena* L.), el chile (*Capsicum annuum*) así como otros cultivos menores (naranjilla, *S. quitoense* Lam.; tamarillo o tomate de árbol, *S. betaceum* Cav. y pepino, *S. muricatum* Aiton).

Para el año 2017, en México se sembró una superficie total de 50, 373 ha, con una producción de 3, 469, 707 t, un rendimiento de 69.08 t/ha y un precio medio rural de 7,344.55 \$/t. y los estados con una mayor producción fueron Sinaloa con 937, 795 t, San Luis Potosí con 340, 836 t, Michoacán con 253, 575 t, Jalisco con 219, 134 t, y Zacatecas con 193, 362 t. (SIACON-NG, 2017). A nivel mundial, se produjeron más de 170 millones de toneladas, siendo China, India, Estados Unidos de América, Turquía, Egipto, Italia, Irán, España, Brasil y México, los principales productores, México ocupó el décimo lugar en cuanto a producción, con más de 4 millones de toneladas (FAO, 2016).

En lo que respecta a los países que mayor cantidad importaron de toneladas de jitomate durante el 2016 fueron: Estados Unidos de América (1, 786, 399), Alemania (738, 549), Francia (537, 315), Federación de Rusia (461, 523), Reino Unido (380, 444), Pakistán (254, 546), Canadá

(217, 650), Bielorrusia (187, 216), Emiratos Árabes Unidos (179, 500) y Países Bajos (172, 544) y un total de 4, 915, 686 toneladas de producto fresco (FAOSTAT, 2016).

Los principales países exportadores de jitomate fueron México (1, 748, 858 t), Países Bajos (992,601 t), España (911, 106 t), Marruecos (524, 907 t), Turquía (485, 963 t), Jordania (361, 439 t), India (247, 990 t), Francia (247, 053 t), Bélgica (222, 297 t) y Estados Unidos de América (208, 628 t).

Aun cuando México es un país auto suficiente en la producción de jitomate, el costo que se necesita para obtener los rendimientos actuales es demasiado elevado, debido a diversos factores como lo son: el uso de híbridos costosos provenientes de empresas extranjeras, el control de plagas y enfermedades, la compra de fertilizantes, el uso de instalaciones adecuadas, etc. y por razones como estas es que se buscan alternativas para poder reducir estos gastos. Entre ellas, el mejoramiento genético del jitomate en México, el cual se ha enfocado principalmente al rendimiento (Hernández-Bautista *et al.*, 2014), adaptación a diversas condiciones ambientales y del suelo (Estrada-Trejo *et al.*, 2014), resistencia a plagas y enfermedades (Leyva-Mir *et al.*, 2013) y calidad del fruto (Gaspar *et al.*, 2012; Vela-Hinojosa *et al.*, 2018). Estas características se han obtenido principalmente de germoplasma silvestre (Flores-Hernández *et al.*, 2017) y nativo, que además mantiene características de interés antropocéntrico que aún no han sido mejorados, tal es el caso de los tomates “tipo riñón” que son cultivados por productores para los mercados regionales de Puebla y Oaxaca (Bonilla *et al.*, 2014).

Debido a que los programas de mejoramiento genético son costosos y requieren tiempos prolongados, se buscan alternativas que puedan ofrecer resultados con mayor eficiencia (Bai y Lindhout, 2007), como lo es el uso del injerto de tomate sobre patrones vigorosos, normalmente

híbridos interespecíficos (King *et al.*, 2010), que permite reducir el costo de producción y el desarrollo de plantas con mayor sistema radicular y mejor eficiencia para tomar nutrimentos y agua (Godoy *et al.*, 2009), y reduce la incidencia del ataque de plagas y enfermedades en el suelo, como el incremento en el rendimiento de la fruta (Velasco-Alvarado *et al.*, 2017).

Origen y distribución

Los parientes silvestres del jitomate son nativos del oeste de América del Sur, distribuidos desde Ecuador hasta el norte de Chile, con dos especies endémicas en las Islas Galápagos (Darwin *et al.*, 2003; Peralta y Spooner, 2005). Se han propuesto dos hipótesis para el lugar original de domesticación del tomate, uno en Perú y el otro en México. Aunque se carece de pruebas definitivas del momento y lugar de la domesticación, se presume que México es la región de domesticación más probable, con Perú como centro de diversidad para los parientes silvestres (Larry y Joanne, 2007).

Los parientes silvestres del tomate crecen en una variedad de hábitats, desde cerca del nivel del mar hasta más de 3,300 m de altura, en tierras bajas áridas costeras y lomas adyacentes donde los vientos del Pacífico bajan lluvia y humedad; en valles aislados en los altos Andes, y en desiertos como el severo Desierto de Atacama en el norte de Chile. La topografía andina, diversos hábitats ecológicos y diferentes climas han contribuido a la diversidad de tomate silvestre (Peralta *et al.*, 2006).

Los tomates fueron domesticados en América; sin embargo, el sitio original y los primeros eventos son en gran parte oscuros (Peralta y Spooner, 2007). El tomate y sus parientes silvestre son especies endémicas de Sudamérica, pero han logrado una distribución mundial con la ayuda de poblaciones humanas (Knapp y Peralta, 2016). Se cree que *Solanum lycopersicum cerasiforme*

es el ancestro del tomate cultivado, debido a su amplia presencia en América Central (Cox, 2000).

Taxonomía y Filogenia

El tomate pertenece a la familia *Solanaceae*, que incluye 3000 especies con origen tanto en el Viejo (berenjena en China e India) y Nuevo Mundo (pimiento, patata, tomate) en América Central y del Sur (Knapp, 2002). Es un miembro de la pequeña sección *Lycopersicon* junto con sus 12 parientes silvestres. Cuatro especies adicionales de las secciones *Juglandifolia* y *Lycopersicoides* que se consideran tradicionalmente parientes silvestres del tomate (Knapp y Peralta, 2016).

El tomate y sus parientes silvestres son parte de un grupo monofilético más grande (el clado de la patata) que también contiene las papas y sus parientes silvestres (Knapp y Peralta, 2016). La clasificación filogenética de las solanáceas ha sido recientemente revisado y el género *Lycopersicon* re-integrado en el género *Solanum* con su nueva nomenclatura. *Solanum* sección *Lycopersicon* incluye el tomate cultivado (*S. lycopersicum*) y sus parientes silvestres adicionales. *Solanum lycopersicum* es la única especie domesticada (Peralta *et al.*, 2006).

Portainjertos

Diversos autores definen al injerto como la unión de dos porciones de tejido vegetal vivo, el portainjerto y una yema o un fragmento de un órgano vegetal, extraído del mismo individuo o de otro, de modo que este continúe vivo y creciendo formando una sola planta.

El proceso de unión se debe cumplir en condiciones de alta humedad ambiental para evitar la deshidratación de las plantas, y bajo un rango de temperaturas que favorezcan el desarrollo del

injerto, mediante los procesos de cohesión del portainjerto y la variedad o híbrido, proliferación del callo en la unión y diferenciación vascular entre ambas partes (Oda, 1995).

El injerto de aproximación fue el primer método practicado, ya que se observó en los árboles de manera natural, y sin la intervención del hombre; luego se comenzaron a practicar nuevos métodos, que durante la época del imperio romano ya eran muy populares (Sakata *et al.*, 2006). En plantas leñosas fue conocido por los chinos desde hace más de 1000 años antes de Nuestra Era, y los primeros en dejar plasmado en sus obras descripciones del injerto fueron Aristóteles (384-322 a. C.) y Teofrasto (372 a 287 a. C.), quienes discutieron el injerto en sus escritos con considerable experiencia en la época griega.

La producción de plantas injertadas comenzó en Japón y Corea a finales de la década de 1920, con la sandía (*Citrullus lanatus* Matsum et Nakai) injertada en patrón de calabaza. La berenjena se injertó en berenjena escarlata (*Solanum integrifolium* Poir) en la década de 1950 (Kacjan y Osvald 2004). Aun cuando los objetivos principales del uso de portainjertos ha ido cambiando, la finalidad con la que se comenzaron a utilizar fue para el control del marchitamiento de los cultivos por fusarium y posteriormente como alternativa al uso del bromuro de metilo (Stephen *et al.*, 2008). Desde entonces, según Lee (1994) y Oda (1995), el cultivo de plantas hortícolas injertadas ha aumentado enormemente, ya que el injerto es una técnica importante para la producción sostenible de hortalizas, como lo son el melón, la sandía, el pepino y el jitomate en países asiáticos y europeos.

Mejoramiento genético de los portainjertos

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo; sin embargo, debido a los procesos de mejoramiento, domesticación y de su sistema de

reproducción por autogamia, presenta una reducida variación genética. Es por eso que el uso de germoplasma proveniente de sus parientes silvestres y/o nativos son una opción que los mejoradores han explotado para buscar variantes alélicas de calidad y de resistencia a factores bióticos y abióticos adversos (Parra-Gómez *et al.*, 2016).

Debido a los buenos resultados que se han obtenido utilizando el injerto en las diferentes hortalizas, este método es empleado con mayor frecuencia, ya que la resistencia de las plantas injertadas está condicionada tanto por el portainjerto como por la variedad, y aunque el vigor de la planta injertada es intermedio entre el del portainjerto y la variedad, la influencia del primero es mayor (Liu, *et al.*, 2004). Este incremento en el vigor, que generalmente proporciona el portainjerto sobre la variedad, permite utilizar un menor número de plantas por unidad de superficie, así como concederle a los cultivos una mayor resistencia o tolerancia a factores abióticos (temperatura, salinidad, sequía). Otros propósitos del uso de esta técnica, es obtener mayor absorción de minerales, incremento de la calidad y de la cantidad de frutos (Davis *et al.*, 2008).

En países de Europa, el cultivo del tomate se ha injertado sobre híbridos intraespecíficos *Solanum Lycopersicum* L., *Solanum pimpinellifolium* L., y recientemente los más utilizados son: híbridos interespecíficos obtenidos del cruzamiento de dos parentales silvestres (*Solanum lycopersicum* L. x *Solanum habrochaites* S. Knapp y D.M), los cuales son resistentes o tolerantes a *Meloidogyne* spp. Estos portainjertos actuales aportan, además, resistencia a *Verticillium dahliae* y *Fusarium* raza 0 y 1 (King *et al.*, 2010).

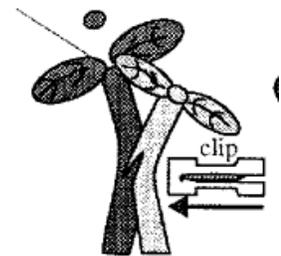
Aun cuando se han obtenido muchas ventajas del uso de esta técnica, algunas de las limitantes que puede presentar y que se deben de estudiar es el hecho de reacciones de incompatibilidad, donde el injerto puede colapsar o el portainjerto puede perder resistencias específicas a ciertas enfermedades en combinaciones portainjerto/injerto, pero no se sabe por qué sucede esto (Pina y Errea, 2005).

Métodos de injerto

Los principales métodos de injerto que se practican en solanáceas y cucurbitáceas en una etapa joven se están diseminando cada vez más, algunos de ellos son.

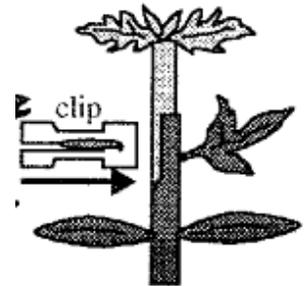
Injerto de abordaje de lengua (Oda, 1995)

El porcentaje de supervivencia de las plantas injertadas es mayor por este método de injerto en Cucurbitáceas, porque la raíz del injerto permanece hasta la formación de la unión. Las semillas se siembran con días de diferencia para asegurar la uniformidad en el diámetro de los hipocótilos de la varetta y el portainjerto. El vértice de la varetta del portainjertos se elimina para evitar la elongación del brote. Los hipocótilos de la varetta y portainjertos se cortan hacia arriba y hacia abajo, respectivamente, a la lengua entre sí. Las plantas injertadas están cubiertas con un material de sombreado que intercepta la luz solar a la mitad. El hipocótilo del vástago se aplasta con los dedos y se corta con una cuchilla de afeitar afilada días después del injerto. El material de sombreado se elimina 10 días después del injerto.



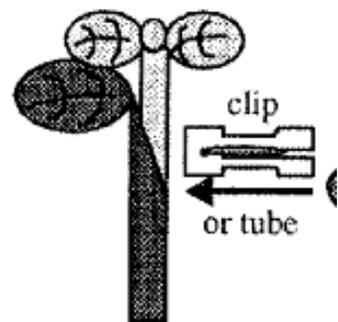
Injerto de hendidura (Oda, 1995)

Este método es más popular para injertar solanáceas. La semilla del portainjerto se siembra días antes que la del injerto. La vareta en la etapa de 4 ó 5 hojas se injerta en el portainjerto con el mismo desarrollo. Los tallos de la vareta y el portainjerto se cortan con 2 a 3 hojas restantes en ambos. El extremo ahusado de la vareta se coloca en la hendidura del extremo cortado del portainjerto. Luego, los injertos se colocan en un recipiente o un túnel en el que la humedad interior se mantiene en más de 95 % de humedad relativa y con poca intensidad de luz. La aclimatación se completa de 7 a 10 días después del injerto.



El injerto de empalme

El injerto de empalme se puede hacer a mano, a máquina o con un robot, y se puede aplicar a la mayoría de los vegetales. La mayor ventaja es la producción de plántulas injertadas fuertes y sanas, ya que todos los haces vasculares del injerto están fusionados con los del portainjerto, y la unión del injerto es lo suficientemente fuerte como para soportar todo el manejo post-injerto aproximado. Se pueden usar plántulas de portainjertos intactos o extraídos de la charola (Lee *et al.*, 2000 citados por Lee y Oda, 2003). Para cultivos de solanáceas, el injerto generalmente se realiza en el epicótilo inferior y se fija con clips ordinarios, clip elástico en forma de tubo con ranura lateral, o clavos de cerámica desarrollado



específicamente para este tipo de injerto (Lee y Oda, 2003).

