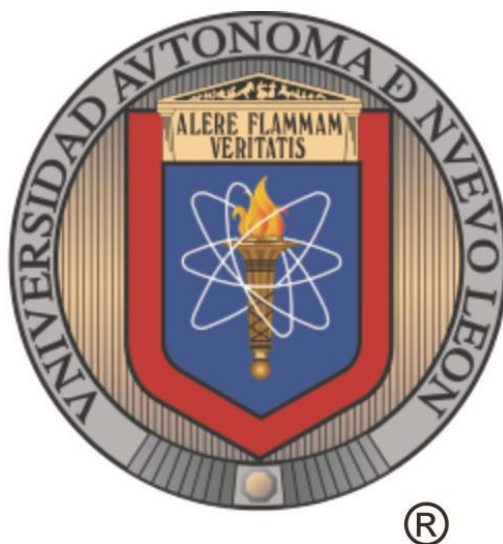


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*
Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

JUDITH ARLETTE VILLASANA ROJAS

Escobedo, Nuevo León

Noviembre del 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*
Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

JUDITH ARLETTE VILLASANA ROJAS

Escobedo, Nuevo León

Noviembre del 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*
Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

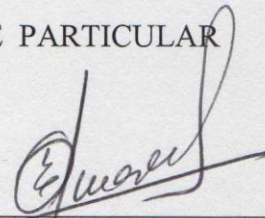
JUDITH ARLETTE VILLASANA ROJAS

Escobedo, Nuevo León

Noviembre del 2010

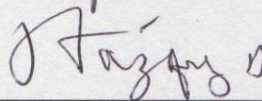
ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR



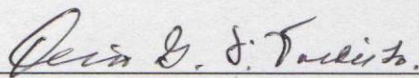
Ph. D. Emilio Olivares Sáenz

PRESIDENTE



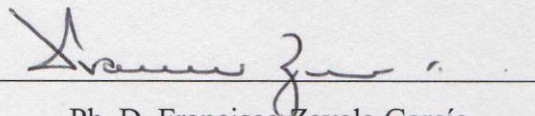
Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

SECRETARIO



Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano

VOCAL



Ph. D. Francisco Zavala García

Sub-Director de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a los seres que más amo en este mundo: mi hijo, Diego Armando luz de mi vida y mi razón de vivir, a mi esposo Diego Salvador, a mis padres María Santos y José Guadalupe, a mis hermanos Flor Fátima, Juan Carlos y Fernando Iván, a mi niña Karol y a mis cuñados y sobrinos, por ser la fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

Al Señor Jesucristo, mi Señor y Dios, por enseñarme el camino correcto de la vida, guiándome y fortaleciéndome cada día con su Santo Espíritu.

A mi esposo, Diego Barrera, por su amor y apoyo constante, ¡Gracias!

A mi hermoso hijo Diego Armando quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar mis estudios. Eres la luz de mi vida mi amor y mi razón de ser, por ti es que cada día lucharé para salir adelante.

A mis padres, María Santos y José Guadalupe quienes me enseñaron desde pequeña a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo! Agradezco a dios por haberme puesto en su camino.

A mis queridos hermanos Flor Fátima, Juan Carlos y Fernando Iván, a mis cuñadas y sobrinos, por creer y confiar siempre en mi, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A mis maestros, por su paciencia, comprensión y por ser excelentes guías en esta etapa de mi vida.

Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz por sus consejos, por compartir desinteresadamente su conocimiento y experiencia y por todo el apoyo brindado por el y su apreciable esposa.

Al Proyecto Invernaderos U. A. N. L. por permitirme utilizar sus instalaciones y a todo el personal que colaboraron con este trabajo de investigación.

A mis compañeros que fueron pieza importante en esta etapa, que me brindaron su amistad y su apoyo, ¡gracias amigos!

A los que nunca dudaron que lograría este triunfo.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Nombre: Judith Arlette Villasana Rojas

Candidato para el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Producción Agrícola.

Tesis: Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León.

Área de Estudio: Agricultura protegida.

BIOGRAFÍA

Datos personales:

Nacida el 03 de Julio de 1981 en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León.

Educación:

Egresada de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León como Ingeniero Agrónomo, en Junio del 2004.

Experiencia Profesional:

- Técnico responsable del invernadero para la producción de tomate de la Asociación de Asilos y Casas de Retiro del Estado de Nuevo León, A. C. (ACARE). Titular del programa de terapia ocupacional a los residentes de la casa de Retiro Luis Elizondo 2004-2006.
- Técnico responsable del Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León 2006-2008 y 2010.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CONTENIDO	viii
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Cultivo de Tomate.....	4
2.1.1 Generalidades del cultivo de tomate.....	4
2.1.2 Requerimientos climáticos y de suelo.....	4
2.2 Invernadero.....	6
2.2.1 Definición de invernadero.....	6
2.3 Injerto.....	7
2.3.1 Historia del injerto.....	8
2.3.2 Porta injerto.....	9
2.3.3 Proceso del injerto.....	9
2.3.4 Incompatibilidad del injerto.....	11
2.3.5 Factores que influyen en la unión.....	11
2.3.6 Materiales para injertar.....	13
2.3.7 Instalaciones para injertar.....	14
2.4. Injerto de Empalme.....	15
2.5 Manejo de Plantas Injertadas.....	16
2.6 Cámara Hermética o de Prendimiento.....	16
2.7 Ventajas de Realizar el Injerto.....	17

	Página	
2.7.1	Incremento del rendimiento.	17
2.7.2	Calibre del fruto.	19
2.7.3	Absorción de agua y nutrimentos.	19
2.7.4	Resistencia a la salinidad.	20
2.7.5	Resistencia a excesos de humedad en el suelo.	21
2.7.6	Resistencia a altas temperaturas.	21
2.7.7	Mayor contenido de licopeno.	21
2.7.8	Tolerancia a enfermedades.	22
2.7.8.1.	Descripción de las enfermedades más importantes que previene el injerto.	23
2.8	Hipótesis.	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.	28
	EXPERIMENTO 1.	28
3.1	Localidad.	28
3.2	Clima.	28
3.3	Características del Agua y Suelo.	28
3.4	Diseño Experimental.	29
3.5	Invernadero.	29
3.6	Siembra.	30
3.7	Desarrollo de Plántula.	31
3.8	Injerto.	32
3.9	Post-injerto.	36
3.10	Trasplante.	36
3.11	Prácticas Culturales.	37
3.12	Variables.	37
	EXPERIMENTO 2.	38
3.13	Localidad.	38
3.14	Clima.	38
3.15	Suelo y Agua.	38

	Página
3.16	Diseño Experimental. 39
3.17	Invernadero. 40
3.18	Siembra. 40
3.19	Desarrollo de Plántula. 41
3.20	Injerto y Post-injerto. 42
3.21	Trasplante. 42
3.22	Prácticas Culturales. 42
3.23	Variables. 43
IV.	RESULTADOS. 44
4.1	Resultados del Experimento 1. 44
4.2	Resultados del Experimento 2. 47
V.	DISCUSIÓN. 51
5.1	Discusión de Resultados del Experimento 1. 51
5.2	Discusión de Resultados del Experimento 2. 54
VI.	CONCLUSIONES. 56
VII.	BIBLIOGRAFÍA. 57
VIII	APÉNDICE 66

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tratamientos establecidos en el experimento de evaluación de plantas injertadas para la producción de tomate en suelo en invernadero en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.....	29
Cuadro 2. Características agronómicas de las variedades utilizadas en el experimento de La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.....	30
Cuadro 3. Descripción de porta injertos utilizados en el experimento en la Ascensión, Aramberri, Nuevo León.....	31
Cuadro 4. Tratamientos establecidos en el experimento de evaluación de plantas injertadas para la producción de 4 tipos de tomate en suelo en invernadero en Escobedo, Nuevo León.....	39
Cuadro 5. Características agronómicas de las variedades utilizadas en el experimento de Escobedo, Nuevo León.....	40
Cuadro 6. Descripción de portainjertos utilizados en el experimento en Escobedo, Nuevo León.	41
Cuadro 7. Comparación de medias de porta injerto para número de frutos por planta y rendimiento por planta en el experimento 1.	44
Cuadro 8. Comparación de medias de variedades para número de frutos por planta y diámetro ecuatorial de frutos en el experimento 1.	46
Cuadro 9. Comparación de medias de variedades dentro de porta injerto para diámetro polar del experimento 1.	46
Cuadro 10. Comparación de medias de porta injerto dentro de variedades para diámetro polar en el experimento 1.....	46
Cuadro 11. Comparación de tipos de tomates (variedades) dentro de cada patrón para el número de frutos del experimento 2.	47
Cuadro 12. Comparación de porta injerto dentro de tipo de tomates (variedades) para número de frutos del experimento 2.....	48

	Página
Cuadro 13. Rendimiento por planta, diámetro polar y ecuatorial de frutos de cuatro tipos de tomate del experimento 2.	49
Cuadro 14. Comparación de medias de porta injerto en cuanto al rendimiento por planta del tipo uva (variedad Ámsterdam) en el experimento 2.....	50
Cuadro 15. Comparación de medias de porta injerto en cuanto a diámetro polar de frutos en el experimento 2.	50

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

	Página
Cuadro A1. Análisis de varianza para el número de frutos en el Experimento 1.....	63
Cuadro A2. Análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg) en el Experimento 1.....	63
Cuadro A3. Análisis de varianza para el diámetro polar de frutos (mm) en el Experimento 1.....	63
Cuadro A4. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial de frutos (mm) en el Experimento 1.....	64
Cuadro A5. Análisis de varianza para el número de frutos en el Experimento 2.....	64
Cuadro A6. Análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg) en el Experimento 2; no incluye al tipo uva (variedad Ámsterdam).....	64
Cuadro A7. Análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg) en el Experimento 2; comparación de porta injerto dentro del tipo uva (variedad Ámsterdam).....	65
Cuadro A8. Análisis de varianza para el diámetro polar de frutos (mm) en el Experimento 2.....	65
Cuadro A9. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial de frutos (mm) en el Experimento 2.....	65

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Desinfección del laboratorio con solución de cloro al 1% para la realización de la técnica de injerto.	32
Figura 2. Las plantas fueron llevadas al laboratorio para realizar el injerto.....	33
Figura 3. Charola repicada para realizar el injerto.....	33
Figura 4. Corte del patrón para realizar el injerto.....	34
Figura 5. Pinza de silicón colocada sobre el patrón para sostener la variedad	34
Figura 6. Corte de la variedad con navaja de un filo.	35
Figura 7. Planta injertada donde está unido patrón y variedad por medio de la pinza de silicón.	35
Figura 8. Se mojaron las paredes de la cámara de prendimiento para incrementar la humedad relativa y favorecer la unión del injerto.	36

RESUMEN

El injerto es una técnica que se utiliza para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero. Esta técnica ha sido utilizada debido a las ventajas de usar porta injerto resistente a enfermedades del suelo y nemátodos, reduciendo el uso de agroquímicos y el impacto ambiental, además de esto, los porta injerto tienen un sistema radicular altamente desarrollado que mejoran la absorción de agua y nutrimentos, lo que ocasiona incrementos en el rendimiento de las variedades que son injertadas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de plantas injertadas bajo dos condiciones de ambiente en el estado de Nuevo León, México. El primer experimento fue realizado en la estación experimental “La Ascensión” de la Facultad de Agronomía de la UANL localizada en el sur del estado. Tres porta injertos (Maxifort, Multifort y Beaufort) y tres variedades (Charleston, Phaluka y Matias) fueron evaluados. Los resultados mostraron mayor rendimiento y número de frutos en las plantas injertadas comparadas con las variedades sin injertar. Charleston fue la mejor variedad con respecto a rendimiento y número de frutos. El segundo experimento fue realizado en la estación experimental “Escobedo” de la Facultad de Agronomía de la UANL ubicada en el municipio de Escobedo, Nuevo León. Tres porta injerto (Maxifort, Multifort y Beaufort) y cuatro tipos de tomate: bola (variedad Charleston), racimo (variedad DRW), roma (variedad DRK) y uva (variedad Ámsterdam) fueron evaluados combinando cada patrón con las variedades y teniendo como testigo las variedades sin injertar. Los resultados mostraron que el tomate uva tuvo mayor número de frutos; el tipo bola sobresalió en peso y diámetro ecuatorial de fruto, mientras que el tipo roma destacó en diámetro polar. En cuanto a la práctica de injerto, no hubo diferencia significativa entre el tipo bola, roma y racimo, mientras que para el tipo uva la variedad sin injertar fue mejor que las plantas injertadas.

Palabras clave: ambiente controlado, técnica de injerto, porta injerto, variedad, horticultura sustentable, *Fusarium oxysporum*

SUMMARY

Grafting tomato plants has been adopted in the greenhouse production system due to the advantages to use resistant rootstocks to soil diseases and nematodes, besides this, the rootstocks have a highly developed root system that improves water and nutrient absorption, which causes increases in yield of the varieties that are grafted. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of plants grafted under two environment conditions in Nuevo León, Mexico. The first experiment was carried out at the experimental station “La Ascension, Facultad de Agronomía de la UANL” located at Aramberri Nuevo León. Three rootstocks (Maxifort, Multifort and Beufort) and three varieties (Charleston, Phaluka and Matias) were evaluated. Results showed greater fruits and yields on grafted plants compared with plants without grafting. Charleston was the best variety with respect to yield and number of fruits. The second experiment was realised in the experimental station “Escobedo, Facultad de Agronomía de la UANL” located in Escobedo, Nuevo León. Three rootstocks (Maxifot, Multifort and Beaufort) and four types of tomato: beef tomato (Charleston variety), cluster tomato (DRW variety), Rome tomato (DRK variety) and grape tomato (Amsterdam variety) were evaluated combining each rootstock with the varieties and using as control the varieties without grafting. Results showed that the grape variety had higher number of fruits than the other type of tomatoes; the type beef was higher in weight and equatorial diameter of fruit, whereas the Rome type was higher in polar diameter. As far as the graft practice, there was no significant differences for yield among the grafted and non grafted plants of types beef, Rome and cluster, whereas for the grape type, the variety without grafting had higher yields than grafted plants.

