

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Rendimiento de Tomate Injertado y Cultivado con
Diferentes Densidades de Población

Por:

CÉSAR DANIEL GARCÍA BARRADAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Rendimiento de Tomate Injertado y Cultivado
con Diferentes Densidades de Población

por:

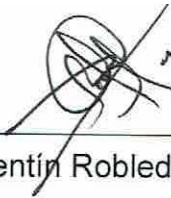
CÉSAR DANIEL GARCÍA BARRADAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de.

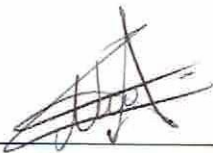
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría.



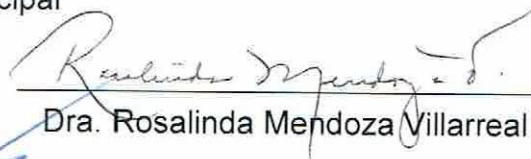
Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



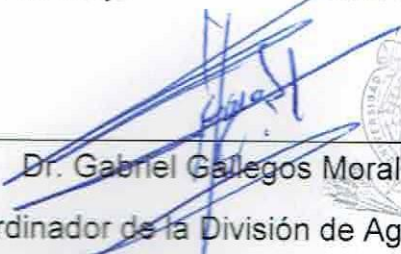
M.C. Neymar Camposeco Montejo

Coasesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

DEDICATORIAS

A mis padres **Tomás García Salazar** y **Victorina Barradas Viveros** a quienes nunca podré expresar todo el agradecimiento por haber confiado en mí a pesar de todos los momentos difíciles que llegué a provocar durante mi adolescencia, las voces que hicieron dudar al mundo en una medida comprensible y que ustedes se rehusaron a escuchar, manteniendo la fe y el anhelo de que siguiera el camino indicado aun cuando lo gris de mis pensamientos lo hacía parecer cada vez más lejos con el pasar de los días. A ustedes que siempre estuvieron ahí cuando incluso yo ya no quería estarlo, a ti padre mío, por ser la persona que me explico que no todo en la vida es tener fácil las cosas, que toda acción conlleva una responsabilidad y que solo se logra con trabajo y mucho esfuerzo, a ti madre mía, porque eres quien me dió la vida ,la persona que me abrió las puertas para que yo eligiera mi camino, por enseñarme a tocar al mundo con el más sublime de los sentidos, pero sobre todo por mostrarme ese gran amor incondicional y esa fuerza defensora que llevas dentro, a ustedes quienes recordaré hasta el momento en el que la luz del día abandone el brillo de mis ojos, pues no hay amor más puro, coraje, fuerza o sacrificio, que el que ustedes me han demostrado, los amaré hoy y siempre.

A MIS HERMANOS:

Ángel Iván García Barradas y **Sonia Karen García Barradas**, por formar parte indispensable en mi vida, a ustedes quienes me brindaron su apoyo en todo momento y han formaron parte de los sueños que me han mostrado cuan doloroso será el mundo el día en que no pueda verlos más. A ustedes que jugaron conmigo y ahora comparten la esperanza de una vida mejor, les expreso el gran amor que siempre he sentido por ustedes, gracias por confiar en mí, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA MATER, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por la oportunidad que me brindo para formarme como un profesionista en esta Universidad.

Al M.C Neymar Camposeco Montejo por apoyarme y brindarme las facilidades pertinentes necesarias para concluir el presente trabajo.

Al Dr. Valentín Robledo Torres que siempre estuvo ahí para apoyarme durante todo el transcurso de este trabajo con sus conocimientos y además de brindarme su confianza y guiarme con los consejos necesarios para seguirme formando como profesionista y como persona.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por formar parte del Comité de Tesis, así como por sus valiosas sugerencias y consejos, en la revisión del presente trabajo.

A mis amigos Guillermo Caballero Oliva, Juan Bernardo Díaz Armas, Rubni Abimael Rodríguez Díaz, Inés Ignacio Estrada Díaz, Marcelino García Quevedo que formaron parte de mi familia en la universidad, compartiendo con ellos momentos inolvidables dentro y fuera, por su apoyo en todo momento que los necesite desde lo más fácil hasta lo más difícil.