Injerto de tapones de tubos (Oda, 1995)

Este método de injerto manual fue desarrollado por Itagi *et al.* (1990, citado por Oda, 1995). El injerto de tubos permite injertar plantas pequeñas en bandejas de tapones a un ritmo tres veces más rápido que el método convencional de injerto. Los ejes de la vareta y portainjertos se cortan de forma inclinada. Los tubos elásticos se colocan en los extremos cortados de los portainjertos, y los extremos cortados de los vástagos se insertan en los orificios del tubo, resultando en el empalme de las superficies cortadas de las varetas y portainjertos. El método de injerto de tubo tiene algunas ventajas, es decir, bajo costo, simplicidad y rapidez de injerto, alta relación de supervivencia y alta adaptabilidad a plantas pequeñas. Sin embargo, las condiciones de aclimatación deben controlarse con precisión (Oda, 1995).

Mecanización del injerto herbáceo

El injerto es muy efectivo para controlar las enfermedades y los nematodos del suelo, pero es laborioso, requiere tiempo, capacitación, materiales adecuados y espacio acondicionado. La producción de plantas injertadas se volvió difícil para los agricultores debido a la escasez de mano de obra. Por lo tanto, los estudios sobre el desarrollo de un método rápido y de instrumentos para injertar comenzaron en 1987 en Japón, y se lanzaron varios métodos e instrumentos de injerto (Oda, 1995).

Hoy en día las dos formas de injertar son de manera manual y con máquina. En el injerto manual, las operaciones de injerto y post-injerto requieren mucha mano de obra. De tres a cuatro personas generalmente trabajan juntas en equipo, cada una de las cuales se ocupa de un paso

específico en toda la operación del injerto. Se pueden usar varios métodos dependiendo del cultivo, el tamaño de las plántulas en el momento del injerto y la preferencia de los injertos.

La técnica de injerto es una operación muy exigente con mano de obra especializada, lo que condiciona la productividad. El injerto se puede realizar con una máquina TAG (Injerto de abordaje de lengua) simple o un costoso robot de injerto. En comparación con aproximadamente 1,000 injertos por persona por día con injerto manual, una simple máquina de injerto puede producir 600 injertos por hora por equipo de 2 personas (Lee y Oda, 2003). Los robots de injerto pueden completar 600-1200 injertos por hora, pero se necesitan plántulas altamente uniformes para aumentar la eficacia del injerto (Lee, 2003). Todavía la aplicación práctica de estos tipos de maquinarias en empresas es realmente muy escasa, debido principalmente a los factores como el alto costo de compra del equipo, falta de servicio técnico y gran estacionalidad, sin existir continuidad mensual y anual de producción. En la actualidad existen robots semiautomáticos y automáticos que se utilizan con el fin de realizar el injerto en las diferentes especies de hortalizas, a fin de buscar soluciones que aumenten los rendimientos y logren cubrir las necesidades de producción cuando exista falta de personal de trabajo.

Costos del uso de injertos

Los productores están buscando alternativas sostenibles a la cancelación del uso de bromuro de metilo como fumigante de suelos que sean efectivas y económicas. Además, el aumento de la demanda de frutas y verduras orgánicas también ha contribuido a la necesidad de métodos de control de enfermedades transmitidas por el suelo y respetuosas con el medio ambiente. El injerto puede ser una herramienta valiosa para los productores de hortalizas, para hacer frente a los

desafíos de plagas y enfermedades en la producción de cultivos; sin embargo, existen preocupaciones con respecto a los costos más altos asociados con el uso de plantas injertadas.

Para identificar la importancia del injerto para la producción, es esencial determinar el costo de los trasplantes injertados. Por lo cual, autores como Rivard *et al.* (2010) realizaron estudios para identificar e informar si el injerto de tomate, la producción y los costos variables con la propagación injertada y no injertada son exitosos para determinar si el injerto de tomate puede proporcionar un beneficio, de lo cual se obtuvo que los costos de injerto en mano de obra constituía una porción relativamente pequeña del costo, pero, los precios de las semillas representaron el mayor costo adicional, además de afirmar que la expansión de los mercados minoristas de plantas injertadas podría ser una valiosa vía para los propagadores que buscan establecer las ventas de injertos.

Aun con las nuevas técnicas y/o métodos más adecuados para el injerto, ya sea manual o con el uso de máquinas, el costo es elevado debido a otros factores, como lo son suministros del injerto, mano de obra y materiales de cámara de curación. Además, se debe comprar semilla de portainjertos y sembrar en exceso para tener el 100% de éxito en el injerto. El injerto también aumenta indirectamente los costos, ya que agrega aproximadamente 7 a 10 días al ciclo de producción de trasplantes y requiere una cosecha complementaria de plántulas antes de injertar (Rivard y Louws, 2006). Siendo considerables los costos el inicio de un nuevo ciclo de producción con plantas injertadas, estos puede pasar a ser rentables debido a diversos beneficios, como lo son la tolerancia a patógenos, menor uso en cantidad de fertilizantes, menos plantas por superficie (Djidonou *et al.*, 2013) y mayor aumento en el rendimiento neto en comparación con el uso de plantas no injertadas (Velasco-Alvarado *et al.*, 2017).

Dado que en México se dispone de germoplasma nativo y de material silvestre nacional y exótico, cuyo potencial genético debe estudiarse para ser aprovechado en incrementar la producción y/o en el mejoramiento del jitomate, para satisfacer la demanda de fruto y también generar materiales tolerantes a estreses ambientales, se plantearon los siguientes

OBJETIVOS

General

Evaluar el comportamiento agronómico de portainjertos provenientes de germoplasma nativo, silvestre, élite y cruzas interespecíficas de *Solanum lycopersicum* L. x *Solanum habrochaites*.

Específicos

Evaluar los parámetros de interés agronómico asociados al rendimiento, precocidad y calidad del fruto en jitomate comercial injertado.

Ampliar la base genética del jitomate para futuros programas de mejoramiento.

HIPÓTESIS

El germoplasma de jitomate de origen nativo, silvestre y cruzas interespecíficas usado como portainjerto incrementara las características de interés agronómico de las varetas injertadas igualando o superando al testigo comercial.

Literatura citada

Bai Y. and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.
doi:10.1093/aob/mcm150

- Bonilla-Barrientos, O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37 (2): 129-139.
- Cox S. 2000. I Say Tomayto, You Say Tomahto. <http://www.landscapeimagery.com/tomato.html>
- Darwin, S. C., S. Knapp, and I. E. Peralta. 2003. Taxonomy of tomatoes in the Galápagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity* 1 (1): 29-53.
- Davis A. R., P. Perkins-Veazie, Y. Sakata, S. López-Galarza, J. Vicente Maroto, L. Sang-Gyu, H. Yun-Chan, S. Zhanyong, A. Miguel, S. R. King, R. Cohen & L. Jung-Myung. 2008. Injerto de cucurbitáceas. *Plant Sciences* 27: 50-74.
- Djidonou, D., Z. Gao and X. Zhao. 2013. Economic Analysis of Grafted Tomato Production in Sandy Soils in Northern Florida. *HortTechnology* 23(5): 613 – 621.
- Estrada-Trejo, V., R. Lobato-Ortiz, G. García-de los Santos, G. Carrillo-Castañeda, F. Castillo-González, E. Contreras-Magaña, O. J. Ayala-Garay, M. De la O Olan y A. Artola Mercadal. 2014. Diversidad de poblaciones nativas de jitomate para germinación en condiciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5 (6); 1067-1079.
- Flores-Hernández, L. A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, J. D. Molina-Galán, D. Ma. Sargerman-Jarquín y M. de J. Velasco-Alvarado. 2017. Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40 (1): 83 – 91.
- Frodin D. 2004. History and concepts of big plant genera. *Taxon* 53:753–776.
- Gaspar-Peralta P., J. C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, A. M. Vera-Guzmán, y I. Pérez-León. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de

- tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Revista Internacional de Botánica Experimental 81: 15-22.
- Godoy, H. H., Castellanos, R.J.Z., Alcántar, G.G., Sandoval, V.M., and Muños, R.J.J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. Terra Latinoamericana 27:1-11.
- Hernández-Bautista, A., R. Lobato-Ortiz, S. Cruz-Izquierdo, J. J. García Zavala y J. L. Chávez-Servia. 2014. Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una cruce interespecífica de jitomate. Interciencia 39 (5); 327-332.
- Itagi, T., K. Nakanishi, & S. Nagashima. (1990): Studies on the production system of the grafted nurseries in fruit vegetables. I. Methods of grafting, the kind of nursery tray, conditions of acclimatization and the process during raising nurseries in tomato. Japanese Society for Horticultural Science 59 (1), 294 -295.
- Kacjan N. and J. Osvald. 2004. The influence of grafting on yield of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. Acta agriculturae slovenica 83 (2): 243-249.
- King, S. R., A. R. Davis, X. Zhang and K. Crosby (2010) Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. Scientia Horticulturae 127: 106-111.
- Knapp S. 2002. Tobacco to tomatoes: a phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae. Journal of Experimental Botany 53: 2001–2022.
- Larry R, Joanne L. 2007. Genetic resources of tomato. In: Razdan MK, Mattoo AK, eds. Genetic improvement of solanaceous crops. Vol. 2. Tomato. Enfield, NH: Science Publishers.
- Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. Hortscience, 29: 235-239.

- Lee, S. G. 2000. Seedling growth as affected by rootstock and grafting methods. In: Problems and counter plans of vegetable seedling production (in Korean). Kor. Res. Soc. Protected Hort. 12:73-90.
- Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28:61-124.
- Lee J. M. 2003. Advances in Vegetable Grafting. *Chronica Horticulturae* 43 (2): 13-19.
- Leyva-Mir, S. G., C. M. González-Solano, J. E. Rodríguez-Pérez y D. Montalvo-Hernández. 2013. Comportamiento de líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a fitopatógenos en Chapingo, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19 (3): 301-313.
- Liu – Hui Y., H. Lu-Guo, Q. Qian-Qiong. 2004. Effect of salt-tolerant stock on growth, yield, and quality of watermelon, Shandong. *Agricultural Science* 4(6): 30–31.
- Oda, M. 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *Jarq* 29: 187-194.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO (FAOSTAT). 2016. On-line: http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/commodities_by_country Consultado el 27 de Julio de 2018.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. 2016. On-line crop production statistics. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Consultado el 10 de Julio de 2018.
- Parra-Gómez, M. A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López y M. J. Velasco-Alvarado. 2016. Evaluación de líneas de una cruce interespecífica de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39 (1): 59–65.
- Peralta, I. E. and D.M. Spooner. 2005. Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon*). *Monographs in systematic from the Missouri Botanical Garden*. 104: 227- 257.

- Peralta IE, Knapp S, Spooner DM. 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. Tomato Genetics Cooperative Report 56: 6–12.
- Peralta I. E., Spooner, D. M. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Razdan MK, Mattoo AK, eds. Genetic improvement of solanaceous crops. Vol. 2. Tomato. Enfield, NH: Science Publishers, 1–27.
- Pina A. and P. Errea. 2005. A review of new advances in mechanism of graft compatibility incompatibility. *Scientia Horticulturae* 106 (1): 1-11.
- Rivard, C.L. and F.J. Louws. 2006. Grafting for disease resistance in heirloom tomatoes. Consultado el 05 Agosto 2018. <https://cefs.ncsu.edu/resources/grafting-for-disease-resistance-in-heirloom-tomatoes-2015/>
- Rivard, C. L., Sydorovych, O., O’Connell, S., Peet, M. M. and Louws, F. J. 2010. An Economic Analysis of Two Grafted Tomato Transplant Production Systems in the United States *HortTechnology* 20 (4), 794 – 803.
- Sakata, Y.; T. Ohara; M. Sugiyama. 2006. *The history of melon and cucumber grafting in Japan*. XXVII International Horticultural Congress. Disponible en: http://www.actahort.org/books/767/767_22.htm. [Consultada: 5 agosto del 2018].
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. SIACON. 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>. Ultima fecha de consulta 06-07-2018.
- Stephen, R. K., A. R. Davis, W. Liu, A. Levi. 2008. Grafting for Disease Resistance. *Hort Science* 43(6): 1673-1676.
- Vela-Hinojosa, C., C. Barbosa-Martínez, H. B. Escalona-Buendía, J. A. Mendoza-Espinoza, R. Lobato-Ortiz, J. E. Rodríguez-Pérez, J. M. Villa-Hernández, and L. J. Pérez-Flores.

2018. Architectural Diversity of the Cuticle and Epidermis of Native and Hybrid Tomato Fruit Genotypes and the Relation to Polygalacturonase Expression *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 46 (1): 45-51. DOI:10.15835/nbha46111001

Velasco-Alvarado M. J., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, R. Castro-Brindis, S. Cruz-Izquierdo, T. Corona-Torres and M. K. Moedano-Mariano. 2017. Mexican native tomatoes as rootstocks to increase fruit yield. *Chilean journal of agricultural research* 77(3): 187-193.

CAPÍTULO I. VENTAJAS DEL USO DE DIFERENTES TIPOS DE GERMOPLASMA COMO PORTAINJERTOS DE JITOMATE

Alfonso Cortes-Sánchez¹, Ricardo Lobato-Ortiz^{1,*}, J. Jesús García-Zavala¹, Javier Suárez-Espinosa²

¹Programa de Genética. ²Programa de Estadística. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

1.1. RESUMEN

El uso de portainjertos en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) se ha incrementado por sus beneficios en el rendimiento y calidad de fruto. Existen diferentes tipos de germoplasma tanto en jitomates nativos mexicanos como en sus parientes silvestres (exóticos introducidos) que pueden emplearse como portainjertos cuyo potencial debe estudiarse. Se evaluaron los días a floración y a maduración, el rendimiento y la calidad de frutos (firmeza, sólidos solubles totales), entre otras características, del híbrido comercial ‘El Cid’ injertado sobre portainjertos provenientes de diferentes tipos de germoplasma: colectas nativas, colectas silvestres, cruzas interespecíficas de jitomate (*S. lycopersicum* L.) nativo de México x (*S. habrochaites*) silvestre exótico y jitomate (*S. lycopersicum* L.) élite x (*S. habrochaites*) silvestre exótico, en condiciones de invernadero e hidroponía, en Montecillo, Estado de México en el año 2017. Se sembraron 19 genotipos que incluyeron 16 portainjertos, más tres testigos. Los genotipos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, diez plantas por repetición. Los portainjertos provenientes de las cruzas interespecíficas incrementaron el rendimiento en 21.7 %. Los

portainjertos provenientes de accesiones silvestres (*S. habrochaites*) fueron 4 días más tardíos con respecto al testigo. No hubo diferencias entre los grupos de portainjertos para las variables de calidad del fruto, lo que indica que aunque el rendimiento se incrementó significativamente, la calidad del fruto no disminuyó, lo cual es una característica que se busca mejorar en los portainjertos.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, *S. habrochaites*, cruza interespecíficas, germoplasma nativo, portainjertos.