Key words: controlled environment, grafting method, rootstock, scion, sustainable horticulture, *Fusarium oxysporum*

I. INTRODUCCIÓN

Pocas son las hortalizas que a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el tomate. En los últimos años, la producción mundial se ha mantenido en un nivel promedio anual que sobrepasa los 110 millones de toneladas (CEI-RD, 2007). Los principales países productores de tomate son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto e India, que conjuntamente han producido durante los últimos años el 70% de la producción mundial. Asia participa con poco más del 50%, seguida de América con 20%, Europa 15% y el resto proviene de Oceanía y África. En México la producción total de tomate durante la década de los 90's fue de 19 millones de toneladas, concentrándose el 70% de la producción en los estados de Sinaloa (39.9%), Baja California (14.7%), San Luis Potosí (7.9%) y Michoacán (6.7%).

El desarrollo de sistemas de producción que ayuden a mejorar los rendimientos del cultivo es básico en la producción de tomate, un ejemplo exitoso ha sido el uso de invernaderos. La agricultura protegida desarrollada en los últimos años cuenta con alrededor de 620 mil hectáreas dedicadas a la producción de tomate a nivel mundial. Holanda logra producciones anuales de 300 a 400 toneladas por hectárea y cuenta con más de 10,000 hectáreas de invernadero. En México la agricultura protegida se ha incrementado exponencialmente en los últimos años, con tasas de crecimiento anual cercanas al 20%. La superficie reportada para junio del 2008 era de 8,934 ha (Castellanos y Borbón, 2009).

Con estas tendencias se observa un incremento importante de una producción extensiva a una de manera intensiva, en donde existe mayor productividad por unidad de área, en un esfuerzo por aumentar los beneficios del uso de un ambiente controlado como el que se da en la producción de tomate en invernadero. Se han desarrollado técnicas que ayudan a optimizar los recursos a utilizar, un ejemplo de esto es el uso del injerto. Los injertos o plantas injertadas son el resultado de la unión de dos plantas afines (porta injerto y variedad), donde se utiliza el sistema radicular de porta injertos

resistentes y la parte aérea de la variedad o híbrido comercial a cultivar para la creación de una planta con mejores características (De la Torre, 2005).

La producción de plantas injertadas comenzó en Japón y Corea a fines de 1920 con sandía injertada usando calabaza como porta injerto (Yamakawa, 1983). Después de los primeros experimentos se incrementó el uso de plantas injertadas para la producción de hortalizas principalmente en sandía, pepino y algunas solanáceas, principalmente tomate (Kurata, 1992) y pimiento (López-Marín *et al.*, 2009). Los beneficios que se logran realizando la práctica del injerto son muy importantes, ya que con el injerto se incrementa el vigor de la planta y la vida de poscosecha de la fruta (Lee y Oda, 2003), además de que estas plantas ofrecen mayor resistencia a marchitamiento causado por patógenos (Hartman y Kester, 1975; Oda, 1999). En las plantas injertadas se reducen las infecciones por virus, hongos y bacterias (Hain *et al.*, 1993), por lo que el uso de agroquímicos durante el ciclo de cultivo es menor; se evita la aplicación de desinfectantes del suelo como el metan sodio o el bromuro de metilo, este último deberá de eliminarse a partir del 2015 en todo el mundo debido al impacto sobre el medio ambiente (Ristaino y Thomas, 1997); otras ventajas de las plantas injertadas es que toleran condiciones de salinidad y suelos con mal drenaje así como condiciones de estrés por temperaturas elevadas (Khah *et al.*, 2006); el injerto también es útil cuando no hay posibilidades de hacer rotación de cultivos debido a un intenso uso del suelo (Liere, 2008). Por lo tanto, tiene gran relevancia realizar la práctica del injerto, porque aún y cuando incrementa los costos iniciales debido a la necesidad de producir el doble de plántula, el rendimiento y la calidad del fruto se incrementan obteniendo mayores beneficios económicos.

Considerando lo anterior el injerto podría contribuir a mejorar la producción de los sistemas de tomate en invernadero en Nuevo León, dependiendo de la localidad y de las variedades de tomate involucradas, por lo anterior se planteó un objetivo general y dos objetivos particulares de estudio en el presente trabajo.

1.1. OBJETIVO

Evaluar el efecto del injerto sobre el rendimiento para la producción de tomate en invernadero en el Estado de Nuevo León utilizando tres diferentes porta injertos en dos regiones contrastantes en clima.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Evaluar el rendimiento de plantas injertadas de tres variedades de tomate bola en tres porta injertos bajo condiciones de invernadero en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.

Evaluar el efecto del injerto sobre el rendimiento de cuatro tipos de tomate (bola, roma, racimo y uva) utilizando tres porta injertos bajo condiciones de invernadero en Escobedo, Nuevo León.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de Tomate

2.1.1 Generalidades del cultivo de tomate

El cultivo de tomate es de origen sudamericano, principalmente de la región andina en América del Sur, entre Ecuador y Chile, pero fue en México donde se le domesticó para su consumo. El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas. Su sistema radicular es potente, con una profunda raíz principal y numerosas raíces secundarias, además emite con gran facilidad raíces adventicias en el tallo cuando entra en contacto con el suelo. Su tallo es anguloso y cubierto de pelos glandulares. El hábito de crecimiento del cultivo de tomate puede ser determinado o indeterminado, las variedades de crecimiento determinado son las que una vez emitidos un número determinado de racimos florales, la planta emite un último racimo floral, dando por terminado el crecimiento de la planta; las de crecimiento indeterminado emiten continuamente en su punto de crecimiento racimos florales y la finalización del cultivo se da por decisión del productor o considerando las ventanas comerciales ya sean nacionales o internacionales. Las hojas son alternadas e imparipinadas, con un número de 7-9 folíolos, e igualmente están cubiertas con pelos glandulares. Con respecto a la floración, está formada por racimos simples, donde aparecen de 3-10 flores en tomate bola. El fruto es una baya de forma globosa y, por lo general, de color rojo cuando madura, pudiendo ser su superficie lisa o asurcada (Jiménez- Borjas, 2009; Muñoz-Ramos, 2009).

2.1.2 Requerimientos climáticos y de suelo

Temperatura

A la planta de tomate le favorece el clima caliente. La temperatura influye sobre la velocidad de la producción de los azúcares en la fotosíntesis y su transformación en la

respiración. Sin embargo, bajo las condiciones de una baja luminosidad, las temperaturas de la noche y del día, se deben mantener bajas, de lo contrario, se tendrá una planta raquítica y débil, con una floración pobre, como consecuencia de que la energía que le proporciona la fotosíntesis es inadecuada para la velocidad del crecimiento. A una temperatura de 5° C o menos cesa la fotosíntesis, la cual alcanza su valor óptimo entre 18 y 20° C y disminuye a su nivel más bajo entre 35 y 40° C.

La temperatura influye sobre la respiración, la cual se inicia a los 5° C y disminuye al mínimo debajo de este valor. De 5° C a 35° C se incrementa rápidamente, arriba de este valor la respiración disminuye a tal nivel que afecta severamente la planta. La temperatura óptima de las raíces para su crecimiento es de 22-25° C, las temperaturas inferiores a 15° C reducen la cantidad y la calidad de los frutos y predisponen a las raíces a las enfermedades radiculares, así como también, se incrementa el riesgo de una deficiencia de fósforo y del magnesio. Las diferencias de temperatura entre el día y la noche para el crecimiento óptimo del tomate, se ubican entre los 6° y 7° C (León-Gallegos, 2006).

Humedad Relativa

Bajo condiciones de invernadero la humedad relativa deberá oscilar entre el 60-80%, humedades relativas mayores a 80% favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, así como el agrietamiento del fruto, además dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta provocando aborto floral; humedades relativas bajas, dificultan la fijación de polen en el estigma de la flor (Jiménez-Borjas, 2009).

Luminosidad

La calidad de la luz y el fotoperíodo no son tan importantes para el crecimiento del tomate como la radiación integral diaria. Tratar de superar las limitaciones utilizando luz artificial rara vez se justifica económicamente. Se estima que para que el cultivo de

tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ m² día (Castilla, 2005).

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de manera negativa sobre los procesos de floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo del cultivar y la fotosíntesis. Durante el período vegetativo resulta importante la interrelación que existe entre las temperaturas diurnas, nocturnas y la luminosidad (Jiménez-Borjas, 2009).

Tipo de Suelo

Las plantas de tomate no son muy exigentes en cuanto a este factor, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque el cultivo prefiere suelos sueltos de textura media y ricos en materia orgánica.

El cultivo de tomate en suelo tiene menos costos comparados con la siembra en sustrato, dentro de sus ventajas se tiene costos menores, se tiene una excelente condición buffer para el control del pH y disponibilidad de nutrientes. Entre las desventajas, se incluye la compleja naturaleza orgánica e inorgánica del suelo, menor control de los riegos y la competencia de los elementos esenciales en la solución del suelo con los microorganismos. Otros factores, son la acumulación de sales, enfermedades del suelo, los insectos plaga y los nematodos, los cuales pueden limitar seriamente la producción (Jiménez-Borjas, 2009).

2.2 Invernadero

2.2.1. Definición de invernadero

Un invernadero es una construcción que permite la delimitación de un compartimiento de cultivo, en el cual el clima difiere del existente al aire libre, por las modificaciones que provoca el material de cerramiento en los intercambios entre el suelo, el sustrato y la masa vegetal con el entorno.

La nueva norma UNE-EN-13031-1 (2002) define el invernadero como una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las plantas en su interior (Muñoz-Ramos, 2009).

Utilizar un invernadero para la producción de hortalizas se le llama también cultivo protegido en el cual el objetivo primordial es modificar el entorno natural mediante técnicas diversas para alcanzar la óptima productividad de los cultivos, incrementando la producción y mejorando su calidad. Los principales objetivos que se persiguen en un cultivo protegido son los siguientes:

- Reducir las necesidades de agua.
- Proteger al cultivo de las bajas temperaturas.
- Limitar el impacto de climas áridos y desérticos.
- Reducir la velocidad del viento.
- Reducir daños de plagas, enfermedades, nemátodos, malas hierbas, pájaros y otros predadores.
- Extender las áreas de producción y los ciclos de cultivo.
- Aumentar las producciones, mejorar la calidad y preservar los recursos.
- El control climático permite optimizar la productividad y calidad.
- Estabilizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas (Castilla, 2005).

2.3 Injerto

El injerto en plantas es la unión de una porción de tejido vegetal viviente de dos plantas distintas para que se desarrollen como una sola planta (De Miguel y Maroto, 2007). La técnica de injerto permite cultivar especies sensibles a ciertos patógenos sobre suelos infectados, utilizando el sistema radicular de porta injertos tolerantes o

resistentes, y la parte aérea de la variedad a cultivar. El injerto es una técnica que proporciona de manera natural, resistencia a plagas y enfermedades del suelo como son hongos y nemátodos, minimizando el uso de agroquímicos, como el uso del bromuro de metilo, el desinfectante de suelo más efectivo y universalmente utilizado pero prohibido por su efecto destructivo sobre la capa de ozono. La técnica de injerto es admisible para la producción integrada o cultivo ecológico (De Miguel y Maroto, 2007).

El principio del porta injerto es sencillo, en primer lugar porque las raíces del porta injerto son resistentes contra enfermedades del suelo, mediante un porta injerto se evita que los patógenos penetren en la variedad. En segundo lugar, el porta injerto ofrece más vigor a la planta durante su crecimiento. Las plantas injertadas contribuyen a incrementar la calidad del cultivo y la tolerancia a enfermedades del suelo, tanto en cielo abierto, casas sombra e invernaderos (Jiménez- Borjas, 2009). También se ha demostrado que el injerto de plantas hortícolas puede ser efectivo en casos de excesos de algunos nutrimentos como el boro (Edelstein, *et al.*, 2008).

2.3.1 Historia del injerto

El injerto en plantas leñosas fue conocido por los chinos desde 1000 años A. C., a partir del renacimiento hubo un interés renovado por las prácticas de injerto y en el siglo XVI, en Inglaterra, era de uso general y se sabía que debían hacerse coincidir las capas del cambium, aunque no se conocía la función de este tejido. En un libro del siglo XVII, en Corea, aparece una breve descripción del injerto en cucurbitáceas (De Miguel y Maroto, 2007). El cultivo de plantas injertadas se inicio en Japón y Corea, a fines de 1920 al injertar sandias, con bases radiculares de calabaza (León-Gallegos, 2006).

En Europa los horticultores holandeses practican esta técnica desde 1947. En Japón y Corea el injerto de plantas hortícolas es muy común, lo que ha originado un desarrollo tecnológico importante incorporando equipos robotizados para injertar con un mínimo de mano de obra en el proceso (Kurata, 1994; Lee, et al., 1998). En México, la técnica del injerto se empieza a desarrollar a nivel comercial en diferentes empresas

agrícolas de tomate y cucurbitáceas, principalmente en los estados de Sinaloa, Jalisco, Sonora, Colima, Estado de México, Baja California Norte, Baja California Sur, Guanajuato, Michoacán y San Luis Potosí. En la actualidad posiblemente se estén injertando más de 30 millones de plantas de tomate en México (Godoy y Castellanos, 2009).

2.3.2 Porta injerto

Los patrones o porta injertos son las plantas cuyo sistema radicular sirve de soporte a la variedad a cultivar, evitando su contacto con el suelo. Un portainjertos debe reunir las siguientes cualidades:

- Ser inmune a la enfermedad que se desea prevenir.
- Que no haya ningún otro parásito del suelo que le afecte.
- Que tenga vigor y rusticidad.
- Tener buena afinidad con la planta que se injerta.
- Contar con plántulas en buenas condiciones para la realización del injerto.
- No modificar desfavorablemente la calidad del fruto (De Miguel, 2007).