Al Ing. Gerardo Rodríguez Galindo por su amistad, las enseñanzas en campo, y su apoyo condicional a lo largo de la carrera.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de tomate injertado y con diferentes densidades de plantación. El experimento se llevó a cabo en un invernadero de mediana tecnología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Se utilizó como portainjerto el híbrido F1-Multifort de DeRuiters Seeds, y como variedad injertada el híbrido F1-El Cid de Harris Moran. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todas las variables estudiadas, en rendimiento y número de frutos por tallo, se encontró que la mejor densidad fue la de 35,000 tallos/ha superando el testigo (28,000) en 24.14 % y 24% respectivamente, mientras que el peso promedio de fruto fue mayor en 30,000 que en 35000 plantas/ha, aunque estadísticamente similar al T8. La distancia entre racimos se incrementa a medida que se incrementa la densidad de población. El diámetro de tallo principal fue mayor en la densidad de 30,000 tallos/ha superando al testigo en 23%. Por tanto, se concluye que a medida que se aumenta la densidad de población se incrementa también el rendimiento por unidad de superficie, sin embargo, se afecta severamente la calidad de fruta y el vigor de la planta.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., injerto, enfermedades del suelo, invernadero, portainjertos.

INDICE GENERAL

I.INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis:	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Origen e Importancia del Tomate.....	5
2.2. Importancia en México y a Nivel Mundial.....	5
2.3. El Injerto.....	7
2.3.1. Origen e Historia del Injerto	7
2.3.2. Tipos de Injerto	8
2.3.3. Propósitos del Injerto en Hortalizas	12
2.3.4. Beneficios del Injerto	13
2.3.5. Condiciones Climáticas para Hacer los Injertos (Cuadro 2)	14
2.3.6. Manejo de los Injertos y Factores que Inciden en la Unión del Injerto..	14
2.4. El injerto en frutales	16
2.5. El injerto en Hortalizas	17
2.6. El injerto en el Cultivo de Tomate	19
2.7. Perspectivas de los Injertos en Tomate.....	21
III.MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Lugar del Experimento.....	23
3.2. Material Vegetal.....	23
3.3. Formación de los Injertos.....	24
3.4. Establecimiento.....	24
3.5. Tratamientos y Diseño Experimental	25
3.6. Variables Estudiadas	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.1. Altura de la Planta.....	29
4.1.2. Diámetro de Tallo Principal	30
4.1.4. Longitud Entre Racimos.....	32
4.2.1. Número de Frutos por Tallo	33
4.2.2. Gramos de Fruto por Tallo	34

4.2.3. Peso Promedio de Fruto (PPF).....	35
4.2.4. Diámetro Polar del Fruto (DPF)	36
4.2.5. Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF).....	37
4.2.6. Rendimiento por Hectárea	38
V. CONCLUSIONES	39
VI. LITERATURA CITADA	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores climáticos durante el período de soldadura y aclimatación del injerto.....	14
Cuadro 2. Descripción de tratamientos.....	23

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de injertos en hortalizas.....	11
Figura 1 A, B, C. Injerto de empalme.....	11
Figura 1 D, E, F. Injerto de hendidura.....	11
Figura 1 G, H, I. Injerto de aproximación.....	11
Figura 2. Localización del experimento.....	23
Figura 3. Comparación de medias para la variable altura de la planta.....	29
Figura 4. Comparación de medias para la variable diámetro del tallo principal....	30
Figura 5. Comparación de medias para la variable número de racimos por tallo..	31
Figura 6. Comparación de medias para la variable longitud entre racimos.....	32
Figura 7. Comparación de medias para la variable número de frutos por tallo.....	33
Figura 8. Comparación de medias para la variable gramos por tallo.....	34
Figura 9. Comparación de medias para la variable peso promedio de fruto.....	35
Figura 10. Comparación de medias para la variable diámetro polar del fruto.....	36
Figura 11. Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial del fruto.....	37
Figura 12. Comparación de medias para la variable rendimiento total por hectárea.....	38

I.INTRODUCCIÓN

En México la producción de hortalizas es una de las actividades que genera mayor cantidad de ingresos, teniendo una participación del 3.5% del PIB con un valor de 313,037 millones de pesos, siendo el tomate uno de los cultivos con más rentabilidad y de mayor producción en México (SAGARPA, 2016).