1.2. ABSTRACT

The use of rootstocks in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) has been increased by its benefits in yield and fruit quality. There are different types of germplasm both in native Mexican tomatoes and in their wild relatives (introduced exotic) that can be used as rootstocks whose potential should be studied. The days to flowering and ripening, yield and fruit quality (firmness, total soluble solids) were evaluated, among other traits, on the commercial hybrid 'El Cid' grafted on rootstocks from different types of germplasm: mexican native accessions, wild relatives collections, interspecific crosses of tomato (*S. lycopersicum* L.) x (*S. habrochaites*). The experiment was carried out under greenhouse conditions and hydroponics, in Montecillo, State of Mexico in 2017. Nineteenth genotypes that included 16 rootstocks plus three checks were planted in a randomized complete block design with three replications; experimental unit was ten plants per replication. Rootstocks from interspecific crosses increased yield by 21.7 %. The rootstocks from wild relatives (*S. habrochaites*) were 4 days later compared to the control. There were no differences between the groups of rootstocks for fruit quality traits, which indicates that although

the yield increased significantly, the quality of the fruit did not decrease, which is a characteristic that is sought to improve in the rootstocks.

Key words: interspecific crosses, native germplasm, rootstocks, *Solanum lycopersicum*, *S. habrochaites*.

1.3. INTRODUCCIÓN

La superficie disponible de suelo agrícola y las condiciones climáticas favorables para los cultivos hortícolas son cada vez menores. Las limitaciones abióticas del ambiente para la agricultura incluyen la sequía, el calor, la salinidad, las inundaciones, la baja cantidad de nutrientes, y la contaminación orgánica y de metales pesados (Martínez, com. pers., 2015). Entre las limitaciones bióticas destacan las enfermedades del suelo, como la presencia de nódulos en las raíces, generados por los nemátodos, lo que disminuye la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, reduciendo la productividad del cultivo entre un 15 % y 60 % (Monardes *et al.*, 2009 citado por Martínez *et al.*, 2015), las cuales se agravan por el cultivo intensivo y la prohibición de algunos desinfectantes químicos, como el bromuro de metilo (Schneider *et al.*, 2003).

Las especies hortícolas y frutales que se cultivan en condiciones ambientales adversas presentan reducciones del crecimiento, del rendimiento y de la calidad del fruto, sin que la mejora genética de los cultivares ofrezca soluciones a corto plazo. Aunque el uso de injertos en árboles frutales es exitoso, el uso comercial de portainjertos hortícolas es reciente, y se desarrollaron fundamentalmente sobre una base empírica (Martínez com. pers., 2015).

Durante el proceso milenario de domesticación del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y la historia reciente del mejoramiento del cultivo, se aprovecharon los sistemas de reproducción,

tanto la alogamia como la autogamia con la biodiversidad de tomates silvestres para incrementar el tamaño del fruto, diversificar sus formas y uniformar el color al madurar (Gur y Zamir, 2004). Por otra parte, los procesos migratorios durante la domesticación y el mejoramiento intensivo del cultivo provocaron cuellos de botella genéticos que redujeron la variabilidad genética del tomate cultivado (Rodríguez *et al.*, 2013).

Las condiciones ambientales desfavorables en las que se han adaptado los genotipos de tomate nativo de México, han permitido desarrollar tolerancias o resistencias a estreses bióticos y abióticos, que pueden ser útiles en su mejoramiento genético de mediano y largo plazos (Flores-González *et al.*, 2012). Un uso alternativo inmediato de los tomates nativos mexicanos es como portainjertos; es decir, proporcionar solo la parte radical para aprovechar su capacidad para absorber agua y nutrientes, su tolerancia a la salinidad (Sanjuan-Lara *et al.*, 2015), resistencia a enfermedades, vigor, entre otras ventajas (Estrada-Trejo *et al.*, 2014).

En México, los tomates nativos se encuentran ampliamente distribuidos tanto en zonas de vegetación natural como asociados en campos de cultivo, donde se le considera maleza. La mayoría de las poblaciones se han colectado en altitudes entre 0 a 1200 msnm (Sánchez-Peña *et al.*, 2006).

En algunas regiones de los estados de Puebla y Oaxaca en México, los tomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos conocidos como “arriñonados”, “chinos criollos”, “cuadrados” o “tipo pimiento”, “ojo de venado” y “cereza”, se usan ampliamente y se cultivan para autoconsumo y comercialización local (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). Estos materiales pueden ser fuentes de características agronómicas valiosas para usarse en programas de mejoramiento genético o en algún uso potencial (Juárez-López *et al.*, 2009).

Por otra parte, los tomates silvestres [*Solanum* L. subsec. *Lycopersicum*, de la sección *Solanum Lycopersicum* (Mill.) Wettst.] se distribuyen en Sudamérica, desde Ecuador, Perú, norte de Chile hasta Las Islas Galápagos, donde también crecen las especies endémicas *S. cheesmaniae*, *S. habrochaites*, *S. chilense* y algunas razas de *S. peruvianum* (Peralta y Spooner, 2005). Además, *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* Dunal, el ancestro silvestre de los tomates cultivados (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009), está más extendido, y quizás se distribuyó más recientemente en México, Colombia, Bolivia y otras regiones de América del Sur (Rick y Holle, 1990).

Si bien la base genética potencial para el desarrollo de portainjertos de tomate parece ser muy grande, teniendo en cuenta la gran variedad de especies estrechamente relacionadas que podrían utilizarse, en realidad esta se reduce y parece ser limitada (Black *et al.*, 2003). Al respecto, para el desarrollo de portainjertos híbridos de tomate, las fuentes genéticas más comunes son los híbridos interespecíficos (*S. lycopersicon* × *S. habrochaites* S. Knapp y DM Spooner) (King *et al.*, 2010).

En el caso de injertos en solanáceas, la técnica más común era la de púas; sin embargo, tras la invención del clip de silicona, la única técnica que ahora se aplica es el empalme (De Miguel, 2009).

Elegir un portainjerto eficiente en la absorción de nutrimentos es poco frecuente (Ruiz *et al.*, 1997). Además, es necesario conocer el comportamiento nutricional de las variedades a utilizar como vareta, que permitan elaborar un programa de fertilización óptimo (Rivero *et al.*, 2003), mejorar la calidad del fruto, evitar un crecimiento excesivo de la planta y ser más eficiente en el aporte nutrimental (Jung-Myung y Masayuki, 2003).

Dado que se dispone de germoplasma nativo mexicano y material silvestre nacional y exótico, cuyo potencial debe estudiarse para ser aprovechado en la producción y/o en el mejoramiento del jitomate. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad de frutos del híbrido comercial ‘El Cid’ injertado sobre portainjertos provenientes de diferente tipo de germoplasma que incluyó: colectas nativas, colectas silvestres y cruza interespecíficas de jitomate (*S. lycopersicum* L.) nativo de México x *S. habrochaites* silvestre exótico y jitomate (*S. lycopersicum* L.) élite x (*S. habrochaites*) silvestre exótico.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales genéticos de este trabajo fueron 19 genotipos, de los cuales 16 se emplearon como portainjertos y tres como testigos. Entre los portainjertos, cuatro fueron progenitores silvestres (*S. habrochaites*) (LA 2409, LA 1223, LA 2158 y LA 1777); tres eran progenitores nativos (LOR-100, LOR-77 y LOR-95); cuatro eran producto de cruza interespecíficas de colectas nativas (*S. lycopersicum*) como hembra x colectas silvestres (*S. habrochaites*) como macho: LOR 82 x LA 2409, LOR 97 x LA 2409, LOR 85 x LA 2409, y LOR 103 x LA 2409 y cinco eran cruza entre líneas élite S5 de *S. lycopersicum* x silvestre (*S. habrochaites*): Loreto x LA 1223, Cuauhtémoc x LA1731, Cuauhtémoc x LA 2167, Reserva x LA 1223, y Loreto x LA1777. Los testigos fueron un híbrido comercial (‘Maxifort’) y el híbrido ‘El Cid’, el cual se trasplantó autoinjertado y sin injertar.

La evaluación de los genotipos se efectuó en condiciones de invernadero e hidroponía, en Montecillo, Estado de México (19° 30' N y 98° 53' O, a una altitud de 2250 m), en el ciclo primavera-verano de 2017. Los genotipos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 10 plantas por repetición.

Las plantas del híbrido ‘El Cid’ se sembraron el 31 de marzo de 2017 y dos días después se sembraron los portainjertos. El injerto se llevó a cabo mediante el método de corte y empalme (Lee, 1994) a los 40 días después de la siembra, en plántulas con diámetro del tallo entre 1.8, y 2.2 mm y con cuatro hojas completamente expandidas. Las plántulas injertadas se colocaron durante 10 días en una cámara de acondicionamiento (4 m de largo, 3 m de ancho y 2.5 m de alto), en este periodo se mantuvo una temperatura de 25 - 30 °C, 90 % de HR y una densidad de flujo fotónico de $111 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, como lo mencionan Velasco-Alvarado *et al.* (2016), y 10 días después se trasplantaron (ddt) en bolsas de polietileno de color negro de 40 x 40 cm con tezontle rojo fino como sustrato, a una densidad de 25,000 plantas ha⁻¹.

Durante el primer mes posterior al trasplante (estado vegetativo), se aplicó la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984) a una concentración de 50 %, y al inicio de floración la concentración se incrementó a 100 %. El pH de la solución se mantuvo entre 5.5 y 6.0. Durante el ciclo de cultivo se realizaron aplicaciones preventivas de fungicidas e insecticidas, para evitar el daño por tizones se usaron productos como Captan® (captan) y Cupravit® (oxicloruro de cobre), para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), Confidor® (imidacloprid), Beleaf® (flonicamid), Ampligo® (lambda cyalotrina y clorantraniliprol) y para controlar damping off (*Phythium*) Ridomil Gold® Bravo SC (metalaxil y clorotalonil), Previcur® (propamocarb clorhidrato) e Interguzan 30-30® (quintozeno y thiram).

En cada planta se registraron los días a floración y a maduración, contabilizados desde la fecha del trasplante hasta la antesis en la primera flor (DF) y hasta que el color de la fruta cambió de verde a rojo en el primer racimo (DM), respectivamente. Cuando la planta tenía 108 ddt se realizó el despunte y se midieron las variables: diámetro del tallo (DT) con un vernier digital (Mitutoyo, Aurora, Illinois, EE. UU.) a 1.0 m de altura de la planta; el número de frutos del tercer racimo (NFR); la altura (AR1, cm) al primer racimo; la distancia (cm) del tercer al quinto racimo

(DER) y el número de racimos por planta (NR). A partir de una muestra de cinco frutos por planta se obtuvo el peso promedio de fruto (PPF, g) en el primer corte. Se efectuaron cuatro cortes y en cada uno se contó el número de frutos por planta y el rendimiento (kg) para obtener los totales (NTF, PTF, respectivamente) por planta. Además, en los dos primeros frutos maduros de cada planta del tercer racimo se midió la firmeza del fruto (FIR) con un medidor de fuerza universal (Force Five, modelo VSF-30, Wagner Instruments, Greenwich, Connecticut, EE. UU.), con un cabezal de émbolo de 0.8 mm. En los dos primeros frutos maduros del tercer racimo se contabilizó el número de lóculos (NL) por fruto y se midió el contenido total de sólidos solubles (SST) por fruto, este se midió mediante un refractómetro digital (marca PA 1, Atago, Tokio, Japón). Finalmente, en dos frutos maduros por planta del cuarto racimo, se registró la longitud (LF) y el ancho promedio de la fruta (AF) en mm.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el procedimiento del Modelo Lineal General (GLM) (SAS Institute Inc. 2002). Se aplicó un ANOVA general con los genotipos como fuente de variación y un ANOVA por grupos en donde los genotipos se dividieron en cuatro grupos (Grupo 1: Híbridos, Grupo 2: Líneas nativas, Grupo 3: Accesiones silvestres y Grupo 4: Testigos). La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza general detectó significancia entre genotipos (Cuadro 1.1) únicamente para cuatro de las quince variables (días a floración, días a madurez, peso total de frutos y altura al primer racimo). En cambio, entre grupos de genotipos hubo significancia para nueve variables, agregándose a las anteriores el peso promedio de fruto, diámetro de fruto, número de racimos por planta, diámetro de tallo y número total de frutos.

Cuadro 1.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para 15 variables de 19 genotipos de jitomate y de su partición en grupos de genotipos.