2.2.3 Proceso del injerto

En el injerto completo las dos partes se comportan como una unidad, no solo para el flujo de agua y minerales en la planta, si no para el transporte de hormonas para la coordinación entre la raíz y la parte aérea (De Miguel, 2007). El injerto se debe a la unión morfológica y fisiológica de las dos partes implicadas, por lo que la conexión vascular entre la parte aérea y la base radicular es el requerimiento básico para la unión del injerto.

Para que el injerto entre dos plantas tenga éxito, estas plantas deben ser compatibles o afines, aunque sean de diferente especie (Bekhradi, *et al.*, 2009), además

de que debe haber una coincidencia de los tejidos próximos a la capa del cambium que produce un borde, producto de la cicatrización llamado callo. Se ponen en contacto los tejidos de la variedad y el porta injerto, de manera que las regiones del cambium coincidan y se mantengan estrechamente unidas mediante una pinza de silicón hasta lograr la cicatrización (Godoy y Castellanos, 2009). El desarrollo de un injerto compatible comprende tres procesos: cohesión del porta injerto y la variedad; proliferación del callo en la unión y diferenciación vascular entre ambas partes.

La cohesión se produce como resultado de la deposición y subsiguiente polimerización de materiales de las membranas celulares, debido a la herida del injerto. El cemento secretado en las uniones, a la vez que proporciona soporte mecánico, establece una vía continua para el flujo de agua a través del injerto, lo que permite la recuperación de la variedad unas horas después de la operación. Esta primera fase de cohesión no requiere un reconocimiento entre las partes, puesto que el vegetal puede unirse también a un objeto inerte.

La proliferación del callo es una respuesta a las heridas; las capas externas expuestas de células de la región cambial tanto de la variedad como la del porta injerto producen células de parénquima que pronto se entremezclan y entrelazan, formando lo que se llama tejido callo. Algunas células de este callo de nueva formación que están en la misma dirección de la capa de cambium de la variedad y el porta injerto intactos se diferencian en nuevas células cámbiales.

La diferenciación vascular es el episodio final y ocurre cuando los injertos son compatibles. Esta diferenciación vascular se produce entre los vasos de la porta injerto y de los de la variedad. Se observa en el callo la diferenciación de algunos vasos y tubos cribosos, directamente derivados del cambium, que pueden asegurar una primera unión transitoria entre los tejidos conductores de cada uno de los componentes del injerto. Usualmente se diferencian nuevos elementos del xilema lesionado, desde el callo a las dos partes del injerto, a partir de los 4-7 días. El injerto se completa cuando se han establecido varias conexiones de xilema y floema a través del injerto (De Miguel, 2007).

La interacción entre las células del porta injerto y la variedad fueron estudiadas en análisis citológicos y moleculares por Chen y Wang (2006), quienes concluyeron que puede ocurrir variación genética en las células de la unión del porta injerto y la variedad, lo cual puede ser utilizado como un potencial en el mejoramiento de plantas.

2.3.4 Incompatibilidad del injerto

La diferencia entre injerto compatible e incompatible no está bien definida. No existe una regla para predecir el resultado de un injerto, aunque en términos generales cuanta más afinidad botánica haya entre las plantas, más probabilidades de éxito en el injerto. Existen desde especies que tienen una relación estrecha y se unen con facilidad, hasta otras no relacionadas entre sí, incapaces de unirse, hay una cicatrización intermedia entre plantas que forman una soldadura, pero con el tiempo muestran deficiencias en la unión o en su hábito de crecimiento.

La incompatibilidad se manifiesta en la aparición del miriñaque, un abultamiento de la zona inmediatamente superior al injerto, enrollamiento y amarillamiento de las hojas, muerte prematura de las plantas (De Miguel, 2007) y resistencia hidráulica en la unión del injerto y el porta injerto (Oda, *et al.*, 2005).

2.3.5 Factores que influyen en la unión

Además de las características propias de las plantas que se unen, algunos factores ambientales facilitan o dificultan el proceso. Entre los más importantes están los siguientes:

La Temperatura. Influye poderosamente en la división celular, por lo tanto en la formación de tejido de callo y la diferenciación de nuevos haces vasculares. Con temperaturas muy bajas o muy altas los procesos se aletargan o paralizan, la temperatura óptima durante la fase de unión es entre 25-28 °C.

Humedad. Los tejidos cortados para la unión del injerto, deben mantenerse bajo condiciones de humedad elevada, pues en caso contrario, las probabilidades de una buena unión son reducidas. Las partes expuestas a baja humedad se suberizan, impidiendo la unión. Es necesaria la alta humedad relativa para que no se deshidrate la púa que está sin raíz, antes de que selle la unión, por lo que la tasa de supervivencia y calidad del injerto mejoran cuando se mantiene la humedad relativa del 80-90%.

Superficie de contacto. Un contacto eficaz depende del número y disposición de los haces conductores en las dos plantas que se injertan y de disposición de las zonas de corte que están en contacto. En el tomate, los haces conductores están dispuestos en círculo, alrededor del tallo. Si el porta injerto y la variedad tienen diámetros similares en la zona de unión, la proximidad entre los haces vasculares de las dos plantas es máxima y, por lo tanto, la facilidad de la unión también lo es. La perfección del injerto es muy importante, ya que si se pone en contacto solo una pequeña parte de los tejidos del porta injerto y la variedad, la unión es deficiente. Aunque haya una buena cicatrización y comience el crecimiento de la variedad, cuando esta alcance un desarrollo importante, una unión escasa impide el transporte de agua suficiente y se produce el colapso de la planta injertada (De Miguel, 2007)

La técnica de injerto utilizada. El tipo de injerto (corte de porta injerto y variedad) varía dependiendo el tipo de planta, en el tomate el tipo de injerto que se utiliza es el de empalme, el cual tiene grandes requerimientos climáticos, siendo muy delicado el manejo de las plántulas después de realizar el corte y hasta que cicatriza la herida.

Oxígeno. La división y crecimiento de las células van acompañadas de una respiración elevada, por lo que es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto para la producción de tejido de callo.

Contaminación de patógenos. En ocasiones bacterias y hongos entran en el corte, las cuales causan la pérdida del injerto. La limpieza y desinfección, es uno de los requerimientos básicos para la realización de la práctica de injerto.

Condiciones ambientales en la fase posterior al injerto. Es necesario controlar la temperatura y humedad relativa para asegurar que en la fase posterior al injerto, no se marchite ni el patrón, ni la variedad.

El injerto aún cuando es una técnica que ayuda a obtener mejores resultados en la producción de tomate en invernadero, presenta desventajas. Es una técnica costosa ya que se tiene que adquirir el doble de semilla (porta injerto y variedad), se tiene que producir doble cantidad de plántula, incrementando el costo inicial para establecer las plántulas en el invernadero. El proceso de injerto es muy delicado porque se tiene que contemplar todos los factores antes mencionados que pueden afectar el éxito de la práctica.

2.3.6 Materiales para injertar

Dentro de los materiales a utilizar al momento de realizar esta técnica, Jiménez Borjas (2009) enumera los siguientes:

- Porta injerto
- Híbrido o variedad a injertar
- Bandejas de poliestireno expandido de 200 cavidades
- Sustrato o Peat Most
- Navajas de un filo
- Clips o sujetadores
- Plástico transparente
- Agua de la mejor calidad
- Mano de obra especializada

- Vivero acondicionado (semillero)
- Maquina robotizada (opcional)

2.3.7 Instalaciones para injertar

Las primeras instalaciones destinadas para la producción de plántula eran iguales que las de un invernadero tradicional, las mismas estructuras con acondicionamientos para el soporte de bandejas, un sistema de riego manual y una maquina de siembra eran suficientes. Actualmente, la exigencia de mayor calidad de plántulas, el alto precio del híbrido, la técnica de injerto, la mano de obra, la producción estacional, la competencia del sector y la legislación existente hacen necesario que las instalaciones y distribución de las áreas de un semillero sean bien estudiadas. De las secciones más importantes destacan los invernaderos, cámara de germinación, cámara de cultivo, sala de repicado, salas de calefacción, almacén de manipulación, taller de injertos, embalse y cabezal de riego, zona de almacenamiento y desinfección, maquinaria necesaria y vehículos de transporte (De la Torre y De Miguel, 2007).

Las instalaciones más importantes para la realización del injerto son:

La cámara de germinación es un recinto cerrado de características similares a cualquier cámara frigorífica donde se introducen las bandejas sembradas y se mantienen durante un tiempo determinado en condiciones óptimas de germinación.

La cámara del cultivo es un recinto de similares características a la cámara de germinación, la diferencia es la incorporación y control de la luz.

El taller de Injertos es el lugar donde se realiza la operación de injertado; es un recinto totalmente separado y aislado del resto de los invernaderos de producción, donde se mantienen condiciones climáticas óptimas, tanto para el personal que realiza dicha

labor, como para las plantas a injertar. Tiene medios y técnicas de control climático para tener los parámetros de temperatura, humedad relativa y luz en los umbrales óptimos.

El túnel de prendimiento o mesas de cultivo, son las estructuras construidas dentro del invernadero a una altura de 50-70 cm del suelo, perfectamente niveladas, donde se colocan las bandejas, recién injertadas, recibiendo los cuidados y tratamientos necesarios para terminar su ciclo de prendimiento. El ambiente en este túnel de prendimiento debe estar a una temperatura de 23 a 27° C, con una humedad relativa entre 85% a 95% y a baja radiación ($100 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) por 7 días (Godoy y Castellanos, 2009).

La zona de aclimatación es la zona del semillero donde tiene lugar la adaptación de las plántulas, después de sacarlas del período de estancia en túnel o cámara de prendimiento, siendo el paso intermedio, adecuando los injertos al microclima del cultivo definitivo (De la Torre, y De Miguel, 2007).

2.4 Injerto de Empalme

Este método es muy novedoso y exigente en cuanto a condiciones micro climáticas para el proceso de cicatrización de la herida. El proceso para la realización de este tipo de injerto consiste en lo siguiente:

- Desinfectar el área donde se realizará el injerto.
- Llevar las plantas del semillero al laboratorio donde se realizará el injerto.
- Repicar las charolas del porta injerto, esto quiere decir que se separan las plántulas en las charolas, colocándolas intercaladas dejando espacios entre plantas de una celda, quedando la mitad de plántulas por charola.

- Cortar el porta injerto por debajo de los cotiledones, en forma de bisel de 45-55° colocando la pinza de plástico que ajuste el tallo, viendo el corte.
- Colocar la pinza de silicón que mantendrá unida la variedad al patrón.
- Cortar la variedad, realizando el corte en bisel de 45-55°, a dos centímetros por debajo de los cotiledones y colocar la pinza de silicón.
- Unir las plantas asegurándose que los cortes del tallo del porta injerto y la variedad coincidan.
- Llevar las charolas a la cámara hermética o de prendimiento (Limón, 2008).

2.5 Manejo de Plantas Injertadas

Después de realizar la técnica del injerto, las plantas se cubren completamente con plástico transparente para crear el microambiente favorable para que la unión del injerto tenga éxito a la cual se le llama cámara hermética o de prendimiento y permanecerán ahí de 6 a 8 días.

Las condiciones climáticas que debe de cumplir la cámara para que las plantas injertadas lleven el proceso de cicatrización de la herida y por consiguiente la unión de las plantas son las siguientes, la temperatura optima debe mantenerse entre los 23-27° C, con una humedad relativa entre el 85-95% reduciendo la luminosidad en un 30%.

2.6 Cámara Hermética o de Prendimiento

El manejo de las plantas injertadas durante el tiempo que permanecen en la cámara hermética o túnel de prendimiento es el siguiente:

- Día 1: Se deja herméticamente cerrada la cámara de prendimiento.
- Día 2: La cámara queda igual que el día 1, y se repone humedad si es necesario.
- Día 3: Comienza la reposición de oxígeno la cámara abriéndola parcialmente y reponiendo la humedad.
- Día 4: Se ventila la cámara por un extremo de la misma.
- Día 5: Se abre el otro extremo de la cámara para promover la oxigenación.
- Día 6: Se retira el plástico parcialmente para volverlo a colocar.
- Día 7: Se retira de nuevo el plástico que cubre la cámara y se vuelve a colocar.
- Día 8: Se quita totalmente el plástico que cubre la cámara de prendimiento.

Finalmente las plántulas son llevadas al semillero hasta el día del trasplante en el invernadero. La cámara de prendimiento se destapa por la mañana cuando no hace mucho calor, se recomienda observar el proceso para ver la reacción de la planta injertada. Después de nueve días ya se contará con una planta óptima a la cual se le pueden aplicar fungicidas y fertilizantes (Jiménez Borjas, 2009).

2.7 Ventajas de Realizar el Injerto

2.7.1 Incremento del rendimiento

El incremento en el rendimiento se debe a que los porta injertos tienen vigorosos sistemas radicales y son capaces de absorber eficazmente agua y nutrientes. El rendimiento está correlacionado a un buen vigor de la planta y a la resistencia mostrada por el porta injerto a las enfermedades, así como también a la fortaleza de la nueva planta para tolerar ciclos más largos de producción sin el detrimento que ocurre en el rendimiento de una planta no injertada.