A nivel internacional, México se encuentra entre los principales países exportadores de esta hortaliza y tiene una participación estimada en el mercado internacional de 21% (SAGARPA, 2016). Estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reflejan que en el país son destinadas a la producción de tomate más de 42 mil hectáreas, con una producción estimada en 3,349,154.20 millones de toneladas. En México los principales estados productores son Sinaloa, Michoacán y San Luis Potosí y conjuntamente tienen una producción de 1, 294,581.06 de toneladas (SIAP, 2016).

En México se produce tomate durante todo el año, en los primeros meses en el estado de Sinaloa, que abastece al mercado nacional y la mitad del norteamericano, mientras que en el verano los estados del centro y de Baja California, abastecen la demanda interna y de exportación. (SAGARPA, 2016).

En la producción de hortalizas se han desarrollado nuevas técnicas para incrementar el rendimiento y calidad de fruto, haciendo un uso óptimo de los

insumos y recursos y reducción de los costos de producción. Actualmente la técnica del injerto ha contribuido significativamente al incremento del rendimiento y calidad del fruto, principalmente en cucurbitáceas como el pepino y la sandía y en solanáceas como el tomate, ha tenido gran aceptación el uso de patrones tolerantes a patógenos del suelo, al estrés salino, al pH alto y otra serie de factores que limitan la producción de cultivos en invernadero (Godoy y Castellanos, 2009). Los injertos o plantas injertadas son el resultado de la unión de dos plantas afines (portainjerto y variedad), donde se utiliza el sistema radicular del portainjerto que presenta resistencia, mientras que la parte aérea es 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, usando la calabaza como porta injerto (Yamakawa, 1983). 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 post cosecha de la fruta (Lee y Oda, 2003). Otras de las 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). Condiciones que son frecuentes en ambientes protegidos ya que difícilmente se hace rotación de cultivos y se hace un uso intensivo de fertilizantes y aunque el uso de invernaderos o cubiertas reducen los efectos adversos del clima, el cambio climático ha venido a modificar el ambiente dentro de estas estructuras, la presencia de patógenos, altos contenidos de sales o pH alto, entre otros (INTAGRI, 2013). Con la técnica del injerto en tomate se reducen estas limitantes lo cual representa una alternativa para la producción de este cultivo.

Aunado a dicha técnica se puede manipular la densidad de plantas lo cual permite optimizar la radiación interceptada, a fin de convertir la energía solar en biomasa, importante para utilizarse como una estrategia para incrementar el rendimiento (Sánchez *et al.* 1998). Una mayor densidad de planta, aumenta la precocidad y reduce el ciclo biológico, pero los frutos producidos son de menor tamaño y calidad (Nuez, 1995), también permite optimizar los costos de producción.

Investigaciones sobre el efecto de la densidad de plantación en tomate en condiciones de invernadero señalan una respuesta positiva en el rendimiento a medida que se incrementa el número de plantas por metro cuadrado (Grasso *et al.*, 2004; Grijalva *et al.*, 2010) pero con el inconveniente de reducir el tamaño del fruto por ende calidad comercial y se acentúa conforme se alarga el ciclo de producción (Grasso *et al.*, 2004). Por otro lado, algunas variables como diámetro del fruto y altura de planta son afectadas con la densidad de plantación (Carrillo *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que se puede mejorar la producción en cuanto a calidad y rendimiento debido al potencial que da el portainjerto y la posibilidad de manipular la densidad de tallos por hectárea de la variedad, alargando su ciclo y generando un mejor aprovechamiento de espacios y recursos, reduciendo costos en la producción de tomate tipo saladette injertado y desarrollado bajo condiciones de invernadero. Por lo tanto, el objetivo general fue: Evaluar el rendimiento y calidad de tomate injertado y desarrollado a dos tallos bajo condiciones de invernadero. Y los objetivos específicos de:

Determinar el efecto de diferentes densidades de plantación sobre el rendimiento del cultivo.

Determinar el efecto de diferentes densidades de plantación sobre la calidad del fruto.