F.V.	GL	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST
		(Kg)			(gr)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)
Genotipos																
Genotipo	18	2.1**	75.1	0.4	121.6	6.2	7.3	0.1	3.4	30.6*	37.6**	0.8	28.5*	0.06	0.02	0.09
Rep.	2	0.6	7.0	0.5	64.9	71.8**	21.5**	0.07	3.6	11.1	9.1	2.6**	14.8	0.08	0.005	1.0**
Error	16	0.6	45.2	0.5	70.4	7.9	4.8	0.1	2.3	15.9	9.8	0.5	15.5	0.04	0.01	0.05
C.V. (%)		12	9	8	8	4	4	4	5	15	3	6	12	9	8	6
Grupos de genotipos																
Ent. Gru.	3	8.1**	235.5**	0.2	474.5**	6.3	18.5*	0.4*	6.5	79.1**	151.5**	2.5**	70.9**	0.06	0.03	0.1
Silvestres	3	0.7	85.2	0.4	30.5	7.7	12.5	0.1	3.4	53.0	1.5	0.5	57.4	0.07	0.02	0.1*
Nativos	2	0.1	10.4	0.2	44.4	3.2	2.0*	0.003	0.1	7.3**	0.2	0.5	3.4	0.08	0.003	0.1*
Híbridos	8	1.07	41.8	0.4	62	5.2	1.7	0.1	3.6	1.8	11.2	0.6	14.6	0.05	0.02	0.04
Testigos	2	1.2	17.6	0.6*	44.4	10.7	10.3**	0.05	1.6	63.0**	64.0**	0.2	2.4	0.05	0.01	0.04
C.V. (%)		13	9	8	7	4	4	4	5	16	4	6	13	10	9	7

FV=Fuentes de variación; GL=Grados de libertad; Ent. Gru.=Entre Grupos; CV=Coefficiente de variación; *, **=significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración ; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

El rendimiento y la mayoría de las variables relacionadas con éste presentaron significancia entre grupos de portainjertos, lo cual indica que por lo menos uno de los grupos presenta mayor rendimiento, coincidiendo con los resultados encontrados por Khah *et al.* (2006), quienes reportaron que injertos de tomate realizados en portainjetos adecuados incrementan el rendimiento. Para las variables de calidad de fruto hubo significancia en los grupos de nativos y silvestres, lo que indica que la calidad del fruto es afectada por algún portainjerto para incrementarla o reducirla. Y en cuanto a precocidad, hubo significancia entre genotipos y entre grupos, lo que indica que por lo menos un genotipo y un grupo de portainjertos aceleran o retrasan la floración y maduración de los frutos.

Al analizar cada grupo, se observa que los portainjertos de origen nativo muestran significancia para las variables días a floración, diámetro de fruto y sólidos solubles totales; en el grupo de accesiones silvestres hubo significancia solamente para sólidos solubles totales, y en los testigos días a floración y maduración, número de frutos por racimo y ancho de fruto fueron las variables con significancia. Estos resultados indican que hay portainjertos nativos y silvestres que tienen características sobresalientes de interés para mejorar la calidad del jitomate, como el contenido de sólidos solubles totales o precocidad.

Tanto en el análisis general como en la partición de genotipos, los valores del coeficiente de variación de cada variable estuvieron en un rango aceptable de (3.0 a 15.5 %), lo que indica un buen control de la variación experimental y una buena confiabilidad en los datos.

En cuanto a la comparación de medias entre grupos (Cuadro 1.2), los portainjertos híbridos y de línea nativas dieron mejores resultados para precocidad, no encontrándose diferencias significativas con los testigos; mientras que las accesiones silvestres retrasan la maduración de

los frutos, difiriendo con lo que señalan Oda *et al.* (2003), que en sus resultados encontraron diferencia significativa en días a floración y maduración, siendo más precoces las plantas injertadas que las no injertadas. Para calidad de fruto (firmeza y sólidos solubles totales) no hubo diferencias significativas entre los grupos, indicando que esta no es afectada por los portainjertos y obteniéndose los mismos resultados para los testigos. Sin embargo, en la concentración de SST los resultados difieren con los obtenidos por Turhan *et al.* (2011), quienes encontraron contenido menor en plantas injertadas, pero aun siendo satisfactorios y manteniéndose dentro del rango adecuado. Para las variables principales de rendimiento (peso y número total de frutos), el grupo de portainjertos de origen híbrido tuvieron los mejores resultados, presentando diferencias significativas, lo cual indica que hay un efecto favorable del portainjerto de cruza, pues estos superaron en rendimiento a los testigos, contrastando con los resultados encontrados por Kacjan y Osvald (2004), quienes observaron resultados similares en tomate injertado y no injertado.

Cuadro 1.2. Comparación de medias de 15 variables de cuatro grupos de portainjertos de jitomate.

Grupos	PTF (Kg)	NTF	NFR	PPF (gr)	LF (mm)	AF (mm)	NR	DER (cm)	DF (ddt)	DM (ddt)	DT (mm)	AR1 (cm)	NL	FIR (N)	SST (°Brix)
Silvestres	5.92b	71b	9a	100.8b	66.9a	55.1ab	9.5b	33.3a	31a	95a	13.5a	31.4b	2.3a	1.3a	3.9a
Nativos	6.36b	71ab	9a	112.2a	66.7a	53.1b	9.9a	34.6a	25b	89b	12.4b	29.3b	2.4a	1.2a	3.9a
Híbridos	7.38a	78a	9a	112.9a	68.1a	55.9a	9.8ab	32.9a	26b	89b	13.1ab	32.1ab	2.5a	1.3a	3.7a
Testigos	6.06b	72ab	9a	105.5ab	67.7a	54.7ab	9.6ab	33.9a	27ab	92b	13.5a	36.0a	2.4a	1.3a	4a
DHS	0.93	7.34	0.78	8.84	3.0	2.43	0.42	1.74	4.58	3.69	0.81	4.51	0.25	0.12	0.28

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del racimo uno; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

Si bien el grupo de híbridos fue el que presentó el mejor rendimiento (Cuadro 1.2), dentro del grupo no hubo diferencias significativas entre híbridos, excepto para las variables de precocidad (Cuadro 1.3), por lo que cualquiera de estos híbridos se comporta de una manera similar en invernadero y cada uno de ellos dará resultados similares en cuanto los componentes de calidad y rendimiento de frutos. Por el contrario la precocidad muestra diferencia significativa en el híbrido LOR 103 x LA 2409, adelanta la maduración de sus frutos en tres días con respecto al testigo más precoz, y dado a las características similares mencionadas anteriormente la selección de los portainjertos quedará a criterio del mejorador, por los valores numéricos, o por la calificación de características como el aspecto, la sanidad, o el vigor; esta última característica es muy notoria como lo demostraron Lee y Oda (2003) en su investigación, donde por el sistema vigoroso de raíces de los portainjertos estos generalmente mostraron una mayor absorción de agua y minerales en comparación con las raíces de las demás plantas.

Cuadro 1.3. Comparación de medias de 19 genotipos de jitomate en conjunto.

Genotipos	PTF (Kg)	NTF	NFR	PPF (gr)	LF (mm)	AF (mm)	NR	DER (cm)	DF (ddt)	DM (ddt)	DT (mm)	ARI (cm)	NL	FIR (N)	SST (°Brix)
LA 2409	6.4abc	75.5ab	9.4a	103.3a	66.1a	55.9a	9.2a	33.0a	36.6a	96.1ab	13.8a	37.1a	2.3a	1.2ab	3.8a
LA 1223	5.9bc	67.5ab	8.5a	103.3a	69.3a	56.6a	9.3a	34.1a	27.6ab	91.7abcd	12.9a	31.7a	2.3a	1.4ab	3.8a
LA 2158	5.2c	65.1b	8.5a	103.3a	66.2a	55.6a	9.3a	34.2a	27.8ab	95.3abc	13.2a	29.9a	2.4a	1.2ab	3.6a
LA 1777	6.0abc	75.3ab	8.8a	110a	66.0a	52.0a	9.8a	31.9a	30.1ab	94.5abc	13.7a	26.7a	2.0a	1.2ab	4.1a
LOR-100	6.4abc	73.2ab	8.8a	110a	65.8a	52.9a	9.9a	34.8a	23.5b	87.8bcd	12.5a	28.7a	2.5a	1.1b	3.7a
LOR-77	6.5abc	71.0ab	8.5a	116.6a	67.8a	53.9a	9.8a	34.4a	25.8ab	88.2bcd	12.7a	28.7a	2.4a	1.2ab	3.7a
LOR-95	6.1abc	69.5ab	8.2a	110a	66.4a	52.3a	9.8a	34.4a	26.5ab	87.7bcd	11.9a	30.5a	2.2a	1.2ab	4.2a
LOR 82 x LA 2409	7.3abc	74.5ab	8.4a	116.6a	70.1a	57.1a	9.3a	33.6a	24.8ab	89.3abcd	13.3a	31.4a	2.2a	1.3ab	3.9a
LOR 97 x LA 2409	8.4a	86.6a	8.6a	113.3a	67.9a	55.4a	10.0a	31.9a	26.9ab	88.2bcd	14.0a	29.7a	2.4a	1.3ab	3.6a
LOR 85 x LA 2409	7.0abc	77.2ab	9.2a	113.3a	70.0a	55.4a	9.8a	32.1a	26.5ab	87.1cd	14.0a	29.5a	2.4a	1.3ab	3.8a
LOR 103 x LA 2409	8.0ab	79.7a	9.1a	116.6a	66.8a	55.6a	10.0a	31.3a	24.9ab	85.7d	13.1a	31.4a	2.4a	1.2ab	3.7a
Loreto x LA 1223	6.8abc	75.2ab	8.8a	110a	66.2a	54.5a	9.7a	34.9a	25.5ab	88.7abcd	12.8a	34.6a	2.6a	1.3ab	3.8a
Cuahtémoc x LA 1731	6.7abc	76.5ab	9.1a	116.6a	67.4a	56.4a	9.6a	33.7a	25.0ab	92.8abcd	12.8a	35.0a	2.2a	1.5a	3.6a
Cuahtémoc x LA 2167	6.8abc	75.4a	8.2a	103.3a	67.9a	55.7a	9.8a	33.2a	25.9ab	88.1bcd	12.4a	30.5a	2.5a	1.3ab	3.7a
Reserva x LA 1223	7.2abc	79.5ab	8.5a	110a	68.7a	56.5a	9.8a	32.4a	25.0ab	89.3abcd	13.1a	31.2a	2.4a	1.2ab	3.5a
Loreto x LA 1777	7.7abc	79.9ab	8.3a	116.6a	67.4a	56.2a	9.8a	33.3a	24.9ab	88.4bcd	12.7a	34.9a	2.6a	1.3ab	3.6a
Maxifor	6.7abc	73.9ab	9.4a	103.3a	69.8a	56.6a	9.4a	33.2a	22.6b	88.6abcd	13.8a	35.8a	2.4a	1.2ab	3.8a
Sin injertar	6.0abc	72.0ab	8.5a	116.6a	66.9a	52.9a	9.7a	33.9a	27.1ab	89.2abcd	13.4a	35.2a	2.3a	1.3ab	3.9a
Autoinjertado	5.4c	69.1ab	8.8a	113.3a	66.2a	54.6a	9.6a	34.6a	31.7ab	96.9a	13.3a	37.0a	2.5a	1.2ab	4.0a
DHS	2.49	20.78	2.26	25.9	8.72	6.78	1.23	4.74	12.32	9.68	2.28	12.19	0.68	0.33	0.74

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del racimo uno; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de un fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; ARI=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

La calidad en los frutos de los portainjertos se mantuvo (Cuadro 1.3) y el rendimiento fue superado en los portainjertos híbridos y nativos, coincidiendo esto con lo mencionado por Velasco-Alvarado *et al.* (2017), quienes en su investigación reportaron genotipos de origen nativo que incrementan el rendimiento en vástagos de los híbridos comerciales “El Cid” y “Sun 7705”, y por lo menos la calidad y rendimiento fue igualado por los silvestres, con respecto a los testigos, pero retrasando ligeramente los días a floración y maduración, como lo reportaron Ibrahim *et al.* (2001) en su trabajo; además, se sabe que el uso de portainjertos de origen nativo y silvestre proporciona tolerancias y/o resistencia contra plagas, como los genotipos y la línea silvestre que identificaron González *et al.* (2008), las cuales mostraron resistencia a *Meloidogyne* spp. y enfermedades del suelo, así como contra factores abióticos (salinidad, sequía) del mismo; también Sanjuan *et al.* (2015) identificaron líneas nativas de tomate tolerantes a diferentes grados de salinidad, por lo que se puede seguir con investigaciones para identificar genotipos con los que se trabajó en el presente experimento que puedan brindar estos beneficios.

1.6. CONCLUSIONES

El uso de portainjertos híbridos [jitomate (*S. lycopersicum* L.) nativo x jitomate (*S. habrochaites*) silvestre y jitomate (*S. lycopersicum* L.) élite x jitomate (*S. habrochaites*) silvestre] incrementó el rendimiento de frutos de la variedad ‘El Cid’. Los portainjertos híbridos y los provenientes de líneas nativas son más precoces, y los que provienen de accesiones silvestres (*S. habrochaites*) son más tardíos. Para las variables de calidad de fruto,

no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de portainjertos, por lo que la calidad se mantuvo aun cuando hubo un incremento significativo del rendimiento.

1.7. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Hernández J. C., H. Cortez-Madrigal, y I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de tomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.

Black, L.L., D.L.Wu, J.F. Wang, T. Kalb, D. Abbass, J. H. Chen. 2003. Grafting tomatoes for production in the hot-wet season. In: *International Cooperators' Guide*. 03. Asian Vegetable Research and Development Center. i.e., 6 p.

Bonilla-Barrientos, O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal, y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37: 129-139.

De Miguel A. 2009. Evolución del injerto de hortalizas en España. *Horticultura internacional* 72: 10-16.

Estrada-Trejo, V., R. Lobato-Ortiz, G. García-de-los-Santos, G. Carrillo-Castañeda, F. Castillo-González, E. Contreras-Magaña, O. J. Ayala-Garay, M. De la O Olan y A. Artola M. 2014. Diversidad de poblaciones nativas de jitomate para germinación en condiciones Salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:1067-1079.

- Flores-González, D., M. Sandoval-Villa, P. Sánchez-García, P. Ramírez-Vallejo, and M. N. Rodríguez-García, 2012. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of nutrient solution. *Acta Horticulturae* 947:69-76.
- González F. M., A. Hernández, A. Casanova, T. Depestre, L. Gómez y M. G. Rodríguez. 2008. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de Plagas del suelo. *Protección vegetal* 23: 69-74.
- Gur, A. and D. Zamir. 2004. Unused Natural Variation Can Lift Yield Barriers in Plant Breeding. *Plos Biology* 2(10): e245.
- Ibrahim M., M. K. Munira, M.S. Kabir, A. K. M. S. Islam, M. M. U. Miah. 2001. Seed germination and graft compatibility of wild *Solanum* as rootstock of tomato. *Asian Journal of Biological Sciences* 1: 701–703.
- Juárez-López P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos y S. King. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15: 5-9.
- Jung-Myung, L. and O. Masayuki. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews* 28: 61-124.
- Kacjan M. N., and J. Osvald. 2004. The influence of grafting on yield of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta Agriculturae Slovenica* 83: 243-249.