El incremento en rendimiento por efecto del injerto en tomate se ha reportado en varios trabajos. Fernández-García, *et al.* (2004) estudiaron el efecto de la salinidad en plantas injertadas de tomate y reportaron un mayor rendimiento en las plantas injertadas

comparadas con las no injertadas en todos los niveles de salinidad. Öztekin, *et al.* (2009b) también estudiaron el efecto de plantas injertadas sobre el rendimiento de tomate bajo condiciones de salinidad utilizando como porta injertos a las variedades Maxifort y Vigomax, reportando mayores rendimientos de ambos porta injertos, 12% y 18%, en el nivel bajo de salinidad y 19% y 13% en el nivel alto de salinidad, respectivamente. Khah, *et al.* (2006), también encontraron mayores rendimientos en experimentos en invernadero y campo abierto usando dos porta injertos (Heman y Primavera), los rendimientos reportados fueron superiores al testigo en 32.5% y 12.8% en invernadero, y 11.0% y 11.1% en campo abierto, respectivamente. Mitidieri, *et al.* (2005) encontraron mayores rendimientos en plantas injertadas sobre el porta injerto Heman comparadas con plantas no injertadas. Miskovic, *et al.* (2009) en experimentos sucesivos en tres años, encontraron mayores rendimientos en plantas injertadas, comparadas con las plantas no injertadas, las diferencias fluctuaron entre 6% y 39%, los porta injertos utilizados fueron Vigomax y Maxifort. Pogonyi, *et al.* (2005) estudiaron el efecto de plantas injertadas de la variedad Lemance F1 en el porta injerto Beaufort, encontrando mayores rendimientos en las plantas injertadas.

Los incrementos en rendimiento debido al injerto también se han reportado en otras especies como en pimiento (*Capsicum annumm* L.) bajo condiciones de invernadero (Colla, *et al.*, 2008); así como en sandía (Colla, *et al.*, 2006).

El incremento en rendimiento debido al injerto no se ha encontrado en todos los experimentos en donde se ha realizado esta práctica. Godoy, *et al.* (2008) no encontraron diferencias significativas entre las plantas injertadas y no injertadas, lo cual lo explicaron debido a que el experimento lo realizaron en un clima caliente lo que indujo a un exagerado crecimiento vegetativo, principalmente en las plantas injertadas. Otros investigadores no han encontrado diferencias significativas en rendimiento entre plantas injertadas y no injertadas (Pei y Gálvez, 2004). Rivard, *et al.* (2008) realizaron experimentos de plantas injertadas de tomate utilizando como porta injertos Maxifort y Robusta, en tres localidades, encontrando incrementos de rendimiento debido al injerto en solo una localidad.

2.7.2. Calibre del fruto

El tamaño del fruto en hortalizas injertadas puede ser mayor que los frutos de plantas no injertadas; otras características del fruto también son afectadas, tales como el color del fruto, espesor de la corteza y concentración de los sólidos solubles. Godoy, *et al.* (2009) encontraron una mayor proporción de fruta grande en las plantas injertadas, comparadas con las no injertadas, esta diferencia la explicaron debido a que las plantas injertadas mostraron un mayor vigor al final del ciclo, lo que tuvo como consecuencia un mayor tamaño de frutos.

Otras investigaciones también han encontrado un mayor tamaño en los frutos de plantas injertadas. Pogonyi, *et al.* (2005) encontraron mayores rendimientos en las plantas injertadas en el porta injerto Beaufort y lo explicaron debido al efecto del porta injerto en el tamaño del fruto. También Davis, *et al.* (2008) mencionan que el tamaño del fruto puede ser afectado por el porta injerto en plantas injertadas. Mitidieri, *et al.* (2005) encontraron menores descartes de frutos pequeños en plantas injertadas.

2.7.3 Absorción de agua y nutrimentos

Los porta injertos que se utilizan en plantas injertadas de tomate tienen un desarrollo radicular mayor que las variedades que se injertan sobre ellos, por lo que los porta injertos son capaces de explorar un mayor volumen de suelo lo que se traduce a una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrimentos. Godoy, *et al.* (2009) reportaron una mayor absorción de nutrimentos en plantas injertadas comparadas con las no injertadas.

Delshad, *et al.* (2009) encontraron una mayor absorción de agua en plantas injertadas comparadas con plantas no injertadas y concluyeron que la técnica de injerto puede ser una buena selección cuando se esperen problemas de estrés por agua. Öztekin, *et al.* (2009b) también reportaron mayores consumos de agua en plantas injertadas sobre los porta injertos Maxifort y Vigomax, además encontraron que las plantas injertadas

tuvieron un mayor uso eficiente del agua. Savvas, *et al.* (2009) encontraron menores concentraciones de manganeso, fierro y cobre, en plantas de tomate injertadas sobre el porta injerto Heman, pero encontraron mayores concentraciones de potasio en las plantas injertadas, lo que demuestra que el injerto tiene efecto sobre la nutrición de la variedad.

2.7.4 Resistencia a la salinidad

Algunos porta injertos son capaces de reducir el estrés iónico y mejorar la tolerancia a salinidad del tomate y también pueden mejorar la tolerancia al encharcamiento. Martorana, *et al.* (2007) mencionan que el injerto puede ser una buena estrategia para lidiar con condiciones de estrés por salinidad. Oztekin, *et al.* (2009a) evaluaron dos porta injertos (Beaufort y Heman) con dos soluciones nutritivas, una con baja salinidad y otra con alta salinidad. En cuanto al crecimiento de materia seca reportaron que los porta injertos no tuvieron la misma capacidad para soportar las condiciones de alta salinidad, el porta injerto Heman tuvo una mayor producción de materia seca comparado con el Beaufort. También encontraron que las plantas injertadas sobre ambos porta injertos tuvieron una menor absorción de sodio. Fernández-García, *et al.* (2004) en un estudio de injerto de plantas bajo diferentes niveles de salinidad también reportaron que las plantas injertadas acumulan menores concentraciones de sodio comparadas con las plantas no injertadas. En otro estudio Oztekin, *et al.* (2009b) estudiaron el efecto de plantas injertadas bajo dos niveles de salinidad encontrando que el decremento en rendimiento debido a la salinidad fue menor en las plantas injertadas sobre los porta injertos Maxifort y Vigomax.

Los porta injertos de tomate resistentes a la salinidad también se utilizan para la producción de otras especies. Ruiz, *et al.* (2005) encontraron que utilizando el porta injerto de tomate Brillante indujo resistencia a la salinidad del cultivar de tabaco Sevilla, esta combinación patrón-variedad tuvo la menor concentración foliar de sodio y cloro, la menor oxidación de lípidos y la mayor concentración de azúcares y prolina, además, el contenido de nicotina en el tabaco fue disminuido por el efecto del patrón.

2.7.5 Resistencia a excesos de humedad en el suelo

El injerto de tomate sobre berenjena se utiliza cuando se tienen problemas de exceso de humedad en el suelo. La berenjena es utilizada como porta injerto debido a que sus raíces pueden sobrevivir varios días bajo el agua (Black, *et al.*, 2003). Palada y Wu (2005) reportaron que una opción de producción de tomate en el sureste de Asia es el injerto sobre berenjena, demostrando que con esta técnica se pueden incrementar los rendimientos desde 20% hasta 100%.

2.7.6 Resistencia a altas temperaturas

También se ha encontrado que los porta injertos pueden reducir el estrés de altas temperaturas. Adil, *et al.* (2004) reportaron una mayor producción de biomasa y mayor actividad fotosintética en plantas injertadas de tomate comparadas con plantas no injertadas bajo condiciones de altas temperaturas.

2.7.7 Mayor contenido de licopeno

El injerto de plantas de tomate también tiene efecto en el contenido de algunos metabolitos de la planta como el licopeno. Fernández-García, *et al.* (2004) en un estudio de injerto de plantas de tomate bajo diferentes niveles de salinidad encontraron mayores contenidos de licopeno y β -caroteno en plantas injertadas de tomate comparadas con las no injertadas. Miskovic, *et al.* (2009) también reportaron mayores contenidos de licopeno en frutos procedentes de plantas de tomate injertadas sobre una variedad de berenjena (Madona), sin embargo, los contenidos de licopeno en plantas injertadas sobre los porta injertos Maxifort y Vigomx fueron bajos, demostrando con esto que el contenido de licopeno en los frutos es variable dependiendo del porta injerto que se utilice para el injerto; en este experimento también se encontraron mayores contenidos de vitamina C en las plantas injertadas. También Nuñez-Aguilar, *et al.* (2005) encontraron mayores contenidos de licopeno en frutos de tomate procedentes de plantas injertadas sobre el porta injerto Maxifort.

2.7.8 Tolerancia a enfermedades

En los cultivos hortícolas, el principal objetivo del injerto es obtener resistencia a enfermedades producidas por hongos en el suelo (King, *et al.*, 2008). La variedad sensible a cultivar se injerta sobre una planta resistente a la enfermedad que se desea prevenir, así el porta injerto resiste y permanece sano, asegurando el suministro nutrimental a la variedad sensible. El sistema radicular de los porta injertos sintetiza sustancias tolerantes al ataque de patógenos y estas se transportan a la parte aérea a través del xilema. El porta injerto es el responsable de la tolerancia del patógeno en cuestión, esto quiere decir que si las raíces adventicias o el tallo principal de la variedad entran en contacto con suelo contaminado, la planta puede manifestar la enfermedad (Godoy y Castellanos, 2009). Se ha demostrado que las plantas injertadas son resistentes o tolerantes a enfermedades causadas por: *Pyrenochaeta lycopersici*, *Fusarium oxysporum*, *Verticilium dahliae*, así como a *Colletotrichum coccodes* en combinación con desinfectantes del suelo (Garibaldi, *et al.*, 2008; King, *et al.*, 2008; García, *et al.*, 2007; Rivard, 2006; Castilla-Prados, 2001).

La ventaja del uso de la técnica del injerto para el control de enfermedades se ha demostrado en múltiples investigaciones. Rivard y Louws (2008) encontraron que plantas sin injertar de la variedad German tuvieron incidencia de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) de 79% y 75% en los años 2005 y 2006, respectivamente y las plantas de la misma variedad injertadas sobre CRA 66 y Haewaii 7996 no presentaron síntomas de la enfermedad. Resultados similares fueron encontrados para *Fusarium* (*Fusarium oxiosporum*), en donde se observó una incidencia del 50% en las plantas no injertas, comparadas con plantas injertadas sobre Maxifort, las cuales no presentaron síntomas.

2.8.1.1 Descripción de las enfermedades más importantes que previene el injerto en Tomate

Raíz acorchada o Corky root (*Pyrenochaeta lycopersici*)

La enfermedad toma el nombre del aspecto que toman las raíces principales de la planta ya que se suberifican y pueden presentar fisuras en sentido longitudinal, las raíces secundarias pueden presentar lesiones lisas de color marrón y las raicillas absorbentes prácticamente llegan a desaparecer. El monocultivo de tomate aumenta el porcentaje de inoculo del hongo en el suelo, y este puede permanecer en el por períodos muy largos de tiempo, ya que este se encuentra en la forma de clamidiospora. La temperatura óptima para el desarrollo de este hongo es de 15-20° C, el inconveniente más fuerte es que durante el cultivo no hay ningún método eficaz para eliminar el hongo.

Los principales síntomas del hongo es que las plantas afectadas presentan un desarrollo raquítrico, muestran flacidez foliar en las horas de más calor y la producción se reduce. Hay variedades con una cierta tolerancia, pero una verdadera protección solo la proporciona el injerto sobre algunos porta injertos (Blancard, 1996)

Fusariosis Vascular (*Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici FOL*)

Este hongo penetra en la planta desde el suelo a través de la raíz y se extiende rápidamente a través del xilema en el que provoca una coloración parda que puede ser muy extensa, desde la parte baja del tallo hasta los pecíolos de las hojas. Este hongo tiene alta resistencia en el suelo y en los restos vegetales ya que sus esporas son altamente resistentes a las condiciones adversas y pueden encontrarse en el suelo a más de 80 cm de profundidad, ataca en los períodos más cálidos del año, teniendo como temperatura óptima para su desarrollo 28° C, prefiere particularmente suelos arenosos y ácidos, y actualmente ninguna medida permite controlar eficazmente esta enfermedad con el cultivo establecido.

Los síntomas iniciales que causa este hongo son el amarillamiento de las hojas inferiores y el aspecto decaído de los pecíolos, especialmente en las horas centrales del día. Al principio, los síntomas pueden presentarse sectorialmente en la planta, pudiendo aparecer ramas afectadas mientras otras no muestran ningún síntoma. Finalmente la consecuencia causada por este hongo es la marchitez generalizada de la planta.

Verticiliosis (*Verticilium dahliae* Kleb.)

Produce también marchitamiento de la planta. Tanto la Fusariosis vascular como la verticiliosis son enfermedades que se superponen geográficamente. *V. dahliae* suele atacar con temperaturas suaves entre los 20-23° C; se trata de un patógeno muy polífago que puede afectar a centenares de hospederos, aunque presenta una cierta especialización, siendo algunas cepas más patógenas sobre algunas especies. Los fotoperiodos cortos y las iluminaciones débiles sensibilizan las plantas a la enfermedad, de igual forma, las plantas precoces con follaje reducido y fructificación agrupada son particularmente sensibles. Este hongo sobrevive en el suelo mediante microesclerocios que son órganos de resistencia y pueden permanecer viables durante mucho tiempo.

Las plantas afectadas suelen presentar, al principio, una marchitez transitoria en las horas centrales del día que posteriormente se torna permanente. Paralelamente se observa el amarilleo y posterior secado de las hojas que suele empezar por el ápice de los folíolos y que comienza por las hojas inferiores. Estos síntomas suelen aparecer unilateralmente en una parte de la planta, aunque posteriormente se extienden a toda ella. Dado que estos síntomas pueden confundirse con los de fusariosis vascular, para un correcto diagnóstico de la enfermedad, las plantas deberán ser analizadas en un laboratorio especializado.

Nemátodos

Los nemátodos son organismos que habitan los suelos y aguas de todo el mundo, de tamaño microscópico, vermiformes, semitransparentes, que constituyen una parte

esencial del complejo de problemas radicales que afectan el cultivo de tomate bajo invernadero. El estrés que induce el parasitismo por nematodos puede influir directamente en el rendimiento del tomate y la supervivencia de la planta, debido a los daños provocados en el sistema radicular.

Meleydogyne spp. es el género de mayor importancia en hortalizas, destacando cuatro especies, las cuales son muy comunes en el cultivo de tomate y que han generado problemas serios en la producción: *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*.