Hipótesis:

La densidad de población no afecta el rendimiento y la calidad de fruto de tomate injertado.

El rendimiento incrementará la calidad del fruto y no se verá afectada a medida que aumente la densidad de plantación.

El uso del injerto no afecta el rendimiento y calidad de fruto de tomate desarrollado bajo condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen e Importancia del Tomate

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta originaria de Perú, y México es centro secundario de origen, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Originalmente el tomate solo se cultivaba como planta de adorno. Fue introducida en Europa en el siglo XVI y. a partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. Actualmente el tomate se cultiva en casi todos los países del mundo (Rick, 1986).

El origen del género *Solanum* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde fue domesticado y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y ya habían sido llevados a España y servían como alimento en España e Italia. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de ahí a otros países asiáticos y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

2.2. Importancia en México y a Nivel Mundial

El tomate es uno de los productos agrícolas con mayor valor económico a nivel mundial. México se ha consolidado como primer exportador de tomate, ya que la producción de esta hortaliza en el país asciende a 3,349,154.20 toneladas con un valor de producción de \$23,871,403.99, en una superficie de 42,882.43 Ha (SIAP,

2016). En el país existen distintas variedades de tomate rojo, entre las más importantes están el jitomate cherry, saladette, tipo pera, bola y bola grande.

En México la producción hortícola bajo condiciones protegidas, ha presentado un crecimiento considerable, en México en el 2003 solo se cultivaban 950 Ha sin embargo para el 2016 fue de 42,882.43 Ha (SAGARPA, 2017), de éstas el 70% producen tomate generando oferta del producto durante todo el año. Sin embargo, la mayoría de la producción se exporta a Estados Unidos, Canadá y algunos países europeos, con base en los altos estándares de calidad e inocuidad que han alcanzado los productores mexicanos (SAGARPA, 2016).

De acuerdo con datos presentados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), a lo largo del 2014, México produjo cerca de 2,875,164 millones de toneladas de jitomate, con un valor de \$15,735,506.35, razón por la cual su producción ocupa el segundo lugar después del cultivo de chile (SIAP, 2016).

México es el principal exportador de jitomate fresco a nivel mundial, siendo Estados Unidos, Canadá y algunos países de Europa los principales consumidores; con lo cual las exportaciones ascienden a poco más de 20 mil millones de pesos. El país exporta alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales, que representan entre el 50 y 70 por ciento del volumen total de la producción (SAGARPA, 2016).

2.3. El Injerto

El injerto es el arte de unir dos piezas de tejido vivo de un determinado tipo de plantas, de tal forma que se junten y luego crezcan, y se desarrollen como una sola planta. El Injerto es una técnica de propagación asexual o vegetativa artificial que permite unir dos partes vegetales, una el patrón que, por medio de su sistema radical, y eventualmente de una parte del tallo, suministra los elementos necesarios para el crecimiento de la nueva planta y la otra, el injerto (variedad) aportará las características del vegetal a multiplicar (Hartmann *et al.*, 2002).

2.3.1. Origen e Historia del Injerto

El injerto es un método de propagación que consiste en unir una parte de una planta a otra que ya está establecida. El resultado es un individuo autónomo formado por dos plantas y variedades. La planta injertada está constituida por un portainjerto que es la planta que recibe a la porción de tejido llamada injerto. El portainjerto generalmente no tiene valor agronómico, pero genéticamente contiene genes de resistencia o tolerancia a estrés biótico (King *et al.*, 2010) o abiótico (Zhao *et al.*, 2011). La otra parte es el injerto o variedad comercial que es una porción de tallo o yema que se fija al portainjerto para que se desarrollen ramas, hojas, flores y frutos (Hartmann *et al.*, 1997). El injerto tuvo sus inicios en Asia durante la década de 1920 en sandía, en países como Japón y Corea, actualmente este método ha ido en aumento en todo el mundo (Sakata *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010).