- Khah E.M., E. Kakava, A. Mavromatis, D. Chachalis, C. Goulas. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *Journal of Applied Horticulture* 8: 3–7.
- King S. R., A. R. Davis, X. Zhang, and K. Crosby. 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae* 127: 106–111.
- Lee J. M., y Oda M., 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews* 28: 61–124.
- Martínez C. J. P., A. Antúnez B., L. Fuentes V., L. Salinas P., y A. Ayala R. 2015. Portainjertos en tomate para tolerancia a salinidad y patógenos del suelo. *Horticultura* 32-36.
- Monardes H., Escalona M. V., Alvarado P., Urbina C., Martin A. 2009. Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Nodo Hortícola*: 5-9.
- Oda, M., M. Islam, H. Ikeda, and H. Furukawa. 2003. Initiation and development of flower trusses affected by acclimatizing temperature in grafted tomato plugs. *Environmental Control in Biology* 41:133-139.
- Peralta, I. E. and D. M. Spooner. 2005. Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon*) *Monogr. Syst. Bot., Missouri Bot Gard.* 104: 227- 257.
- Rick C. M. and M. Holle. 1990. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany* 44 (No. 3 Suppl.): 69-78.

- Rivero M., R., J. M. Ruiz, and L. Romero. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food, Agriculture & Environ.* 1(1): 70-74.
- Rodríguez G. R., H. Pereira da Costa, J., R. Pratta, G., R. Zorzoli. y A. Picardi, L. 2013. Recursos Genéticos y Genómicos para Mejorar la Calidad del Fruto en Tomate. *Agromensajes* 35: 30-34.
- Ruiz, J. M., A. Belakbir, I. López-Cantarero, and L. Romero. 1997. Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae* 71: 227-234.
- Sánchez-Peña P., K. Oyama, J. Núñez-Farfán, J. Fornoni, S. Hernández-Verdugo, J. Márquez-Guzmán and J. A. Garzón-Tiznado. 2006. Sources of resistance of whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner G J, Anderson et R. K. Jansen, in Northwestern Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 711-719.
- Sanjuan-Lara, F., P. Ramírez V., P. Sánchez G., M. Sandoval V., M. Livera M., J. C. Carrillo R., y C. Perales S. 2015. Tolerancia de líneas nativas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la salinidad con NaCl. *Interciencia* 40 (10): 704-709.
- Schneider, S. M., E. N. Roskopf, J. G. Leesch, D. O. Chellemi, C. T. Bull, and M. Mazzola. 2003. United States Department of Agriculture—Agricultural Research Service research on alternatives to methyl bromide: pre-plant and post-harvest. *Pest Management Science* 59: 814-826.

- Steiner A. A. 1984. The Universal Nutrient Solution. *In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- Turhan, A., N. Ozmen, M. S. Serbeci and V. Seniz. 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. 38(4): 142–149.
- Velasco-Alvarado M. J., R. Castro-Brindis, A. M. Castillo-González, E. Avitia-García, J. Sahagún-Castellanos y R. Lobato-Ortiz. 2016. Composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*solanum lycopersicum l.*) injertado. *Interciencia* 41(10): 703-708.
- Velasco-Alvarado M. J., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, R. Castro-Brindis, S. Cruz-Izquierdo, T. Corona-Torres and M. K. Moedano-Mariano. 2017. Mexican native tomatoes as rootstocks to increase fruit yield. *Chilean journal of agricultural research* 77(3): 187-193.

1.8. ANEXO: Información complementaria de los cuadros de comparación de medias del Capítulo I.

Cuadro 1.4 Comparación de medias del grupo de portainjertos híbridos de jitomate.

Genotipos	PTF (Kg)	NTF	NFR	PPF (gr)	LF (mm)	AF (mm)	NR	DER (cm)	DF (ddt)	DM (ddt)	DT (mm)	AR1 (cm)	NL	FIR (N)	SST (°Brix)
LOR 82 x LA 2409	7.3a	74.5a	8.4a	116.6a	70.1a	57.1a	9.3a	33.6a	24.8a	89.3a	13.3a	31.4a	2.2a	1.3ab	3.9a
LOR 97 x LA 2409	8.4a	86.6a	8.6a	113.3a	67.9a	55.4a	10.0a	31.9a	26.9a	88.2a	13.4a	29.9a	2.4a	1.3ab	3.6a
LOR 85 x LA 2409	7.0a	77.2a	9.2a	113.3a	70.0a	55.4a	9.8a	32.1a	26.5a	87.1a	14.0a	29.5a	2.4a	1.3ab	3.8a
LOR 103 x LA 2409	8.0a	79.7a	9.1a	116.6a	66.8a	55.6a	10.0a	31.3a	24.9a	85.7a	13.1a	31.4a	2.4a	1.2ab	3.7a
Loreto x LA 1223	6.8a	75.2a	8.8a	110a	66.2a	54.5a	9.7a	34.9a	25.5a	88.7a	12.8a	34.6a	2.6a	1.3ab	3.8a
Cuauhtémoc x LA 1731	6.7a	76.5a	9.1a	116.6a	67.4a	56.4a	9.6a	33.7a	25.0a	92.8a	12.8a	35.0a	2.2a	1.5a	3.6a
Cuauhtémoc x LA 2167	6.8a	75.4a	8.2a	103.3a	67.9a	55.7a	9.8a	33.2a	25.9a	88.1a	12.4a	30.5a	2.5a	1.3ab	3.7a
Reserva x LA 1223	7.2a	79.5a	8.5a	110a	68.7a	56.5a	9.8a	32.4a	25.0a	89.3a	13.1a	31.2a	2.4a	1.2b	3.5a
Loreto x LA 1777	7.7a	79.9a	8.3a	116.6a	67.4a	56.2a	9.8a	33.3a	24.9a	88.4a	12.7a	34.9a	2.6a	1.3ab	3.6a
DHS	2.51	19.76	1.33	25.31	10.24	8.09	1.4	5.25	4.74	9.53	2.3	12.37	0.63	0.3	0.84

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del racimo uno; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

Para la mayoría de las variables para la comparación de medias entre híbridos (Cuadro 1.4) no hubo diferencias estadísticas, excepto para firmeza, en el cual el genotipo Cuauhtémoc x LA 1731 tiene un valor que sobresale, a diferencia de Reserva x LA 1223, que arrojó los valores más bajos para esta variable.

Cuadro 1.5 Comparación de medias del grupo de líneas nativas de jitomate.

Genotipos	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST
	(Kg)			(gr)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)
LOR-100	6.4a	73.2a	8.8a	110a	65.8a	52.9ab	9.9a	34.8a	23.5b	87.8a	12.5a	28.7a	2.5a	1.1a	3.7b
LOR-77	6.5a	71.0a	8.5a	116.6a	67.8a	53.9a	9.8a	34.4a	25.8a	88.2a	12.7a	28.7a	2.4a	1.2a	3.7ab
LOR-95	6.1a	69.5a	8.2a	110a	66.4a	52.3b	9.8a	34.4a	26.5a	87.7a	11.9a	30.5a	2.2a	1.2a	4.2a
DHS	0.63	7.53	2.46	19.4	2.75	1.53	0.28	4.24	2.11	6.73	1.61	2.31	0.61	0.23	0.46

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del racimo uno; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

En líneas nativas (Cuadro 1.5) para la comparación de medias, la mayoría de las variables tuvieron valores estadísticos iguales, a excepción de días a floración, ancho de fruto y sólidos solubles totales. Para el genotipo LOR-100 en días a floración su valor fue estadísticamente diferente en comparación de LOR-77 y LOR 95, los que se encuentran en otro grupo, indicando que son genotipos más tardíos para esta variable. En cuanto a ancho de fruto el genotipo LOR-77 produjo los frutos con mayor tamaño y LOR-95 los de

menor tamaño. La variable de sólidos solubles totales resultó con dos valores estadísticos diferentes para los tres genotipos, LOR-95 con la mayor concentración de °brix, en contraste de LOR-100 que tuvo la menor concentración.

Cuadro 1.6 Comparación de medias del grupo de accesiones de parientes silvestres de jitomate.

Genotipos	PTF (Kg)	NTF	NFR	PPF (gr)	LF (mm)	AF (mm)	NR	DER (cm)	DF (ddt)	DM (ddt)	DT (mm)	AR1 (cm)	NL	FIR (N)	SST (°Brix)
LA 2409	6.4a	75.5a	9.4a	103.3a	66.1a	55.9a	9.2a	33.0a	36.6a	96.1a	13.8a	37.1a	2.3a	1.2a	3.8ab
LA 1223	5.9a	67.5a	8.5a	100a	69.3a	56.6a	9.3a	34.1a	27.6a	95.7a	12.9a	31.7a	2.3a	1.4a	3.8ab
LA 2158	5.2a	65.1a	8.5a	103.3a	66.2a	55.6a	9.3a	34.2a	27.8a	95.3a	13.2a	29.9a	2.4a	1.2a	3.6b
LA 1777	6.0a	75.3a	8.8a	96.6a	66.0a	52.0a	9.8a	31.9a	30.1a	94.5a	13.7a	26.7a	2.0a	1.2a	4.1a
DHS	2.47	20.98	3.09	21	5.77	5.69	0.97	3.02	23.91	12.12	1.99	12.65	0.53	0.35	0.51

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del racimo uno; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

La mayoría de las variables en la comparación de medias de accesiones silvestres (Cuadro 1.6) no fueron estadísticamente diferentes, solo hubo diferencia en sólidos solubles totales, donde el genotipo LA 1777 arrojó el valor estadístico de mayor concentración.

Cuadro 1.7 Comparación de medias del grupo de testigos de jitomate.

Genotipos	PTF (Kg)	NTF	NFR	PPF (gr)	LF (mm)	AF (mm)	NR	DER (cm)	DF (ddt)	DM (ddt)	DT (mm)	AR1 (cm)	NL	FIR (N)	SST (°Brix)
Maxifor	6.7a	73.9a	9.4a	103.3a	69.8a	56.6a	9.4a	33.2a	22.6c	88.6b	13.8a	35.8a	2.4a	1.2a	3.8a
El Cid sin injertar	6.0a	72.0a	8.5a	110a	66.9a	52.9b	9.7a	33.9a	27.1b	89.2b	13.4a	35.2a	2.3a	1.3a	3.9a
El Cid Autoinjertado	5.4a	69.1a	8.8a	103.3a	66.2a	54.6ab	9.6a	34.6a	31.7a	96.9a	13.3a	37.0a	2.5a	1.2a	4.0a
DHS	2.17	15.11	0.96	15.33	6	2.39	0.98	3.52	3.93	5.99	2.3	15.07	0.74	0.37	0.39

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del racimo uno; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta.

Para las medias del grupo de testigos (Cuadro 1.7), la mayoría de las variables no presentaron diferencia estadística alguna, solo días a floración, para la cual los tres genotipos se posicionaron en diferente grupo.

CAPÍTULO II. LÍNEAS ENDOGAMICAS F3 DE UNA CRUZA DE (*S. lycopersicum* x *S. habrochaites*) COMO PORTAINJERTOS DE JITOMATE (*S. lycopersicum* L.)

Alfonso Cortes-Sánchez¹, Ricardo Lobato-Ortiz^{1,*}, J. Jesús García-Zavala¹, Javier Suárez-Espinosa²

¹Programa de Genética. ²Programa de Estadística. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

2.1. RESUMEN

El uso intensivo del suelo para la producción de cultivos en sistemas protegidos ha provocado afectaciones fitosanitarias con patógenos, por lo que se deben buscar alternativas de producción amigables con el medio ambiente. El uso de portainjertos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con resistencia genética a las enfermedades de la raíz puede formar parte de un manejo integrado, en especial para mantener y/o incrementar la calidad y el rendimiento de la fruta. Los portainjertos en jitomate deben cumplir dos requisitos principales: la compatibilidad del portainjerto con el injerto, y que aporte rasgos deseados en el producto final. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar cruzas interespecíficas F3 de una accesión de *S. habrochaites* por una línea élite de tomate cultivado para identificar líneas F3 como portainjertos de tomate. El trabajo se realizó en un invernadero con cubierta de polipropileno blanco y sistema de hidroponía, en Montecillo, Estado de México, durante el

ciclo primavera-verano de 2017. Se evaluaron 17 genotipos, constituidos por los progenitores LA 1223 (*S. habrochaites*) e híbrido comercial ‘Loreto’ línea S5 (*S. lycopersicum*), la cruce interespecífica LA 1223 x ‘Loreto’ línea S5, 11 portainjertos F3 provenientes de la segregación de la generación F2 de la cruce, el portainjerto comercial ‘Maxifort’, y el híbrido “El Cid”, que se usó como vareta, autoinjertado y sin injertar. Se usó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 10 plantas por repetición, y se midieron dieciséis variables agronómicas y de calidad de fruto. El análisis estadístico de los datos permitió identificar genotipos F3 de la cruce LA 1223 x ‘Loreto’ línea S5 como portainjertos con potencial económico, ya que estos mantuvieron características de interés agronómico, como precocidad, rendimiento y calidad de fruto, con respecto al portainjerto testigo ‘Maxifort’. Los genotipos F3 sobresalientes como portainjertos fueron 17207, 17208, 17210, 17211, 17213 y 17214, y constituyen materiales genéticos valiosos para la producción comercial del jitomate.

Palabras clave: *S. lycopersicum*, *S. habrochaites*, calidad, líneas S3, portainjertos interespecíficos, rendimiento.