El síntoma típico para *Meleiodogyne spp.* es la formación de nódulos de forma irregular en el sistema radical, el punto de crecimiento de la raíz detiene su crecimiento, pero frecuentemente se desarrollan ramificaciones. Bajo infestaciones altas, se reduce el crecimiento de las plantas, se restringe el envío de nutrientes a la parte aéreas de la planta provocando amarillamiento del follaje, marchitamiento y deficiencias nutrimentales (Damian *et al.*, 2009).

El problema de infestación de nemátodos se puede controlar o atenuar con el uso de plantas injertadas. Existen diferentes porta injertos de tomate que son resistentes a *Meleiodogyne spp.*, sin embargo, existe variación en el nivel de resistencia (Cortada, *et al.*, 2008; Cortada, *et al.*, 2009). El injerto también se utiliza en otras especies para obtener resistencia o tolerancia a *Meleiodogyne spp.*

Marchites Bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

Ralstonia solanacearum es una especie bacteriana compleja y está constituida como un patógeno de cuarentena en la Unión Europea por la gravedad de los daños que produce en distintas especies de solanáceas. Causa una enfermedad sistémica, que es el principal problema bacteriano de estos cultivos en zonas templadas y tropicales, pero que aun no está muy extendida por Europa. Sin embargo, en los últimos diez años se han descrito focos de esta bacteriosis en la mayoría de los países europeos, entre ellos España.

Los síntomas de esta enfermedad suelen iniciarse con un aspecto marchito o flácido de las hojas superiores de la planta, que suele avanzar con rapidez hasta la marchites total. El sistema vascular aparece lleno de bacterias, mucus y toma coloración parda u oscura y la médula también suele estar afectada. Si se hacen cortes transversales del tallo, se observan generalmente gotas de exudado lechoso, que no aparecen cuando las lesiones vasculares son debidas a hongos (Blancard, 1996).

Virus del Mosaico del Pepino (PepMV)

Es una enfermedad de aparición relativamente reciente, ocasionada por un virus causante del síndrome conocido como “colapso del tomate”, cuando se encuentran asociados este virus y el hongo quitridial *Olpidium brassicae*. La determinación del síndrome está siendo todavía objeto de estudio pero ya se ha comprobado la eficiencia del injerto en el control del mismo. El virus del mosaico del pepino transmite por semilla y de forma mecánica con gran facilidad.

El virus presenta en tomate una sintomatología muy variable, mosaicos de tonos e intensidades diversas en hojas, mosaico verde claro-oscuro similar al presentado por el virus del mosaico del tomate, mosaico verde-amarillo dorado, filiformismos similares a los presentados por el virus del mosaico del pepino, manchas amarillas en la base del folíolo que se extienden hasta cubrir toda la hoja, folíolos amarillos en su totalidad con islas verdes, rizado internervial, abullonado, estrías en tallo y en el cáliz de las flores, manchas de colores diversos en fruto y madurez irregular de los mismos.

2.8. Hipótesis

Existe evidencia de que la práctica de injerto tiene todos los beneficios antes mencionados, de acuerdo con trabajos realizados en otras regiones, como Japón y Corea (Lee, *et al.*, 1998), Argentina (Mitidieri, *et al.*, 2005), España (Rivero, *et al.*, 2002) y Estados Unidos (Kubota, *et al.*, 2008), por lo que la evaluación de la práctica de injerto para la producción de tomate en Nuevo León ayudará a desarrollar la agricultura protegida en el estado. Con la implementación de esta técnica y con los resultados que se obtengan, se puede identificar la variedad y porta injerto que tengan mayor adaptación. Los resultados de las investigaciones anteriores permiten plantear de manera específica las siguientes hipótesis:

1.- Las variedades de tomate cultivadas con la técnica de injerto, obtendrán mayores rendimientos que las plantas no injertadas en regiones altas y bajas del Estado de Nuevo León.

2.- La variedad Charleston, adaptada para la producción de tomate en invernadero en el Estado de Nuevo León, obtendrá mayor rendimiento que las otras variedades comerciales utilizadas en el Sur del Estado de Nuevo León.

3.- El injerto será efectivo en cuatro tipos de tomate: bola, roma, racimo y uva.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

3.1 Localidad

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía Campus la Ascensión, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de Aramberri, Nuevo León, en las coordenadas 24°06' latitud N y 099°49' longitud oeste, a una altitud de 1800 m sobre el nivel del mar.

3.2 Clima

El clima predominante es del tipo semiárido cuya característica es que la evaporación excede a la precipitación. La precipitación pluvial es escasa, errática y mal distribuida; la media anual en el Altiplano y parte de la Sierra es de 350-500 mm, las lluvias más importantes se presentan en los meses de mayo, agosto y septiembre. La temperatura media anual oscila entre los 14 y 20 °C; existiendo temperaturas bajo cero todos los años durante el invierno. El período libre de heladas varía de 160-210 días ya que las primeras ocurren a mediados de septiembre y las últimas se presentan a fines de marzo y principios de abril.

3.3 Características del Agua y Suelo.

El suelo del invernadero es de textura arcillosa ya que tiene 21.84% de arena, 3.28% de limo y 44.88% de arcilla. La conductividad eléctrica es de 0.76 dS m⁻¹ por lo que es un suelo no salino. En cuanto a la calidad del agua tiene una CE de 0.35 dS m⁻¹ por lo que es óptima para la producción de tomate en invernadero.

3.4 Diseño Experimental

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial incompleto con cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas, de las cuales se seleccionaron 5 para la toma de datos. Los tratamientos para el experimento se listan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos establecidos en el experimento de evaluación de plantas injertadas para la producción de tomate en invernadero en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.

TRAT.	PORTA INJERTO	VARIEDAD	TIPO
1	Multifort	Charleston	Bola
2	Multifort	Phaluka	Bola
3	Multifort	Matías	Bola
4	Maxifort	Charleston	Bola
5	Maxifort	Phaluka	Bola
6	Maxifort	Matías	Bola
7	Beaufort	Phaluka	Bola
8	Beaufort	Matías	Bola
9	Sin injertar	Charleston	Bola
10	Sin injertar	Phaluka	Bola
11	Sin injertar	Matías	Bola

3.5 Invernadero

El invernadero donde se desarrolló el experimento fue un tipo multitúnel de 600 m² (18.5 m x 32.5 m) con altura a la canaleta de 3.3 m con orientación norte-sur, protegido con malla antiáfidos, cuenta con ventanas laterales, el riego se realizó por goteo, y la fertilización por fertirriego.

3.6 Siembra

La siembra se realizó el 03 de marzo del 2008, en charolas de propagación de poliestireno de 200 cavidades. El sustrato que se utilizó fue peat moss de la marca Sun Shine mezcla No. 3. Se sembraron los siguientes porta injertos de la casa comercial De Ruiters Seeds: Maxifort, Multifort y Beufort (Cuadro 3); y las variedades Charleston (Roger Seeds), Matías y Phaluka (De Ruiters Seeds) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características agronómicas de las variedades utilizadas en el experimento realizado en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.

VARIEDAD	CARACTERISTICAS
Charleston	Planta de crecimiento indeterminado, buena cobertura de frutos. Fruto globoso, extra firme, pericarpio grueso y multilocular.
Matías	Variedad de tomate muy productivo de gran calibre. Las frutas de maduración uniforme y coloración homogénea. Presenta una planta vigorosa y de extraordinarias aptitudes productivas.
Phaluka	Tomate bola de alto rendimiento para invernadero. Frutos grandes muy uniformes peso promedio de 220-240 g.

Cuadro 3. Descripción de porta injertos utilizados en el experimento realizado en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.

PORTA INJERTO	CARACTERISTICAS
Beaufort	Híbrido indeterminado, con excelente sistema radicular. Alta tolerancia contra enfermedades de suelo. Induce mayor producción y más calibre de fruta.
Maxifort	Resistencia a bajas temperaturas y a condiciones de alta salinidad.
Multifort	Híbrido interespecífico que posee un vigor similar a Maxifort, se diferencia por tener resistencia a la tercera raza de <i>Fusarium oxysporium</i> f. sp. <i>Lycopersici</i>

Los porta injertos antes mencionados presentan resistencia a los siguientes patógenos: Virus del mosaico del tabaco, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycopersici*, *Verticillium dahliae* y *Meleiodogyne* spp.

3.7 Desarrollo de Plántula

El desarrollo de la plántula se llevó a cabo en un invernadero de dos aguas, de 300 m² (30 m x10 m) de una altura de 2.84 m y está orientado de norte a sur, cubierto solo por malla antiáfidos, ubicado en la Facultad de Agronomía de la UANL, Campus Escobedo, Nuevo León.

El procedimiento que se siguió para el desarrollo de la plántula, es el establecido en el manual de tomate en invernaderos, desarrollado por el Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, *et al.*, 2004).

3.8 Injerto

El método que se utilizó para la práctica del injerto fue el de empalme y el proceso que se utilizó fue el siguiente:

- Se desinfectó con una solución de cloro al 1% el área donde se realizó el injerto (Figura 1).



Figura 1. Desinfección del laboratorio con solución de cloro al 1% para la realización de la técnica de injerto.

- Las plántulas fueron llevadas del semillero al laboratorio donde se realizó la práctica del injerto (Figura 2).



Figura 2. Las plantas fueron llevadas al laboratorio para realizar el injerto.

- Se repicaron las charolas del patrón, esto quiere decir que se separaron las plántulas en las charolas, colocándolas intercaladas dejando espacios entre plantas, quedando 100 plantas por charola (Figura 3).



Figura 3. Charola repicada para realizar el injerto.

- Se cortó el porta injerto por debajo de los cotiledones, en forma de bisel de 45-55° (Figura 4).



Figura 4. Corte del porta injerto para realizar el injerto.

- Se colocó la pinza de silicón (material que une el porta injerto y la variedad para la cicatrización del corte) (Figura 5).



Figura 5. Pinza de silicón colocada sobre el porta injerto para sostener la variedad.

- Se cortó el tallo de la variedad, realizando un corte en bisel de 45-60°, a dos centímetros por encima de los cotiledones (Figura 6)



Figura 6. Corte de la variedad con navaja de un filo.

- Se ensamblaron las plantas uniendo perfectamente los dos cortes colocando la parte aérea de la variedad en el porta injerto cuidando que los ángulos de corte coincidieran (Figura 7).



Figura 7. Planta injertada donde está unido porta injerto y variedad por medio de la pinza de silicón (Limón, 2008)

3.9 Post-injerto

El manejo post-injerto, es una etapa crítica, para lo cual se estableció una cámara hermética donde se mantuvo alta humedad relativa y se redujo la intensidad lumínica para favorecer la cicatrización de la herida realizada al hacer el injerto. En esta cámara las plántulas injertadas permanecieron por un período de 6 a 7 días. Al llevarse a cabo la cicatrización del injerto, pasaron 7 días como período de aclimatación en el semillero para que toleraran las condiciones normales de ambiente antes de llevarlas al invernadero multitúnel (Limón, 2008).



Figura 8. Se mojaron las paredes de la cámara de prendimiento para incrementar la humedad relativa y favorecer la unión del injerto

3.10 Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el 23 de abril del 2008, el marco de plantación utilizado fue a doble hilera con distancia entre hileras de 50 cm y distancia entre plantas a 40 cm en tresbolillo. Al momento de realizar el trasplante las plántulas fueron tratadas con una solución de un fertilizante, dos fungicidas y un insecticida, de los cuales se aplicó el fertilizante Raizal 400 en dosis de 5 g l⁻¹, Previcur N en dosis de 5 ml l⁻¹, Derosal en dosis de 3 ml l⁻¹ y un insecticida sistémico contra la mosca blanca Confidor, 8 ml l⁻¹.

3.11 Prácticas Culturales

El manejo del cultivo en cuanto a prácticas culturales se desarrolló de acuerdo al manual de producción de cultivo de tomate en invernaderos establecido por el Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares *et al.*, 2004). Dentro de las prácticas que se realizaron se encuentran las siguientes: tutoro, poda de formación, desbrote, raleo de frutos, deshoje, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades y cosecha de frutos.

3.12 Variables

A partir del trasplante, se seleccionaron 5 plantas por tratamiento a las que se les midieron las siguientes variables hasta el decimo racimo:

- Número de frutos, contando en cada cosecha los frutos por racimo.
- Peso de los frutos por planta, sumando el peso de los frutos por racimo.
- Diámetro polar y ecuatorial del fruto, eligiendo por racimo un fruto y midiéndolo con un Vernier.

EXPERIMENTO 2

3.13 Localidad

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía Campus Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de Escobedo, Nuevo León, en las coordenadas 25°45' latitud Norte, 100°17' longitud Oeste, a una altitud de 427 msnm.

3.14 Clima

El clima de Escobedo se puede situar entre los climas secos (Bso), asociado al tipo de vegetación de los matorrales espinosos y desérticos. La mayor parte del territorio está catalogado como sub-tipo seco cálido con lluvias en verano; dentro de la estación de lluvias también se presenta sequía de medio verano. Una precipitación anual que oscila entre los 400 y 600 mm; la mayor parte del municipio presenta una temperatura media anual que fluctúa entre los 22 y 24°C.

En cuanto a humedad, es bastante baja y se deriva de los factores antes mencionados y de la influencia de vientos secos en la zona, esta sequedad es un poco suavizada por los vientos alisios que le proporcionan humedad en cierta medida.

3.15 Suelo y Agua

El suelo del invernadero es de textura arcillosa ya que tiene 19.54% de arena, 25.28% de limo y 54.88% de arcilla. La conductividad eléctrica es de 6.8 dS m⁻¹ por lo que es un suelo salino. En cuanto a la calidad del agua tiene una CE de 2.47 dS y un pH de 7.1.

3.16 Diseño Experimental

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial incompleto con cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas, de las cuales se seleccionaron 5 para la toma de datos. Los tratamientos para el experimento se listan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos establecidos en el experimento de evaluación de plantas injertadas para la producción de 4 tipos de tomate en suelo en invernadero en Escobedo, Nuevo León.