2.2. ABSTRACT

The intensive use of soil for the production of crops in protected agriculture systems has caused phytosanitary affectations with pathogens, so environmentally friendly production alternatives should be sought. The use of tomato rootstocks (*Solanum lycopersicum* L.) with genetic resistance to root diseases can be part of an integrated pest management, especially to maintain and / or increase the quality and yield of the fruit. The rootstocks in tomato must meet two main requirements: the compatibility of the rootstock with the graft, and that provides desired features in the final product. Therefore, the objective of this study was to

evaluate interspecific F3 crosses of an *S. habrochaites* accession by an elite tomato line cultivated to identify F3 lines as tomato rootstocks. The work was carried out in a greenhouse with white polypropylene cover and hydroponics system, in Montecillo, State of Mexico, during the spring-summer cycle of 2017. Seventeen genotypes were evaluated, consisting of the parents LA 1223 (*S. habrochaites*) and commercial hybrid 'Loreto' line S5 (*S. lycopersicum*), the interspecific cross LA 1223 x 'Loreto' line S5, 11 F3 rootstocks from the segregation of the F2 generation of the cross, the commercial rootstock 'Maxifort', and the hybrid "El Cid", which was used as a scion, autografted and without grafting. A randomized complete blocks design with 3 replications and 10 plants per replication was used, and sixteen agronomic and fruit quality traits were measured. The statistical analysis of the data allowed the identification of outstanding F3 genotypes with potential as rootstocks, which maintained characteristics of agronomic interest, such as precocity, yield and fruit quality, compared to the control rootstock 'Maxifort'. The outstanding F3 genotypes as rootstocks were 17207, 17208, 17210, 17211, 17213, and 17214, and they constitute valuable genetic materials for the commercial production of tomato.

Key words: interspecific rootstocks, quality, S3 lines, *S. lycopersicum*, *S. habrochaites*, yield.

2.3. INTRODUCCIÓN

La producción intensiva de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en sistemas protegidos ha provocado afectaciones fitosanitarias con los patógenos del suelo (González *et al.*, 2008), que en muchos casos limitan la continuación del cultivo. En el pasado, una manera de hacer posible el desarrollo de la siembra era por la desinfección, mayoritariamente con Bromuro de

Metilo (Hoyos, 2007); sin embargo, a consecuencia de su prohibición, es necesario buscar otras alternativas más amigables con el medio ambiente, como lo es el uso de la resistencia genética combinada con el manejo integrado, en especial el uso de portainjertos resistentes a las enfermedades de la raíz (Báez–Valdez *et al.*, 2010) y que a su vez proporcionen estabilidad y/o incremento en la calidad y el rendimiento de la fruta (Khah *et al.*, 2006).

El uso de plántulas injertadas en jitomate se ha desarrollado y fomentado para inducir resistencia a las enfermedades (Pharand *et al.*, 2002), tolerancia a sequías en el suelo, a altas y bajas temperaturas (Godoy y Castellanos, 2009), a la salinidad, incrementar el vigor de planta, obtener mejoras en el rendimiento y calidad de fruto (Khaled *et al.*, 2006), así como maximizar la absorción de minerales y la eficiencia en la fertilización (El-Shraiy *et al.*, 2011; Voutsela *et al.*, 2012).

En la última década, la adopción de la técnica de injerto de plántulas en el sector de hortalizas ha sido muy significativa. La técnica ha demostrado ser particularmente exitosa en sandías cultivadas en el campo, también se está utilizando cada vez más en los tomates, donde combinado con la solarización da excelentes resultados; y en berenjena, que ha comenzado a expandirse más recientemente cuando se introdujeron portainjertos adecuados (Yilmaz *et al.*, 2007).

El empleo de portainjertos resistentes a problemas del suelo se presenta entonces como una de las opciones con mayores posibilidades (Hoyos, 2007), junto con numerosas alternativas no químicas de manejo, que han sido empleadas con éxito en el mundo en este tipo de plantaciones, entre las que se encuentran la biofumigación (Cuadra *et al.*, 2008), solarización,

acolchados plásticos, vapor de agua, cultivo sin suelo, junto a otras prácticas culturales como rotación de cultivos (Bello *et al.*, 2003), barbecho, cultivos trampa, control biológico (Cuadra *et al.*, 2000) y empleo de genotipos resistentes (Gonzales *et al.*, 2008).

La utilización de portainjertos en plantas herbáceas comenzó en Asia a finales de la década de 1920 para prevenir fusariosis, injertando sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum y Nakai] en calabaza [*Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poir] (King *et al.*, 2010). A nivel mundial, el interés general de esta técnica se basa en la búsqueda y siembra de portainjertos interespecíficos de origen silvestre, resistentes a determinados patógenos del suelo Martínez (com. pers., 2015).

La técnica del portainjerto es el resultado de la unión de dos plantas afines (portainjerto + variedad) a través de la técnica del empalme (Ricárdez y Camacho, 2009; Velasco-Alvarado *et al.*, 2017), permitiendo cultivar especies sensibles a ciertos patógenos, sobre suelos infestados, utilizando el sistema radicular de una planta resistente a enfermedades, tolerante a estrés abióticos, vigor, y que incremente la producción, precocidad o mejore la calidad de los frutos, y en la parte aérea se injerta una planta comercialmente productiva (Kauil-Chi *et al.*, 2012).

En Italia, Francia y España, el cultivo del tomate se había injertado sobre híbridos intraespecíficos de *Solanum Lycopersicum* L. y de *Solanum pimpinellifolium* L. (Pirivitera, 1999), pero ahora recientemente los más utilizados son los híbridos de tomate interespecíficos de (*S. lycopersicon* × *S. habrochaites* S. Knapp y DM Spooner) (Black *et al.*, 2003), y que como un plus mejoran la calidad y el rendimiento de la fruta (Velasco-Alvarado *et al.*, 2017).

Aun cuando los beneficios del uso de plantas injertadas son numerosos, la técnica es poco atractiva para los pequeños productores debido a su alto costo (Rysin *et al.*, 2015). El portainjerto, que es principalmente la generación F1 de cruza interespecíficas entre *S. lycopersicum* L. y *S. habrochaites* S. Knapp y DM Spooner (King *et al.*, 2010), puede mantener una baja depresión o no expresar endogamia, como lo consideran algunos investigadores, ya que en especies autógamas como el tomate, esta no se expresa en igual magnitud que en especies alógamas (Espinosa y Ligarreto, 2005; Foolad, 2007), y de esta manera se puede utilizar semilla de las generaciones F2 o F3 derivada de buenos híbridos, bajo el supuesto de que el vigor de ambas generaciones es similar al de la F1 (De Miranda y Anderson, 2001).

Debido a que se tiene que aprovechar el germoplasma disponible en el país y a que en el Programa de Mejoramiento Genético de Jitomate del Colegio de Postgraduados, a cargo del Dr. Ricardo Lobato Ortiz, se cuenta con una línea de investigación de derivación de generaciones avanzadas de una cruce entre *S. lycopersicum* L. y *S. habrochaites* para su uso como portainjertos de jitomate comercial, el objetivo de este estudio fue identificar líneas F3 sobresalientes como portainjertos de tomate, originadas de una cruce interespecífica entre una accesión de *S. habrochaites* y una línea élite de tomate cultivado *S. lycopersicum* L.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en un invernadero con cubierta de polipropileno blanco y sistema de hidroponía, en Montecillo, Estado de México (19° 30' N y 98° 53' O, a una altitud de 2250 m), durante el ciclo primavera-verano del año 2017.

Se evaluaron 17 genotipos, constituidos por los progenitores LA 1223 (*S. habrochaites*) e híbrido comercial ‘Loreto’ línea S5 (*S. lycopersicum*), la cruce interespecífica LA 1223 x ‘Loreto’ línea S5, 11 portainjertos F3 provenientes de la segregación de la generación F2 de la cruce, seleccionados con base en la mayor cantidad de semilla producida, el portainjerto comercial ‘Maxifort’, y el híbrido “El Cid”, que se usó como vareta, autoinjertado y sin injertar. Los genotipos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones, con 10 plantas por repetición.

Las semillas del híbrido “El Cid”, usado como púa, se sembraron el 31 de marzo del año 2017 y posteriormente, con dos días de diferencia, se sembraron los portainjertos en charolas de polietileno de 128 cavidades con la mezcla comercial de Peat Moss® como sustrato. El injerto se llevó a cabo mediante el método de corte y empalme (Lee, 1994) a los 40 días después de la siembra, en plántulas con diámetro del tallo entre 1.8, y 2.2 mm y con cuatro hojas completamente expandidas. Las plántulas injertadas se colocaron durante 10 días en una cámara de acondicionamiento (4 m de largo, 3 m de ancho y 2.5 m de alto); en este periodo se mantuvo una temperatura de 25 - 30 °C, 90 % de HR y una densidad de flujo fotónico de 111 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, como lo mencionan Velasco-Alvarado *et al.* (2016), y 10 días después se trasplantaron (ddt) en bolsas de polietileno de color negro de 40 x 40 cm con capacidad de 12 L, llenas con tezontle rojo fino (arenilla) como sustrato, a una densidad de 25,000 plantas ha¹. Durante el primer mes posterior al trasplante (estado vegetativo), se aplicó la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984) a una concentración de 50 %, y al inicio de floración la concentración se incrementó a 100 %. El pH de la solución se mantuvo entre 5.5 y 6.0. Durante el ciclo de cultivo se realizaron aplicaciones preventivas de fungicidas e insecticidas. Para evitar el daño por tizones, se aplicaron productos como Captan® (captan) y Cupravit® (oxicloruro de cobre); para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) se aplicó

Confidor® (imidacloprid), Beleaf® (flonicamid), y Ampligo® (lambda cyalotrina y clorantraniliprol); y para controlar damping off (*Phythium*) se aplicó Ridomil Gold® Bravo SC (metalaxil y clorotalonil), Previcur® (propamocarb clorhidrato) e Interguzan 30-30® (quintozeno y thiram).

En cada planta se registraron los días a floración y a maduración, contabilizados desde la fecha del trasplante hasta la antesis en la primera flor (DF) y hasta que el color de la fruta cambió de verde a rojo en el primer racimo (DM), respectivamente. Cuando la planta tenía 108 días después del trasplante (ddt), se realizó el despunte y se midieron las variables: diámetro del tallo (DT), con un vernier digital (Mitutoyo, Aurora, Illinois, EE. UU.) a 1.0 m de altura de la planta; el número de frutos del tercer racimo (NFR); la altura al primer racimo (AR1, cm); la distancia (cm) entre racimos, tomada del tercer al quinto racimo y dividida entre dos (DER); y el número de racimos por planta (NR). A partir de una muestra de cinco frutos por planta se obtuvo el peso promedio de fruto (PPF, g) en el primer corte. Se efectuaron cuatro cortes, y en cada uno se contó el número de frutos por planta y el rendimiento (kg) para obtener los totales (NTF, PTF, respectivamente) por planta. Además, en los dos primeros frutos maduros de cada planta del tercer racimo se midió la firmeza del fruto (FIR), con un medidor de fuerza universal (Force Five, modelo VSF-30, Wagner Instruments, Greenwich, Connecticut, EE. UU.), con un cabezal de émbolo de 0.8 mm. En los dos primeros frutos maduros del tercer racimo se contabilizó el número de lóculos (NL) por fruto y se midió el contenido total de sólidos solubles (SST) por fruto; este se midió mediante un refractómetro digital (marca PA 1, Atago, Tokio, Japón), así como la longitud (LF) y el ancho promedio de fruto (AF) en mm. Finalmente, se registró la materia seca de raíz (MSR); para esto se extrajeron seis raíces por genotipo de las bolsas de polietileno, se cortaron en la base del tallo, se lavaron con abundante agua retirando todo lo que no fuera parte de la raíz, se dejaron a la

intemperie por 6 horas para secar el exceso de agua y se colocaron dentro de bolsas de papel, posteriormente se llevaron a una estufa de sacado por 72 horas, la cual mantuvo una temperatura de 64° C, se retiraron y se registró el peso promedio por genotipo.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el procedimiento del Modelo Lineal General (GLM) (SAS Institute Inc., 2002). Se aplicó un ANOVA general con los genotipos como fuente de variación y un ANOVA por grupos, en donde los genotipos se dividieron en tres grupos (Grupo 1: Progenitores, Grupo 2: Generaciones F1 y F3, Grupo 3: Testigos). La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para la discusión de resultados se consideró que las dieciséis variables evaluadas componen tres parámetros principales: precocidad a cosecha, calidad y rendimiento de fruto.

2.5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para los diecisiete genotipos evaluados (Cuadro 2.1) detectó diferencias significativas entre ellos para nueve de las 16 variables medidas, siendo las principales cuatro de rendimiento (PTF, NTF, PPF, LF) y dos de precocidad (DF y DM); diámetro de tallo, altura al primer racimo, y materia seca de raíz también tuvieron diferencias entre genotipos. Estos resultados indican que hubo diferencias en precocidad, productividad, vigor y en la distancia entre los racimos, por lo que entre los genotipos alguno sobresalió con mayor desarrollo y productividad, lo que se relaciona al tener un portainjerto vigoroso con el incremento de acumulación foliar y rendimiento (Peil, 2003). Entre los progenitores, hubo significancia para siete del total de las variables, siendo la precocidad, compuesta por días a floración y maduración, la calidad en concentración de sólidos solubles totales, y el rendimiento junto con número total de frutos, peso promedio de frutos, numero de racimos y

altura al primer racimo las características que ocasionaron el contraste entre los padres. Entre la generación F1 y la F3, solo hubo diferencia para cinco variables, las cuales se relacionan principalmente con rendimiento y materia seca de raíz. Los testigos fue el grupo que arrojó significancia en el menor número de variables, pues estos fueron contrastantes únicamente en los días a floración, sólidos solubles totales, y en el número y peso total de frutos. El análisis entre los grupos (progenitores, generaciones, y testigos) indica que estos fueron diferentes en cinco variables, las dos que componen precocidad, firmeza para calidad de fruto y DER, así como AR1, lo que indica que tanto entre genotipos como entre grupos, uno de ellos afecta la precocidad, la calidad y puede alargar o acortar la distancia entre los racimos.

Cuadro 2.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para 16 variables de 17 genotipos de jitomate y grupos.

F.V.	GL	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST	MSR
		(Kg)			(g)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)	(g)
Repetición	2	1.08	62.13	0.58	2.42.6*	0.18	8.26	0.03	18.24**	3.29	27.08	0.78	40.67*	0.08	0.05	2.6**	0.33
Genotipos	16	1.85**	90.51**	0.52	77.45	6.59*	4.44	0.07*	2.21	19.13**	32.49**	1.53**	36.01**	0.04	0.03	0.29	12.16**
Progenitores	1	3.12	100.61*	0.15	48.16*	0.39	0.16	0.10*	0.60	3.82*	41.60*	3.21	50.63*	0.001	0.04	1.64*	2.14
Gens. F1 y F3	11	1.17*	46.50	0.55	87.36	8.62*	4.91	0.04	1.30	4.43	8.60	1.45**	26.63**	0.03	0.02	0.08	12.44*
Testigos	2	6.79**	399.72*	0.53	110.11	1.98	0.27	0.25	3.54	57.70*	133.76	1.39	32.30	0.15	0.005	0.67**	9.57
Entr. Grup.	2	0.03	18.32	0.51	4.95	3.14	8.17	0.08	6.67*	69.12**	58.07*	1.24	84.05**	0.005	0.07*	0.40	18.25
Error	34	0.49	24.92	0.5	64.19	3.01	2.54	0.03	2.31	2.56	8.72	0.43	7.78	0.05	0.02	0.17	3.15
C. V. (%)		10.84	6.63	7.99	7.32	2.54	2.81	2.0	4.82	6.77	3.34	5.09	8.80	9.59	12.80	9.71	21.97

FV=Fuentes de variación; GL=Grados de libertad; Gens. F1 y F3=Generaciones F1 y F3; Ent. Gru.=Entre Grupos; CV=Coefficiente de variación; *, **=significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del primer racimo; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta; MSR=Materia seca de raíz.

La comparación de medias entre genotipos (Cuadro 2.2) indica que en precocidad, es decir, número de días a floración y a la maduración de fruto, el testigo sin injertar fue el genotipo con menor número de días en comparación de las plantas injertadas; esto lo confirman Oda *et al.* (2003) y Velasco-Alvarado *et al.* (2016), quienes reportan el retraso de la maduración debido a efectos de la temperatura y luminosidad así como el tiempo de recuperación del sistema vascular en el injerto; aunque cabe resaltar que la mayoría de los portainjertos F3 se comportaron estadísticamente igual al testigo no injertado, lo que es interesante para mantener la precocidad de la vareta o, de ser el caso contrario, en tener el interés de alguno que sea tardío, para esto se puede trabajar con los portainjertos 17201, 17203, 17209 y 17212, ya que estos mantuvieron los componentes principales de rendimiento (número y peso total de fruto) en el mismo grupo estadístico que el testigo ‘Maxifort’. En cuanto a calidad de fruto, no hubo diferencias estadísticas en ninguno de los genotipos, lo cual también es interesante, pues se mantuvo la calidad de los testigos en los portainjertos. Para la variable de materia seca de raíz, los resultados de este trabajo coincidieron con lo encontrado por Myung (2003), quien en su trabajo menciona que la mayoría de los portainjertos de origen silvestre tienen sistemas radiculares más vigorosos y robustos, y en este trabajo se encontró diferencia estadística entre los portainjertos, teniendo los valores más altos el progenitor de origen silvestre, el híbrido F1 y la mayoría de los genotipos F3, lo cual contrasta con los valores del progenitor híbrido ‘Loreto’ y del testigo no injertado y autoinjertado, los cuales no tienen relación con un material de origen silvestre.

Cuadro 2.2. Comparación de medias de 16 variables evaluadas en diecisiete genotipos de jitomate.

Genotipos	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST	MSR
	(Kg)			(g)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)	(g)
LA 1223 (S. <i>habrochaites</i>)	7.1abc	77.8abc	9.3a	113a	67.15ab	56.4a	9.7a	30.1a	28.5a	94.7a	14.1a	38.3a	2.3a	1.1a	3.5a	7.96ab
Loreto (S 5)	5.6bc	69.7bc	9.0a	107.3a	67.66ab	56.7a	9.5a	30.8a	26.9ab	89.5ab	12.6abc	32.5abc	2.3a	1.3a	4.6a	6.49b
Loreto x LA 1223 (F1)	7.8ab	82.5ab	9a	115.6a	69.91a	58.1a	9.8a	31.7a	24.6abc	90.6ab	13.4abc	34.2abc	2.5a	1.2a	4.2a	11.05ab
Loreto x LA 1223 (F3) 16120-27	6.0abc	73.6abc	8.1a	107.3a	67.61ab	56.7a	9.7a	30.9a	23.6abc	89.6ab	12.4abc	30.7abc	2.3a	1.1a	4.4a	9.47ab
Loreto x LA 1223 (F3) 16120-30	5.7bc	75.6abc	8.8a	100.3a	64.39b	53.3a	9.8a	30.2a	23bc	85.6bc	12.0bc	28.3bc	2.4a	1.0a	4.5a	8.04ab
Loreto x LA 1223 (F3) 16120-31	6.4abc	75.0abc	8.7a	101.6a	70.06a	56.3a	9.8a	31.2a	21.8c	87.4abc	12.8abc	27.9bc	2.2a	1.2a	4.4a	14.18a
Loreto x LA 1223 (F3) 16120-34	5.9abc	72.0abc	8.6a	109.3a	67.22ab	56.0a	9.6a	31.8a	23.1bc	87.4abc	12.9abc	32.8abc	2.2a	1.0a	4.4a	5.37b
Loreto x LA 1223 (F3) 16120-38	6.5abc	73.3abc	9.8a	115.3a	68.63ab	55.3a	9.5a	30.8a	25.1abc	89.9ab	13.7ab	35.1abc	2.4a	1.0a	4.3a	8.7ab
Loreto x LA 1223 (F3) 16120-40	6.7abc	79.8ab	9.0a	106a	67.73ab	54.8a	9.9a	31.5a	21.5dc	85.0bc	12.9abc	28.1bc	2.2a	1.0a	4.5a	7.85ab
Loreto x LA 1223	6.9abc	78.3ab	8.7a	113.3a	69.23ab	56.9a	9.9a	32.2a	23.3bc	87.8abc	12.8abc	28.0bc	2.3a	1.1a	4.2a	9.06ab

(F3) 16120-5B

Loreto x LA 1223

(F3) 16120-74

Loreto x LA 1223

(F3) 16120-82

Loreto x LA 1223

(F3) 16120-83

Loreto x LA 1223

(F3) 16120-95

'Maxifort'

'EL CID' Sin

injertar

'EL CID'

Autoinjertado

DHS

7.0abc	77.7abc	9.4a	115.6a	70.36a	57.4a	10a	31.4a	24.5abc	88.8ab	13.8ab	27.2c	2.5a	1.2a	4.0a	5.65b
6.7abc	75.5abc	9.0a	113a	69.96a	57.2a	9.8a	32.3a	22.0bc	87.1abc	13.6ab	33.4abc	2.4a	1.2a	4.3a	10.33ab
6.5abc	78.3ab	8.7a	106.3a	69.21ab	56.1a	9.8a	30.8a	23.2bc	88.3abc	13.2abc	32.9abc	2.2a	1.0a	4.4a	5.905b
5.6c	67.6bc	8.5a	106a	67.71ab	56.5a	9.8a	32.3a	24.9abc	86.8abc	11.4c	27.5c	2.2a	0.9a	4.6a	9.11ab
8.0a	86.0a	9.0a	115a	69.14ab	57.4a	10a	31.2a	23.8abc	87.8abc	13.3abc	30.0abc	2.1a	1.1a	3.9a	8.465ab
6.5abc	73.0abc	8.1a	112a	67.63ab	57.8a	9.8a	33.3a	16.6d	79.5c	12.3abc	34.7abc	2.3a	1.2a	4.6a	5.68b
5.0c	63.0c	8.7a	103.3a	67.86ab	57.9a	9.4a	32.6a	24.5abc	92.7ab	12.0bc	36.3ab	2.6a	1.1a	3.7a	4.15b
2.15	15.27	2.17	24.51	5.31	4.87	0.59	4.65	4.89	9.03	2.01	8.53	0.69	0.44	1.28	7.19

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del primer racimo; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de un fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta; MSR=Materia seca de raíz.

En la comparación de medias de los genotipos F1 y F3 (Cuadro 2.3), no hubo diferencias estadísticas para las variables de precocidad y calidad de fruto, los genotipos 17212 y 17215 tuvieron los mejores resultados al reducir la altura del primer racimo, y en cuanto a los resultados en general, el genotipo 17203 obtuvo los mejores valores para la mayoría de las variables que componen el rendimiento de fruto. Aun así, la mayoría de los portainjertos F3 en esta comparación de medias se mantienen dentro del mismo grupo estadístico, arrojando valores similares a los de la F1, por lo cual tienen el potencial de ser utilizados como portainjertos, mencionado así por Velasco-Alvarado *et al.* (2017), quienes identificaron genotipos con posibilidades para este uso manteniendo esas características. Además, la mayoría de los portainjertos F3 se mantuvieron en el mismo grupo estadístico en la mayoría de las variables con respecto al genotipo F1, lo cual puede esperarse que sea así, debido a la baja o nula depresión por endogamia que se tiene en jitomate como planta autógama (Espinosa y Ligarreto, 2005), lo que los posiciona para ser usados por el productor para abaratar sus costos de producción.

Cuadro 2.3. Comparación de medias de 16 variables de los genotipos F1 y F3 de una cruce de jitomate (*S. habrochaites* x *S. lycopersicum*).

Gens.	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST	MSR
	(Kg)			(g)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)	(g)
Loreto x LA 1223 (F1)	7.81a	82.5a	9.0a	115.6a	69.91ab	58.1a	9.8a	31.7a	24.7a	90.7a	13.4a	34.23ab	2.5a	1.25a	4.2a	11.05ab
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-27	7.02ab	73.6ab	8.1a	107.3a	67.61ab	56.75ab	9.7a	30.96a	23.7a	89.7a	12.4ab	30.79ab	2.3a	1.19a	4.4a	9.475ab
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-30	6.97ab	75.6ab	8.8a	100.3a	64.39b	53.32b	9.8a	30.26a	23.1a	85.7a	12.0ab	28.31ab	2.4a	1.01a	4.5a	8.04ab
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-31	6.79ab	75.0ab	8.7a	101.6a	70.06a	56.39ab	9.8a	31.2a	25.1a	87.4a	12.8ab	27.93ab	2.3a	1.2a	4.4a	14.18a
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-34	6.75ab	72.0ab	8.6a	109.3a	67.22ab	56.06ab	9.6a	31.86a	23.3a	87.4a	12.9ab	32.84ab	2.2a	1.00a	4.4a	5.375b
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-38	6.59ab	73.3ab	9.8a	115.3a	68.63ab	55.33ab	9.5a	30.86a	24.5a	89.9a	13.7a	35.15a	2.4a	1.04a	4.3a	8.7ab
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-40	6.56ab	79.8ab	9.0a	106a	67.73ab	54.83ab	9.9a	31.5a	23.3a	85.0a	12.9ab	28.16ab	2.2a	1.07a	4.5a	7.85ab
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-5B	6.44ab	78.3ab	8.7a	113.3a	69.23ab	56.90ab	9.9a	32.23a	24.9a	87.9a	12.8ab	28.08ab	2.3a	1.13a	4.2a	9.06ab
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-74	6.00ab	77.7ab	9.4a	115.6a	70.36a	57.43ab	10a	31.43a	24.7a	88.8a	13.8a	27.24b	2.5a	1.2a	4.0a	5.65b
Loreto x LA 1223 (F3)																
16120-82	5.96ab	75.5ab	9.0a	113a	69.96ab	57.24ab	9.8a	32.33a	23.7a	87.1a	13.6a	33.44ab	2.4a	1.23a	4.3a	10.335ab
Loreto x LA 1223 (F3)	5.7ab	78.3ab	8.7a	106.3a	69.21ab	56.15ab	9.8a	30.86a	23.1a	88.3a	13.2ab	32.93ab	2.2a	1.06a	4.4a	5.905b

16120-83

Loreto x LA 1223 (F3)

16120-95

DHS

5.63b	67.6b	8.5a	106a	67.71ab	56.53ab	9.8a	32.33a	25.1a	86.8a	11.4b	27.55b	2.2a	0.96a	4.6a	9.11ab
2.13	14.31	2.06	23.67	5.59	4.64	0.64	4.70	4.90	8.04	1.80	7.49	0.65	0.39	1.27	7.74

Gens. F1 y F3=Generaciones F1 y F3; DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del primer racimo; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de un fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta; MSR=Materia seca de raíz.

Los genotipos se clasificaron con base en características similares para formar tres grupos (Cuadro 2.4); en la comparación de medias entre ellos para las 16 variables, los tres grupos se comportaron de una manera similar en cuanto a resultados generales, el grupo de las generaciones F1 y F3 redujeron la altura al primer racimo y los días a floración y maduración, tal como lo mencionan Godoy *et al.* (2009), quienes en su estudio no encontraron incremento en el rendimiento pero sí una mayor precocidad a maduración de frutos, como sucedió en el presente trabajo comparando los genotipos con los testigos. Para la variable distancia entre racimos, tanto los grupos de los progenitores como el de generaciones F1 y F3 redujeron esta distancia en comparación con los testigos. En cuanto al resto de las variables todos los genotipos se comportaron estadísticamente iguales.

Cuadro 2.4. Comparación de medias de 16 variables de grupos de portainjertos de jitomate.