TRAT	PORTA INJERTO	VARIEDAD	TIPO
1	Beaufort	Charleston	bola
2	Beaufort	DRK	roma
3	Beaufort	Ámsterdam	uva
4	Beaufort	DRW	racimo
5	Multifort	Charleston	bola
6	Multifort	DRK	roma
7	Multifort	Ámsterdam	uva
8	Multifort	DRW	racimo
9	Maxifort	Ámsterdam	uva
10	Maxifort	DRK	roma
11	Maxifort	DRW	racimo
12	Sin injertar	Ámsterdam	uva
13	Sin injertar	DRW	bola
14	Sin injertar	DRK	roma
15	Sin injertar	Charleston	racimo

3.17 Invernadero

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo israelita de 1000 m², con altura a la canaleta de 4 m, orientado Norte-Sur, cuenta con ventanas laterales y cenitales semi-automatizadas, con fertirrigación por medio de riego por goteo.

3.18 Siembra

La siembra se realizó el 11 de Agosto del 2008 en charolas de propagación de poliestireno de 200 cavidades. El sustrato que se utilizó fue peat moss de la marca Sun Shine mezcla No. 3. Se sembraron los siguientes porta injertos de la casa comercial De Ruiters Seeds: Maxifort, Multifort y Beufort; y las variedades Charleston (Roger Seeds) tipo bola, Ámsterdam tipo uva, DRK tipo roma y DRW tipo racimo (De Ruiters Seeds). En los Cuadros 5 y 6 se describen las características agronómicas de las variedades y porta injertos utilizados en el experimento.

Cuadro 5. Características Agronómicas de las variedades utilizadas en el experimento realizado en Escobedo, Nuevo León.

VARIEDAD	CARACTERISTICAS
Charleston	Planta de crecimiento indeterminado, buena cobertura de frutos. Tipo de fruto globoso, extra firme, pericarpio grueso y multilocular.
Ámsterdam	Planta de crecimiento indeterminado, vigorosa con entre nudos cortos, adecuado para larga cosecha, tipo de fruto grape con un peso promedio de 100-120 g.
DRK 2170	Planta de crecimiento indeterminado, fruto tipo ramo pera, alta resistencia, vigor moderado, promedio peso fruto 160 g. Planta color verde oscuro de alto rendimiento.
DRW 7418	Planta de crecimiento indeterminado, color verde oscuro, fruto forma redonda peso promedio 130 g de color rojo profundo.

Cuadro 6.- Descripción de porta injertos utilizados en el experimento realizado en Escobedo Nuevo León.

PORTA INJERTO	CARACTERISTICAS
Beaufort	Híbrido indeterminado con excelente sistema radicular. Alta tolerancia contra enfermedades de suelo. Induce mayor producción y más calibre de la fruta.
Maxifort	Plantas con mayor vigor, resistencia a bajas temperaturas, a condiciones de alta salinidad y a condiciones de cultivo muy extremas.
Multifort	Híbrido inter específico que posee un vigor similar a Maxifort, se diferencia por tener resistencia a la tercera raza de <i>Fusarium oxysporium</i> f. sp. <i>lycopersici</i> .

Los porta injertos antes mencionados presentan resistencia a los siguientes patógenos: Virus del mosaico del tabaco, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycopersici*, *Verticillium dahliae* y *Meleiodogyne* spp.

3.19 Desarrollo de Plántula

El desarrollo de la plántula se llevó a cabo en un invernadero de dos aguas, de 300 m² (30 m x10 m) de una altura de 2.84 m y está orientado de norte a sur, cubierto solo por malla antiáfidos.

El procedimiento que se siguió para el desarrollo de la plántula es el establecido en el manual de tomate en invernaderos, desarrollado por el Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, *et al.*, 2004).

3.20 Injerto y Post-injerto

El método que se utilizó para la práctica del injerto fue el de empalme. El proceso se realizó el 08 de Agosto del 2008 y el procedimiento que se siguió fue el mismo que se utilizó en el Experimento 1, descrito anteriormente.

3.21 Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el 2 de Octubre del 2008, el marco de plantación utilizado fue a doble hilera con distancia entre hileras de 50 cm y distancia entre plantas a 40 cm en tresbolillo. Al momento de realizar el trasplante las plántulas fueron tratadas con una solución de fertilizante, fungicidas y un insecticidas, de los cuales se aplicó Raizal 400 en dosis de 5 g l⁻¹, Previcur N en dosis de 5 ml l⁻¹, Derosal en dosis de 3 ml l⁻¹ y Confidor, un insecticida sistémico contra la mosca blanca del cual se aplicaron 8 ml l⁻¹.

3.22 Prácticas Culturales

El manejo del cultivo en cuanto a prácticas culturales se desarrolló de acuerdo al manual de producción de cultivo de tomate en invernaderos establecido por el Proyecto Invernaderos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares *et al.*, 2004). Dentro de las practicas que se realizaron se encuentran las siguientes: tutoreo, poda de formación, desbrote, raleo de fruto, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, deshoje y cosecha de frutos.

3.23 Variables

A partir del trasplante, se seleccionaron 5 plantas por tratamiento a las que se les midieron las siguientes variables hasta el décimo racimo:

- Número de frutos, contando en cada cosecha los frutos por racimo
- Peso de los frutos por planta, sumando el peso de los frutos por racimo
- Diámetro polar y ecuatorial del fruto, eligiendo un fruto por racimo y midiéndolo con un vernier

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del Experimento 1

En el experimento 1 se estudiaron tres porta injertos y un testigo (planta sin injertar) y tres variedades en el Sur del Estado en la localidad de La Ascensión. Las variables estudiadas fueron número de frutos, rendimiento por planta, diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos. En la siguiente sección se presentan los resultados analizados a través de un arreglo factorial.

El análisis de varianza para el número de frutos resultó con diferencias significativas entre los porta injertos ($p = 0.007$) y variedades ($p = 0.007$) y no mostró efectos significativos en la interacción ($p=0.210$; Cuadro A1). La comparación de medias para porta injertos mostró que Multifort y Maxifort resultaron con los mayores números de frutos por planta (Cuadro 7). La variedad con el mayor número de frutos fue Charleston, la cual resultó superior a Phaluka y Matías (Cuadro 8).

Cuadro 7. Comparación de medias de porta injertos para número de frutos por planta y rendimiento por planta en el Experimento 1.

Porta injerto	Número de Frutos	Rendimiento (Kg)
Multifort	32.048 a	6.688 a
Maxifort	31.454 a	6.562 a
Beaufort	27.281 b	5.762 b
Testigo	26.883 b	5.000 c

a, b, c: letras iguales dentro de la misma columna indican que no hay diferencia significativa entre las porta injertos.

El análisis de varianza para el rendimiento resultó con diferencias significativas para porta injertos ($p=0.000$), no se encontraron diferencias significativas entre las variedades ($p=0.958$) ni efecto de la interacción ($p=0.065$; Cuadro A2). Los porta

injertos con mayor rendimiento fueron Multifort y Maxifort, los cuales superaron al Beaufort y testigo. Sin embargo, el patrón Beaufort resultó superior al testigo (Cuadro 7).

En cuanto a la calidad de la fruta, evidenciada a través del diámetro polar, se encontró en el análisis de varianza una diferencia significativa entre las variedades ($p=0.001$), entre los porta injertos ($p=0.034$) y en la interacción de los factores ($p=0.030$; Cuadro A3). Debido a que la interacción resultó significativa se compararon las variedades dentro de cada patrón y los porta injertos dentro de cada variedad. En la comparación de variedades dentro de cada patrón, la variedad Charleston presentó los menores diámetros polares en todos los porta injertos y el testigo. La variedad Phaluka resultó con mayores diámetros polares cuando se injertó sobre Multifort y Maxifort, comparada con las variedades Charleston y Matías, también en el patrón Beaufort la variedad Phaluka fue superior a Matías (Cuadro 9). En el testigo, la variedad con mayores diámetros fue Matías, esto indica que la variedad Phaluka pudiera responder mejor al injerto en cuanto a tamaño de fruto. En la comparación de porta injertos dentro de variedades se encontró que todos los porta injertos resultaron con mayor tamaño de fruto cuando se injertó la variedad Phaluka, comparados con el testigo (Phaluka sin injertar). Este resultado también muestra que la variedad Phaluka respondió mejor al injerto comparada con las otras variedades. En el caso de la comparación de porta injertos en las otras variedades no se encontraron diferencia significativa entre ellos (Cuadro 10).

El diámetro ecuatorial también resultó con diferencias significativas entre las variedades ($p=0,026$), de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A4), sin embargo, los porta injertos ($p=0.133$) e interacción ($p=0.954$) no resultaron con efectos significativos. La comparación de medias para variedades mostró que la variedad Charleston resultó con menor diámetro ecuatorial comparada con las variedades Phaluka y Matías (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de variedades para número de frutos por planta y diámetro y ecuatorial de frutos del experimento 1.

Variedades	Número de Frutos	Diámetro Ecuatorial (mm)
Charleston	33.224 a	74.445 b
Phaluka	28.086 b	77.084 a
Matías	28.425 b	77.377 a

a, b: letras iguales dentro de la misma columna indican que no hay diferencia significativa entre las variedades.

Cuadro 9. Comparación de medias de variedades dentro de porta injertos para diámetro polar del experimento 1.

Variedades	Multifort	Maxifort	Beaufort	Testigo
Charleston	61.193 b	60.094 b		59.573 b
Phaluka	63.943 a	63.222 a	62.995 a	60.201 b
Matías	62.444 b	61.203 b	61.028 b	62.642 a

a, b: letras iguales dentro de la misma columna indican que no hay diferencia significativa entre las variedades.

Cuadro 10. Comparación de medias de porta injertos dentro de variedades para diámetro polar en el experimento 1.

Variedades	Multifort	Maxifort	Beaufort	Testigo
Charleston	61.193 a	60.094 a		59.573 a
Phaluka	63.943 a	63.222 a	62.995 a	60.201 b
Matías	62.444 a	61.203 a	61.028 a	62.642 a

a, b: letras iguales dentro de la misma hilera indican que no hay diferencia significativa entre los porta injertos.

4.2. Resultados del Experimento 2

En el Experimento 2 se estudiaron los porta injertos Multifort, Maxifort y Beaufort, injertando sobre cuatro tipos de tomate: bola, roma, uva y racimo, correspondiente a las variedades Charleston, DRK, Ámsterdam y DRW, respectivamente, también se incluyeron las variedades sin injertar.

Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas para las variedades en cuanto al número de frutos ($p=0,000$), también se observaron diferencias entre los porta injertos (0.009) y el efecto de interacción (0.027; Cuadro A5). El diferente número de frutos entre las variedades de tomate se esperaba de antemano debido al tamaño de los frutos en cada tipo. El tomate uva de la variedad Ámsterdam tuvo el mayor número de frutos en todos los porta injertos y el testigo, seguido del tipo racimo (variedad DRW), el tipo roma (variedad DRK) y finalmente el tipo bola (variedad Charleston) que obtuvo el menor número de frutos (Cuadro 11). En la comparación de los porta injertos dentro de cada variedad destaca el tomate tipo uva, en donde el testigo tuvo un mayor número de frutos que las plantas injertadas, lo que pudiera evidenciar un efecto negativo del patrón; en los otros tipos de tomate no se encontraron diferencias significativas entre los porta injertos y el testigo (Cuadro 12).

Cuadro 11. Comparación de tipos de tomates (variedades) dentro de cada patrón para el número de frutos en el Experimento 2.

	Multifort	Maxifort	Beaufort	Testigo
bola	40.250 d	37.538 c		41.300 c
roma	55.767 c	55.550 b	53.750 c	60.150 b
racimo	65.913 b	60.462 b	68.125 b	64.038 b
uva	130.650 a	123.771 a	116.450 a	142.400 a

a, b, c: letras iguales dentro de la misma columna indican que no hay diferencia significativa.

Cuadro 12. Comparación de porta injertos dentro de tipo de tomates (variedades) para número de frutos en el Experimento 2.

	Multifort	Maxifort	Beaufort	Testigo
bola	40.250 a	37.538 a		41.3 a
roma	55.767 a	55.55 a	53.75 a	60.15 a
racimo	65.913 a	60.462 a	68.125 a	64.038 a
uva	130.65 b	123.771 bc	116.45 c	142.4 a

a, b, c: letras iguales dentro de la misma hilera indican que no hay diferencia significativa entre los porta injertos.

En el análisis de varianza para el rendimiento por planta se detectaron varianzas heterogéneas entre los tratamientos a través de la prueba de Levene (Montgomery, 2004), las varianzas heterogéneas se debieron a que la variedad *Ámsterdam* presentó varianzas más pequeñas que las otras variedades, por lo que se realizaron dos análisis de varianza, uno en donde se incluyen las variedades *Charleston*, *DRW* y *DRK* y los porta injertos; y otro análisis en donde se comparan los porta injertos dentro de la variedad *Ámsterdam*.

El análisis de varianza para rendimiento por planta en donde se comparan las tres variedades antes descritas y los porta injertos mostró diferencias significativas entre las variedades ($p=0.000$), pero no hubo diferencias entre los porta injertos ($p=0.254$) ni en la interacción ($p=0.390$; Cuadro A6). Las variedades tipo bola (*Charleston*) y tipo racimo (*DRW*) obtuvieron los mayores rendimientos, seguida de la variedad tipo roma (*DRK*) (Cuadro 13).

El análisis de varianza para el rendimiento para comparar los porta injertos dentro de la variedad *Ámsterdam* mostró diferencias significativas ($p=0.008$, Cuadro A7). La comparación de medias mostró que los mayores rendimientos se obtuvieron con las plantas no injertadas (testigo) (Cuadro 14), por lo que esto pudiera evidenciar algún antagonismo entre los porta injertos y el tipo de tomate uva, variedad *Ámsterdam*.