Grupos	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST	MSR
	(Kg)			(g)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)	(g)
Progenitores	6.41a	73.7a	9.17a	110.1a	67.40a	56.58a	9.6a	30.48b	27.7a	92.1a	13.41a	35.42a	2.3a	1.27a	4.1a	7.22a
Gens. F1 y F3	6.52a	75.8a	8.91a	109.1a	68.50a	56.25a	9.8a	31.46ab	23.4b	87.8b	12.95a	33.75ab	2.3a	1.11a	4.3a	8.72a
Testigos	6.51a	74.0a	8.64a	110.1a	68.21a	57.76a	9.7a	32.38a	21.6b	86.7b	12.58a	30.55b	2.4a	1.19a	4.1a	6.09a
DHS	1.08	7.57	0.78	9.81	2.25	1.88	0.24	1.57	2.54	4.21	0.96	4.13	0.24	0.16	0.49	6.54

Gens. F1 y F3=Generaciones F1 y F3; DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del primer racimo; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de un fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta; MSR=Materia seca de raíz.

2.6. CONCLUSIONES

Se identificaron genotipos F3 de la cruce (*S. habrochaites* x *S. lycopersicum*) sobresalientes como portainjertos de jitomate que mantuvieron las características de interés agronómico (precocidad, rendimiento y calidad de fruto) con respecto al portainjerto testigo ‘Maxifort’, los cuales fueron 17207, 17208, 17210, 17211, 17213 y 17214. Estos genotipos constituyen materiales genéticos valiosos para la producción comercial de jitomate.

2.7. BIBLIOGRAFÍA

- Báez–Valdez E. P., J. A. Carrillo–Fasio, M. A. Báez–Sañudo, R. S. García–Estrada, J. B. Valdez–Torres y R. Contreras–Martínez. 2010. Uso de Portainjertos Resistentes para el Control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de Malla Sombra Revista mexicana de fitopatología. 28 (2): 111-122.
- Bello A, López JA, Díaz Luisa, Tello J. Los patosistemas agrarios Mediterráneos como sistemas supresivos de gestión en protección de cultivos. 2003. Consultada: 9 mayo 2018. Disponible en: <http://www.aecientificos.es/empresas/aecientificos/intereshtml/sistagrarios/patosistemas.htm>
- Black, L.L., Wu, D.L., Wang, J.F., Kalb, T., Abbass, D., Chen, J.H., 2003. Grafting tomatoes for production in the hot-wet season. In: International Cooperators' Guide. Asian Vegetable Research and Development Center.
- Cuadra R., Cruz, X. y Fajardo, J. L. (2000): Los cultivos de ciclo corto como plantas trampa de los nemátodos de las agallas. *Nematropica*. 30: 241-246.
- Cuadra, R., J. Ortega, O.L. Morfi, L. Soto, María de los A. Zayas y E. Perera. 2008. Efecto de los medios biológicos trífesol y nemacid sobre los nematodos de las agallas en la producción protegida de hortalizas. Revista protección vegetal 23 (1): 59-62.
- De Miranda P. C., y M. L. Anderson (2001) La complejidad de los materiales híbridos. USA. Seed News. Año XV N. 6. Disponible en:

http://www.seednews.inf.br/_html/site_es/content/reportagem_capa/index.php?edicao=60 (Julio 2013)

- El-Shraiy AM, Mostafa MA, Zaghlool SA, Shehata SAM (2011) Alleviation of salt injury of cucumber plant by grafting onto salt tolerance rootstock. *Aus. J. Bas. Appl. Sci.* 5: 1414-1423.
- Espinosa N., y G. A. Ligarreto. 2005. Evaluación de la habilidad combinatoria y heterosis de siete progenitores de arveja *Pisum sativum* L. *Agronomía Colombiana* 23(2): 197-206.
- Foolad, R. M. (2007) Genome mapping and molecular breeding of tomato. *Int. J. Plant Genomics* 2007:1-52.
- Godoy, H. H., y Castellanos, J. 2009. El injerto en tomate. In: *Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. Celaya, Guanajuato, México. Ed. Intagri. 458p.
- Godoy, H. H., Castellanos, R. J. Z., Alcántar, G.G., Sandoval, V. M., and Muños, R. J. J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana* 27:1-11.
- González, F. M., A. Hernández, A. Casanova, T. Depestre, L. Gómez y M. G. Rodríguez. 2008. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. 23 (2): 69-74.
- Heuvelink, E. and R. P.M. Buiskool. 1995. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. *Ann. Bot.* 75: 381-389.
- Hoyos P. 2007. Situación del injerto en Horticultura en España: especies, zona de producción de plantas, portainjertos. *Industria Hortícola* 199: 12-25.
- Kauil-chi V., Rodríguez-Mendiola M. A., Ávila-Miranda M. E. & Arias-Castro C. 2012. Caracterización del potencial de vigor de genotipos silvestres de tomate (*Lycopersicon* spp.). *Gayana Botanica*. 69: 55-65.

- Khah, E.M., E. Kakava, A. Mavromatis, D. Chachalis and C. Goulas. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *Journal of Applied Horticulture* 8 (1): 3-7.
- Khaled, H., Mejda, D. R., Hayfa, J. K., and Mohamed, E. M. 2006. Control of fusarium crown and root rot of tomato, Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* by Grafting onto Resistant Rootstocks. *Plant Pathology Journal* 5:161–165.
- King, S. R., A. R. Davis, X. Zhang and K. Crosby (2010) Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae* 127: 106-111.
- Lee, J. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience* 29:235-239.
- Martínez C., J., P., A. Antúnez B., L. Fuentes V., L. Salinas P., y A. Ayala R. 2015. Portainjertos en tomate para tolerancia a salinidad y patógenos del suelo. *Horticultura* 32-36.
- Myung L. J. 2003. Advances in Vegetable Grafting. *Chronica Horticulturae* 43 (2): 13-19.
- Oda, M., Islam, M., Ikeda, H., and Furukawa, H. 2003. Initiation and development of flower trusses affected by acclimatizing temperature in grafted tomato plugs. *Environmental Control in Biology* 41:133-139.
- Peil, R. M. 2003. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. *Ciência Rural* 33(6): 1169-1177. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000600028>
- Pharand, B., O. y N. Carisse Benhamou, 2002. Aspectos citológico de la resistencia inducida de compost mediada contra *Fusarium corona* y pudrición de la raíz en el tomate. *Fitopatología*, 92: 424-438.
- Privitera Rosario, Siviero P. 1999. La tecnica dell'innesto erbáceo sul pomodoro. *L'Informatore Agrario*. 44:39-42.

- Ricárdez S. M., y Camacho F. F. 2009. El injerto en el cultivo de tomate como alternativa al uso del bromuro de metilo. SEMARNAT, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. A través de: ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 1-54.
- Rysin, O., Rivard, C., and Louws, F.J. 2015. Is vegetable grafting economically viable in the United States: evidence from four different tomato production systems. *Acta Horticulturae* 1086: 79-86.
- Velasco-Alvarado M. J., R. Castro-Brindis, A. M. Castillo-González, E. Avitia-García, J. Sahagún-Castellanos y R. Lobato-Ortiz. 2016. Composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertado. *Interciencia* 41(10): 703-708.
- Velasco-Alvarado M. J., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, R. Castro-Brindis, S. Cruz-Izquierdo, T. Corona-Torres and M. K. Moedano-Mariano. 2017. Mexican native tomatoes as rootstocks to increase fruit yield. *Chilean journal of agricultural research* 77(3): 187-193.
- Velasco-Alvarado M. J., R. Castro-Brindis, E. Avitia-García, A. M. Castillo-González, J. Sahagún-Castellanos y R. Lobato-Ortiz. 2017. Proceso de unión del injerto de empalme en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(5): 1051-105.
- Voutsela S, Yarsi G, Petropoulos SA, Khan E (2012) The effect of grafting of five different rootstocks on plant growth and yield of tomato plant cultivated outdoors and indoors under salinity stress. *Afr. J. Agric. Res.* 7(41): 5553-5557.

Yılmaz, S., Gocmen, M., Ünlü, A., Aydınsakir, K., Baysal, O., Kuzgun, M., Celikyurt, M. A., Sayın, B. and Çelik, İ. (2007). Grafting as an Alternative to Methyl Bromide in vegetable production in Turkey. First Progress Report, 2007. Antalya, Turkey.

2.8. ANEXO: Información complementaria de los Cuadros de comparación de medias del Capítulo II.

Cuadro 2.5 Comparación de medias de los dos progenitores de jitomate usados como portainjertos.

Progenitores	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST	MSR
	(Kg)			(gr)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)	(gr)
LA 1223 (S. habrochaites)	7.13a	77.89a	9.3a	0.113a	67.15a	56.41a	9.7a	30.1a	28.5a	94.7a	14.14a	38.33a	2.3a	1.19a	3.58b	7.96a
Loreto (S 5)	5.69a	69.70b	9.0a	0.107.3b	67.66a	56.74a	9.5b	30.8a	26.9b	89.5b	12.68a	32.52b	2.3a	1.36a	4.63a	6.49a
DHS	2.18	6.23	3.98	5.17	5.92	5.29	0.16	2.91	1.14	5.21	3.16	4.32	1.34	0.56	0.85	2.85

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del primer racimo; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de un fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta; MSR=Materia seca de raíz.

Para los días a floración y maduración del fruto, (Cuadro 2.6) hubo diferencias estadísticas en la comparación de medias de los testigos, siendo el genotipo sin injertar el más precoz y este mismo fue el que tuvo el valor más alto en la concentración de sólidos

solubles totales; en cuanto a los componentes de rendimiento en peso y número total de frutos, el testigo (Maxifort) fue el mejor, al colocarse en un grupo estadístico diferente.

Cuadro 2.6 Comparación de medias de 16 variables entre testigos de jitomate.

Testigos	PTF	NTF	NFR	PPF	LF	AF	NR	DER	DF	DM	DT	AR1	NL	FIR	SST	MSR
	(Kg)			(gr)	(mm)	(mm)		(cm)	(ddt)	(ddt)	(mm)	(cm)		(N)	(°Brix)	(gr)
Maxifort	8.02a	86.0a	9.0a	115a	69.1a	57.42a	10a	31.2a	23.8a	87.8ab	13.35a	30.0a	2.1a	1.15a	3.9b	8.46a
EL CID Sin injertar	6.52b	73.0ab	8.1a	112a	67.6a	57.89a	9.8a	33.3a	16.6b	79.5b	12.34a	34.7a	2.3a	1.24a	4.6a	5.68a
EL CID Autoinjertado	5.01c	63.0b	8.7a	103.3a	67.8a	57.97a	9.4a	32.6a	24.5a	92.7a	12.06a	36.3a	2.6a	1.18a	3.7b	4.15a
DHS	1.42	17.10	1.86	23.27	4.12	6.20	0.62	4.56	5.23	13.10	2.41	10.71	0.53	0.21	0.55	4.47

DHS=Diferencia Honesta Significativa; Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF=Días a floración del primer racimo; DM=Días a maduración del primer racimo; NFR=Número de frutos por racimo; PPF=Peso promedio de un fruto; LF=Longitud de fruto; AF=Ancho de fruto; NL=Número de lóculos por fruto; FIR=Firmeza; SST=Contenido de sólidos solubles totales; AR1=Altura al primer racimo; NR=Número de racimos por planta; DER=Distancia entre racimos; DT=Diámetro de tallo; PTF=Peso total de frutos por planta; NTF; Número total de frutos por planta; MSR=Materia seca de raíz.

Los resultados obtenidos en rendimiento de los portainjertos no fueron superiores en comparación con el de los testigos, y ya que se sabe que el injerto incrementa el vigor de las plantas, se observó un abundante desarrollo vegetativo, pero no así un incremento en el rendimiento, por lo que esto se puede atribuir a un desbalance nutricional que incrementó el desarrollo vegetativo, y esto supone que los fotoasimilados no se translocaron al fruto debido al aclareo realizado, lo que indirectamente limitó el potencial del rendimiento (Heuvelink y Buiskool, 1995; Lee y Oda, 2003).

CONCLUSIONES GENERALES

- El desarrollo de portainjertos baratos en el cultivo de jitomate representa una alternativa a los problemas de altos costos de producción, debido a que además de ser económicos para el productor, reducen el uso de pesticidas con daño al ambiente, la cantidad de fertilizantes y mejoran el rendimiento y calidad de los frutos.
- El uso de portainjertos silvestres (LA 2409 y LA 1777), nativos (LOR-77 y LOR-95) y de cruzas interespecíficos de *S. lycopersicum* x *S. habrochaites* (LOR 82 x LA 2409, LOR 97 x LA 2409, LOR 85 x LA 2409, LOR 103 x LA 2409, Loreto x LA 1223, Cuauhtémoc x LA 1731, Cuauhtémoc x LA 2167, Reserva x LA 1223, Loreto x LA 1777) incrementó el rendimiento de fruto del híbrido comercial y mantuvo la calidad 'El Cid'.
- Los portainjertos híbridos (LOR 82 x LA 2409, LOR 97 x LA 2409, LOR 85 x LA 2409, LOR 103 x LA 2409, Loreto x LA 1223, Cuauhtémoc x LA 1731, Cuauhtémoc x LA 2167, Reserva x LA 1223 y Loreto x LA 1777) y los provenientes de líneas nativas (LOR-100, LOR-77 y LOR-95) fueron más precoces, y los que provienen de accesiones silvestres (*S. habrochaites*) (LA 2409, LA 1223, LA 2158 y LA 1777,) son más tardíos.
- Los genotipos F3 que sobresalieron en cuanto a las características de interés agronómico fueron Loreto x LA 1223 (16120-40), Loreto x LA 1223 (16120-5B), Loreto x LA 1223 (16120-83), Loreto x LA 1223 (16120-34), Loreto x LA 1223 (16120-82) y Loreto x LA 1223 (16120-31). Además, estos materiales proporcionan la ventaja de no necesitar la labor de realizar cruzas interespecíficas manuales cada vez para obtenerlos, lo cual ahorra costos en el proceso de producción de semilla para el productor.

- Los genotipos LA 1223 (*S. habrochaites*), Loreto x LA 1223 (F1), Loreto x LA 1223 (F3) 16120-38 y Loreto x LA 1223 (F3) 16120-74 mantuvieron el rendimiento y la calidad del fruto, pero a diferencia, estos fueron más tardíos.