El tamaño del fruto se estudió a través del diámetro polar y ecuatorial. En cuanto al diámetro polar, se encontró diferencias significativas entre las variedades de tomate ($p=0.000$) y entre los porta injertos ($p=0.014$), no se encontró efecto de la interacción (Cuadro A8). Las diferencias entre las variedades en diámetro polar se esperaban de antemano debido a los tipos de tomate; los frutos más grandes en cuanto a diámetro polar fueron los del tipo roma variedad DRK, seguidos de la variedad Charleston (Cuadro 13). Los porta injertos también mostraron diferencias significativas en diámetro polar, Multifort no tuvo diferencias significativas con el testigo, sin embargo los otros porta injertos resultaron inferiores al testigo a esta característica (Cuadro 14).

Cuadro 13. Rendimiento por planta, diámetro polar y ecuatorial de frutos de cuatro tipos de tomates del experimento 2.

Tipo	Rendimiento (Kg)	Diámetro Polar (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)
bola	6.154 a	56.405 b	71.597 a
roma	5.076 b	62.861 a	52.510 c
racimo	6.310 a	49.267 c	62.729 b
uva	**	33.889 d	24.229 d

a, b, c, d: letras iguales dentro de la misma hilera indican que no hay diferencia significativa entre los tipos de tomate.

** En el análisis de varianza no se incluyó el tipo uva debido a que se encontraron varianzas diferentes evidenciadas por la prueba de Levene.

Cuadro 14. Comparación de medias de porta injertos en cuanto al rendimiento por planta en el tomate tipo uva (variedad Ámsterdam) en el experimento 2.

Tipo	Rendimiento (Kg)
Multifort	1.322 ab
Maxifort	1.188 b
Beaufort	1.136 b
Testigo	1.558 a

a, b: letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre los porta injertos.

El diámetro ecuatorial también fue diferente en los tipos de tomate (variedades) ($p=0.000$), pero no fue diferente en cuanto a los porta injertos ni la interacción ($p=0.609$ y $p=0.100$, respectivamente) (Cuadro A9). El tipo de tomate con el mayor diámetro ecuatorial fue el bola, seguido del tipo racimo (Cuadro 13).

Cuadro 15. Comparación de medias de porta injertos en cuanto al diámetro polar de frutos en el experimento 2.

Tipo	Diámetro Polar (mm)
Multifort	50.371 ab
Maxifort	49.922 bc
Beaufort	49.205 c
Testigo	51.124 a

a, b, c: letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre los porta injertos.

V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados del Experimento 1

En el Experimento 1, realizado en la Ascensión, N. L., se obtuvieron diferencias significativas entre las variedades estudiadas en cuanto a número de frutos. La variedad Charleston obtuvo un mayor número de frutos comparada con las variedades Phaluka y Matías. En experimentos previos (Marta-Vicente, 2005) se identificó a la variedad Charleston como sobresaliente, por lo que el Proyecto Invernaderos de la UANL la recomendó a los invernaderos comerciales del Estado, siendo hasta la fecha la variedad que más se siembra. En el Experimento 1 también se encontró que las variedades Phaluka y Matías tuvieron un mayor tamaño de fruto y no se encontró diferencia significativa en rendimiento con la variedad Charleston, por lo que estas variedades pudieran utilizarse en regiones en donde, por las condiciones climáticas, el tamaño del fruto pudiera ser muy pequeño.

En el Experimento 1 se encontró un efecto importante de los porta injertos sobre el número de frutos por planta. Los porta injertos Maxifort y Multifort tuvieron un mayor número de frutos comparados con el patrón Beaufort y el testigo. Resultados similares fueron encontrados por Kacjan y Osvald (2004), quienes reportaron un mayor número de frutos en plantas injertadas de la variedad Monroe sobre Beaufort en un experimento realizado en un suelo libre de patógenos. Sin embargo Tabares y Alamo (2002) no encontraron diferencias entre plantas injertadas y no injertadas en cuanto al número de frutos.

En el Experimento 1 se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre las plantas injertadas y no injertadas, encontrando mayores rendimientos en las plantas injertadas. Los porta injertos con mayores rendimientos fueron el Multifort y Maxifort, seguidos de Beaufort, con rendimientos superiores al testigo (sin injertar) de 24.9%, 23.9% y 13.3%, respectivamente. Resultados similares han sido reportados por

otros autores. Miskovic, *et al.* (2009) en experimentos sucesivos en tres años, encontraron mayores rendimientos en plantas injertadas, comparadas con las plantas no injertadas, las diferencias fluctuaron entre 6% y 39%. Fernandez, *et al.* (2004) reportaron mayores rendimientos en plantas injertadas comparadas con plantas no injertadas en condiciones de baja salinidad. Khah, *et al.* (2006), también encontraron mayores rendimientos en experimentos en invernadero y campo abierto usando dos porta injertos; los rendimientos reportados fueron superiores al testigo hasta en un 32.5%. También Öztekin, *et al.* (2009a), reportaron una mayor acumulación de materia seca diaria en plantas injertadas sobre el patrón Beaufort. En otro experimento, Öztekin, *et al.* (2009b) encontraron mayores rendimientos en plantas injertadas bajo condiciones de baja (2 dS m^{-1}) y alta salinidad (4 dS m^{-1}) en la solución nutritiva, en baja salinidad los rendimientos fueron mayores en 12% y 18% para los porta injertos Maxifort y Vigomax, respectivamente y en alta salinidad los rendimientos fueron superiores en 19% y 13% en los mismos porta injertos, respectivamente.

En el Experimento 1 también se obtuvieron diferencias significativas entre las plantas injertadas y no injertadas en el tamaño de fruto, evidenciado por el diámetro polar de los frutos, encontrando mayores tamaños de fruto en las plantas injertadas en la variedad Phaluka. Los resultados coinciden con los reportados por Godoy, *et al.* (2009), quienes reportaron una mayor proporción de fruta grande en las plantas injertadas, comparadas con las no injertadas. Esto lo explicaron debido a que las plantas injertadas mostraron un mayor vigor al final del ciclo. Pogonyi, *et al.* (2005) encontraron mayores rendimientos en las plantas injertadas en el patrón Beaufort y explicaron este resultado debido al efecto del patrón en el tamaño del fruto. También Davis, *et al.* (2008) mencionan que el tamaño del fruto puede ser afectado por el patrón en plantas injertadas.

La adopción de la tecnología del injerto se ha estado incrementando debido a que ayuda en la prevención de enfermedades del suelo (King, *et al.*, 2008) y al ataque de nematodos (Cortada, *et al.*, 2009; López-Pérez, 2006; González, *et al.*, 2008). En la presente investigación no se presentaron enfermedades ni presencia de nemátodos, por lo que el mayor rendimiento, número de frutos y tamaño de frutos en las plantas

injertadas se debió al mayor vigor producido por el patrón. De Miguel (2007) menciona que una de las finalidades del injerto es la de incrementar los rendimientos, aún y cuando el suelo no esté infectado. Kacjan-Marsic y Osvald (2004) encontraron mayores rendimientos en plantas injertadas de la variedad Monroe sobre Beaufort en un experimento realizado en un suelo libre de patógenos, el mayor rendimiento fue explicado debido a un vigoroso crecimiento radicular del patrón, también se mencionó una mayor absorción de agua y nutrimentos. Öztekin, *et al.* (2009b) encontraron un mayor consumo de agua en plantas injertadas bajo condiciones hidropónicas, comparadas con plantas no injertadas. Los porta injertos de las plantas injertadas tienen un desarrollo radicular muy extenso comparado con las variedades o híbridos que se injertan sobre ellos. Este desarrollo radicular permite una mayor absorción de agua. Delshad, *et al.* (2009) encontraron que plantas injertadas tuvieron una mayor habilidad para absorber agua bajo condiciones de estrés de humedad, comparadas con plantas no injertadas. También se ha reportado que el extenso desarrollo radicular permite una mayor absorción de nutrimentos debido a que el extenso sistema radicular tiene la capacidad de explorar un volumen mayor de suelo. También se ha demostrado que las plantas injertadas tienen una mayor tolerancia a bajas temperaturas (Venema, *et al.*, 2008), por lo que si se considera que las temperaturas al trasplante y en el desarrollo vegetativo del cultivo en la Ascensión fueron muy bajas, se puede explicar en parte los mayores rendimientos de las plantas injertadas en esta localidad debido a una mejor absorción de agua y nutrimentos.

5.2. Discusión de Resultados del Experimento 2

En el Experimento 2 no se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre las variedades tipo bola y racimo, lo cual puede ser interesante para los productores de tomate en invernadero en el Estado de Nuevo León debido a que en Estados Unidos existe una tendencia creciente hacia la preferencia del tomate racimo, el cual puede alcanzar mayores precios que el tomate bola. Otro resultado significativo en la comparación de los rendimientos entre las variedades es que el tomate tipo roma resultó con menores rendimientos; en el mercado nacional el tomate tipo roma tiene menores precios que el tomate bola, por lo que si no existen mayores rendimientos en el invernadero la sugerencia hacia los productores es que se siembre el tipo bola en el Estado de Nuevo León. Este resultado fue confirmado en los invernaderos El Centenario, en donde se sembraron a nivel comercial tomate tipo bola y roma, resultando con menores rendimientos el roma, por lo que en el ciclo del 2009-2010 se decidió sembrar únicamente tomate bola (Com. Per. Ing. Margarito López Aquino, gerente técnico). En el experimento resultó con menores rendimientos el tomate tipo uva, sin embargo, este tipo de tomate se puede comercializar con mayores precios debido a que su consumo es tipo gourmet y es muy apreciado para incluirse en platillos de ensalada, sin embargo en México el mercado es muy restringido, por lo que se debería buscar su exportación.

En el Experimento 2, en Escobedo, N. L., no se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre las platas injertadas y sin injertar para los tomates tipo bola, racimo y roma. Estos resultados son contradictorios comparados con los que se encontraron en el experimento 1 en La Ascensión, N. L. Sin embargo, las condiciones de cultivo fueron muy diferentes, debido a que en La Ascensión el trasplante se realizó en primavera cuando las temperaturas eran muy bajas y el ciclo fue de abril-septiembre, además, en general las temperaturas en la Ascensión son muy bajas comparadas con las de Escobedo, por lo que las plantas crecieron con un desarrollo equilibrado entre el desarrollo vegetativo y reproductivo, comparado con las condiciones de Escobedo, en donde el trasplante se realizó cuando las temperaturas todavía eran muy altas en el mes

de septiembre, por lo que las plantas crecieron con un abundante desarrollo vegetativo, además las plantas fueron entutoradas a un tallo, lo que ocasionó un mayor vigor en las plantas injertadas y un abundante crecimiento vegetativo. Otras investigaciones han reportado que el injerto puede inducir resistencia a bajas temperaturas (Venema, *et al.*, 2008) y altas temperaturas (Rivero, *et al.*, 2003).

Resultados semejantes fueron encontrados por Godoy, *et al.* (2008), quienes no encontraron diferencias significativas en rendimiento entre las plantas injertadas y no injertadas, también con clima caliente en la etapa de desarrollo vegetativo, lo que indujo a un exagerado crecimiento vegetativo. Otros investigadores no han encontrado diferencias significativas en rendimiento entre plantas injertadas y no injertadas (Peil y Gálvez, 2004; Tabares y Alamo, 2002). Davis, *et al.* (2008) mencionan que los diferentes reportes sobre el incremento en rendimiento debido al injerto de plantas de tomate se deben en parte a los diferentes ambientes de producción. Lee (1994) menciona que los incrementos en rendimiento debidos al injerto son más aparentes bajo condiciones menos favorables de cultivo.

En el Experimento 2 también se encontraron mayores rendimientos y un mayor número de frutos en las plantas no injertadas de la variedad *Ámsterdam* tipo uva, comparada con las injertadas en los porta injertos *Multifort* y *Maxifort*, y sin diferencias significativas con el patrón *Beaufort*. Este resultado es aparentemente contradictorio a la hipótesis planteada inicialmente en donde se establece que las plantas injertadas inducen un mayor vigor y por lo tanto se espera un mayor rendimiento. Sin embargo, hay documentación de experimentos previos en donde se establece que algunos porta injertos no son compatibles con algunas variedades. Kawaguchi, *et al.* (2008) encontraron que plantas injertadas tuvieron incompatibilidad del patrón y la variedad injertada, lo que se evidenció por un marchitamiento por falta de agua, debido a una baja conductividad hidráulica en la unión del patrón y la variedad.

VI. CONCLUSIONES

1.- El injerto de plantas de tomate incrementó el rendimiento de las variedades en la Ascensión, Aramberri, Nuevo León, sin embargo en la localidad de Escobedo, N. L. no se identificaron incrementos en rendimiento debido a la técnica de injerto.

2.- En La Ascensión Aramberri, Nuevo León, se encontró superioridad en rendimiento de la variedad Charleston sobre las otras variedades de tomate tipo bola: Phaluka y Matías.

3.- En Escobedo, N. L. se observó buena compatibilidad de los porta injertos en los tomates tipo bola, roma y racimo e incompatibilidad de los porta injertos con el tomate tipo uva.

4.- En Escobedo, N. L. los tomates tipo bola y racimo superaron al tipo Roma en cuanto al rendimiento.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Adil, H. A., N. Gruda, and B. Geyer. 2004. Effect of temperature and grafting on the growth and development of tomato plants under controlled conditions. Dautscher Tropentag. www.tropentag.de/2004/abstracts/full/106.pdf
- Bekhradi, F., A. K. Kashi, and M. Delshad. 2009. Effect of different Cucurbits rootstocks on vegetative and yield of watermelon. *Acta Hort.* 907:649-654.
- Black, L. L., D. L. Wu, J. F. Wang, T. Kalb, D. Abbass, and J. H. Chen. 2003. Grafting tomatoes for production in the hot-wet season. *International Cooperators' Guide*. Asian Vegetable Research Development Center. Pub. 03-551.
- Blancard, D. 1996. *Enfermedades del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, INRA.
- CEI-RD. 2007. *Perfil Económico del tomate*. Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana. Gerencia de Inteligencia de Mercados.
- Castellanos, Z. J. y C. Borbon-Morales. 2009. Panorama de la horticultura protegida en México. In: J. Z. Castellanos (Ed). *Manual de producción de tomate en invernadero*. Intagri. 458 pp.
- Castilla, N. 2005. *Invernaderos de plástico, tecnología y manejo*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Castilla, N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. In: F. Nuez. (Ed), *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, España. 793 pp.
- Chen, H., and Y. Q. Wang. 2006. Genetic variations in the graft union of tomato and eggplant. *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.* 1(1):37-41.

- Colla, G., Y. Roupael, and M. Cardarelli. 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience* 41(3):622-627.
- Colla, G., Y. Roupael, M. Cardarelli, O. Temperini, E. Rea, A. Salerno, and F. Pierandrei. 2008. Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum*, L.) grown under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 782:359-363.
- Cortada, L., F. J. Sorbías, and C. Ornat. 2009. Response of tomato rootstocks carrying the Mi-resistance gene to populations of *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* and *M. javanica*. *Eur. J. Plant Pathol.* 124:337-343.
- Cortada, L., F. J. Sorbías, and C. Ornat, I. Kaloshian, and S. Verdejo-Lucas. 2008. Variability in infection and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato rootstocks with the Mi resistance gene. *Plant Pathol.* 57(6):1125-1135.
- Damian-Garcia, J., J. P. Tehuacatl-Xalamihua, J. L Mera-Hernandez. 2009. Nematodos pp. 403-408. In: J. Z. Castellanos (Ed). *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*, INTAGRI.
- Davis, A. R., P. Perkins-Veazle, R. Hassell, A. Levi, S. R. King, and X. Zhang. 2008. Grafting effects on vegetable quality. *HortScience* 43(6):1670-1672.
- De la Torre, F. 2005. Injertos Hortícolas. En *Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas*. Ed. I. M. Cuadrado-Gómez, M. C. García-García y M. M. Fernández-Fernández. *Curso de Especialización*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera -IFAPA- CIFA, Almería, España.
- De la Torre, F. y De Miguel, A. 2007. *Injerto de Hortalizas*. 2007. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca.

- De Miguel, A. 2007. Finalidad del Injerto. En Injerto de Hortalizas. Ed. De Miguel A., y M. Martín. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. España. Cap. 2: 23-26.
- De Miguel, A, y J. V. Maroto. 2007. Introducción. En Injerto de Hortalizas. Ed. De Miguel A., y M. Martín. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. España. Cap 1: 17-19.
- Delshad, M., A. Kashi, M. Babalar, M. Dorais, and A. Gosselin. 2009. Water stress detection in grafted and non-grafted greenhouse tomato plants by chlorophyll fluorescence parameters. *Acta Hort.* 807:643-648.
- Edelstein, M., M. Ben-Hur, and Z. Plaut. 2008. Response of grafted and non-grafted melon plants to effluent and boron under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 2008:325-333.
- Fernández-García, N, V. Martinez, A. Cerda, and M. Carvajal. 2004. Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. *J. Hort. Sci. and Bio.* 79(6):995-1001.
- García-Jiménez, J., M. M. López y C. Jordá. 2007. Enfermedades más importantes que previene el injerto. In. Injerto de Hortalizas. De Miguel A., y M. Martín (Ed.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. España. 166 p.
- Garibaldi, A., M. Baudino, A. Minuto, and M. L. Gullino. 2008. Effectiveness and grafting against tomato Brown root rot caused by *Colletotrichum coccodes*. *Phytoparasitica.* 36(5):483-488.

- Godoy-Hernández, A., J. Z. Castellanos-Ramos, G. Alcanzar-González, M. Sandoval-Villa, y J. J. Muñoz-Ramos. 2008. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana* 27: 1-11.
- Godoy-Hernández, H. y J. Z. Castellanos. 2009. El injerto en tomate. In: Manual de producción de tomate en invernadero. J. Z. Castellanos (Ed.). Intagri. pp. 93-104.
- González, F. M., A. Hernández, A. Casanova, T. Depestre, L. Gómez, y M. G. Rodríguez. 2008. *Rev. Protección Veg.* 23(2):69-74.
- Hain, R, H. J. Reif, E. Krause, R. Langerbartels, H. Kinl, B. Vorman, W. Wiese, E. Schmelzer, P. Schreier, R. Strocker and K. Stenzel 1993. Disease resistance results from foreing phytoalexin expression in a novel plant. *Nature.* 361: 153-156.
- Hartmann, H. T., and D. E. Kester, 1975. *Plant Propagation: Principles and practices.* 3rd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. p. 301.
- Jiménez-Borjas, J. 2009. Manejo integral del cultivo de tomate en Invernadero. Ed. Universidad UNIVER del Pacifico NUEVA HORTITEC FERTRI Invernaderos y Casas sombras. Primera Edición.
- Kacjan-Marsic, N., and J. Osvald. 2004. The influence of grafting of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta Agriculturae Slovenica.* 83(2):243-249.
- Kawaguchi, M., A. Taji, D. Backhouse, and M. Oda. 2008. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *J. of Hort. Sci. and Biotech.* 83(5):581-588.

- Khah, E. M., E. Kakava, A. Mavromatis, D. Chachalis, and G. Goulas. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *J. of App. Hort.* 8(1):3-7.
- King, S. R., A. R. Davis, W. Liu, and A. Levi. 2008. Grafting for disease resistance. *HortScience.* 43(6):1673-1676.
- Kubota, Ch., M. A. McClure, N. Kokalis-Burelle, and E. N. Roskopf. 2008. Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North America. *HortScience* 43(6):1664-1669.
- Kurata K. 1992. Transplant production robots in Japan, In: K. Kurata and T. Kozai (Eds.) *Transplant production system.* Kluwer Academic Publishers, Yokohama, Japan. p. 313-329.
- Kurata K. 1994. Cultivation of grafted vegetables II. Development of grafting robots in Japan. *HortScience.* 29(4):240-244.
- Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience.* Vol. 29(4):235-239.
- Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28: 61-124.
- Lee, J. M., H. J. Bang, and H. S. Ham. 1998. Grafting of vegetables. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 67(6):1098-1104.
- León-Gallegos, H. 2006, *Manual para el Cultivo de Tomate en Invernadero.* pp. 110-115
2da. Ed.

- Liere, D. G. 2008. Grafting methods for watermelon production. *HortScience*. 43(6):1677-1679.
- Limón, R. 2008. Injertos en plantas de tomate. Memorias VI Simposio de Producción de Hortalizas en Invernadero. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Lopez-Martin, L., A. Gálvez and A. González. 2009. Agronomic behaviour of grafted sweet pepper grown in greenhouse in Mediterranean area. *Acta Hort.* 807:655-660.
- López-Perez, J. A., M. Le Strange, I. Kaloshian, and A. Ploeg. 2006. *Crop Production* 25:382-388.
- Marta-Vicente, A. 2005. Evaluación de tres variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) bajo invernadero en la Ex-hacienda "El Canadá" Escobedo, N. L. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía de la UANL.
- Martorana, M., F. Giuffrida, C. Leonardi, and S. Kaya. 2007. Influence of rootstock on tomato response to salinity. *Acta Hort.* 747:555-561.
- Mitidieri, M.V. Brambilla, M. Piris, E. Piris y L. Maldonado. 2005. El uso de portainjertos resistentes en cultivo de tomate bajo cubierta: resultados sobre la salinidad y el rendimiento del cultivo. INTA. Centro Regional Buenos Aires Norte, Buenos Aires, Argentina.
- Miskovic, A., Z. Hin and V Markovic. 2009. Effect of different rootstocks on quality and yield of tomato fruits. *Acta Hort.* 807: 619-624.
- Montgomery, D. C. (2004). *Design and Analysis of Experiments*, Sixth Edition. John Wiley & Sons, Inc.

- Muñoz-Ramos, J. 2009. Estructuras de Invernaderos y Cubiertas de Protección. En J. Z. Castellanos (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero. INTAGRI, México. pp 21-41.
- Muñoz-Ramos, J. 2009. Manejo del Cultivo de tomate en invernadero. *In* J. Z. Castellanos (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero. INTAGRI, México. pp 45-92.
- Núñez-Aguilar, N. E., N. García-Popoca, M. G. Medina-Torres, R. Miranda-López, A. Rodríguez-Guillen, D. Hernández-López. 2005. Efecto sobre el contenido de licopeno de tomate (*Lycopersicon esculentum* Var. Gironde) sembrado en invernadero bajo diferentes sistemas de cultivo con injerto y sin injerto. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, Gto.
- Oda, M. 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production. Food and Fertilizer Technology Center. www.agnet.org/library/eb/480/
- Oda, M., M. Maruyama, and G. Mori. 2005. Water transfer at graft union of tomato plants grafted onto *Solanum* rootstocks. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74(6):458-463.
- Olivares, E., N. E. García, J. Martínez, M. Molina, 2004. Producción de Tomate en Invernadero. Curso Teórico-Practico. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Öztekin, G. B., C. Leonardi, E. Caturano, and Y. Tüzel. 2009a. Role of rootstocks on ion uptake of tomato plants grafted under saline conditions. *Acta Hort.* 807:637-642.
- Öztekin, G. B., Y. Tüzel, and I. H. Tüzel. 2009b. Effect of grafting on salinity tolerance in tomato production. *Acta Hort.* 807:639-642.

- Palada, M. C., and D. L. Wu. 2005. Increasing off-season tomato production using grafting technology for peri-urban agricultura in southeast asia. *Acta Hort.* 742:17-21
- Peil, R. M. N., y J. L. Gálvez. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Hortic. Bras.* 22(2):265-270.
- Pogonyi, A., Z. Pek, L. Helyes, and A. Lugas. 2005. Efect of grafting on the tomatos' yield, and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria* 34:453-462.
- Rivard, C. L. 2006. Grafting tomato to manage soil borne diseases and improve yield in organic production systems. Thesis. North Carolina State University.
- Rivard, C. L., and F. J. Louws. 2008. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. *HortScience.* 43(7):2104-2111.
- Rivero, R. M., J. M. Ruiz, and L. Romero, 2002. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. Department of Plant Physiology, Faculty of Sciences, University of Granada, Spain.
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M. and L. Romero. 2003. Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress?. *J. of the Sci. of Food and Agri.* 83:1315-1319.
- Ristaino, J. B. and W. Thomas. 1997. Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole: Can we fill the gaps? *Plant Dis.* 81: 964-977.
- Ruiz, J. M., B. Blasco, R. M. Rivero, and L. Romero. 2005. Nicotine-free and salt tolerant tobacco plants obtained by grafting to salinity-resistant rootstocks of tomato. *Physiologia Plantarum* 124:465-475.

- Savvas, D., D. Papastavrou, G. Ntatsi, A. Ropokis, C. Olympus, H. Hartmann, and D. Schwarz. 2009. Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *HortScience* 44:1978-1982.
- Tabares, J., M. Álamo. 2002. Influencia de la práctica del injerto en cultivo de tomate. Granja Agrícola Experimental, Cabildo de Gran Canaria.
- UNE-EN 13031-1. 2002. Invernaderos y construcción. Parte 1; Invernaderos para producción comercial. España.
- Venema, J. H., B. E. Dijk, and J. M. Bax. 2008. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 63:359-367.
- Yamakawa, B. 1983. Grafting. In: Nishi (ed.). *Vegetable handbook* (in Japanese). Yokendo Book. Co., Tokyo. p. 141-153.

APENDICE.

Cuadro A1. Análisis de varianza para el número de frutos en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	156.107	2	78.054	5.929	.007
Patrón	194.068	3	64.689	4.914	.007
Variedad * Patrón	100.733	5	20.147	1.530	.210
Error	394.945	30	13.165		
Total	862.685	40			

Cuadro A2. Análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg) en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	.052	2	.026	.043	.958
Patrón	20.837	3	6.946	11.286	.000
Variedad * Patrón	7.244	5	1.449	2.354	.065
Error	18.462	30	.615		
Total	46.721	40			

Cuadro A3. Análisis de varianza para el diámetro polar de frutos (mm) en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	32.771	2	16.386	8.798	.001
Patrón	18.376	3	6.125	3.289	.034
Variedad * Patrón	26.917	5	5.383	2.891	.030
Error	55.871	30	1.862		
Total	133.818	40			

Cuadro A4. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial de frutos (mm) en el Experimento 1.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	63.320	2	31.660	4.117	.026
Patrón	46.553	3	15.518	2.018	.133
Variedad * Patrón	8.181	5	1.636	.213	.954
Error	230.701	30	7.690		
Total	346.851	40			

Cuadro A5. Análisis de varianza para el número de frutos en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	67258.059	3	22419.353	431.633	.000
Patrón	677.757	3	225.919	4.350	.009
Variedad* Patrón	1023.198	8	127.900	2.462	.027
Error	2285.395	44	51.941		
Total	71369.933	58			

Cuadro A6. Análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg) en el Experimento 2; no incluye al tipo uva (variedad Amsterdam).

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	13.814	2	6.907	18.968	.000
Patrón	1.556	3	.519	1.424	.254
Variedad* Patrón	1.965	5	.393	1.079	.390
Error	11.652	32	.364		
Total	28.450	42			

Cuadro A7. Análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg) en el Experimento 2; comparación de porta injertos dentro del tipo uva (variedad Amsterdam).

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Patrón	.425	3	.142	6.363	.008
Error	.267	12	.022		
Total	.693	15			

Cuadro A8. Análisis de varianza para el diámetro polar de frutos (mm) en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	7100.017	3	2366.672	1729.672	.000
Patrón	16.248	3	5.416	3.958	.014
Variedad* Patrón	10.515	8	1.314	.961	.479
Error	60.204	44	1.368		
Total	7234.532	58			

Cuadro A9. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial de frutos (mm) en el Experimento 2.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Variedad	18470.095	3	6156.698	2789.114	.000
Patrón	4.077	3	1.359	.616	.609
Variedad*Patrón	32.021	8	4.003	1.813	.100
Error	97.126	44	2.207		
Total	18911.911	58			