Recientemente, cultivos como: sandía, melón, pepino, tomate entre otros, son comúnmente injertados con patrones resistentes a patógenos del suelo (Sakata

et al., 2008). Originalmente el propósito de la técnica de injerto en cultivos hortícolas era evadir las enfermedades causadas por patógenos del suelo (Louws *et al.*, 2010), actualmente también se utiliza por evitar problemas de estrés abiótico, incrementar rendimientos y calidad de fruto, extender tiempo de cosecha de los cultivos así como reducir aplicaciones agroquímicas (Colla *et al.*, 2010; Schwarz *et al.*, 2010), también se utiliza por evitar problemas de estrés abiótico, incrementar rendimientos y extender tiempo de cosecha de los cultivos. La tendencia de la actividad agrícola mundial, es reducir la dependencia de los agroquímicos sintéticos (Ezziyani *et al.* 2005). En este sentido Chew *et al.*, (2012) señalan que, con el uso de injertos en tomate, el rendimiento se incrementa hasta 35 %, mientras que Öztekin *et al.*, (2007) reporta incrementos de hasta el 47.5%.

2.3.2. Tipos de Injerto

El método empleado varía de acuerdo con la especie y en cada una de ellas el porcentaje de prendimiento está relacionado con el método de injertación. En tomate el más generalizado es el método de empalme y en cucurbitáceas el de aproximación.

2.3.2.1. Injerto de empalme. Este es uno de los métodos más sencillos y utilizados en tomate a nivel comercial. El diámetro de tallo recomendado para este método es 1.4 a 2.2 mm, que se alcanza entre 25 y 28 días después de la siembra, dependiendo del material. El portainjerto e injerto deben tener el mismo diámetro para facilitar el prendimiento. Se realiza un corte inclinado en 45°, en el portainjerto puede realizarse por arriba o por debajo de los cotiledones (Figura 1 A). En el injerto

se realiza un corte similar en longitud e inclinación (Figura 1 B) por arriba de los cotiledones, de preferencia se debe realizar el corte en un solo movimiento con navajas filosas como las de afeitar (Hartman y Kester, 1984). Las superficies cortadas se colocan juntas procurando poner en contacto a las regiones del cambium, por eso es necesaria la homogenización del diámetro de los tallos. Cuando el tallo de uno de los materiales es considerablemente más grueso o delgado, las zonas del cambium no quedan alineadas, por lo tanto, se reduce el prendimiento. El portainjerto/injerto se unen con pinzas especiales de silicón para agilizar el trabajo y mejorar el porcentaje de prendimiento (Figura 1 C).

2.3.2.2. Injerto de hendidura. Las plántulas del portainjerto son decapitadas y cortadas longitudinalmente, se realiza un corte hacia abajo por el centro del tallo con una longitud de 1 a 1.5 cm (Figura 1 D). Al injerto se le realiza un corte en forma de cuña de 1 a 1.5 cm de largo, procurando que tenga 3 hojas (Figura 1.4 E). El injerto se inserta en el portainjerto de modo que las partes de las superficies cortadas queden en contacto (Figura 1 F) (Lee y Oda, 2003).

El injerto de hendidura es un método conveniente para injertar tallos herbáceos. En papa (*Solanum tuberosum*) se realizan injertos de cuña cuando los brotes tienen 15 a 22.5 cm de alto; esto permite la producción de tubérculos y evita el riesgo de enraizamiento del injerto (Hartman y Kester, 1984).

2.3.2.3. Injerto de aproximación. La característica que distingue a este método es que se injertan dos plantas independientes entre sí, cada una con su sistema radical (Hartman y Kester, 1984). Es un método muy recurrido cuando el productor no cuenta con una cámara para la fase post-injerto, aunque es más laborioso que los otros dos métodos. Sobre el portainjerto se realiza un corte en forma de lengua hacia abajo (Figura 1 G), esta última recomendación es importante dado que el portainjerto es quien da el soporte a la planta. Al injerto se le realiza un corte similar, pero en dirección contraria; es decir, hacia arriba (Figura 1 H). Del mismo modo que en los métodos anteriores, la unión se realiza tratando de hacer coincidir las partes cambiales (Figura 1 I). Cuando la unión está completa, el injerto es cortado por debajo de la unión y la parte aérea del portainjerto se elimina para formar así una sola planta, en ocasiones este proceso se realiza de forma gradual (Boffelli, 2000; Hartman y Kester, 1984; Lee y Oda, 2003).

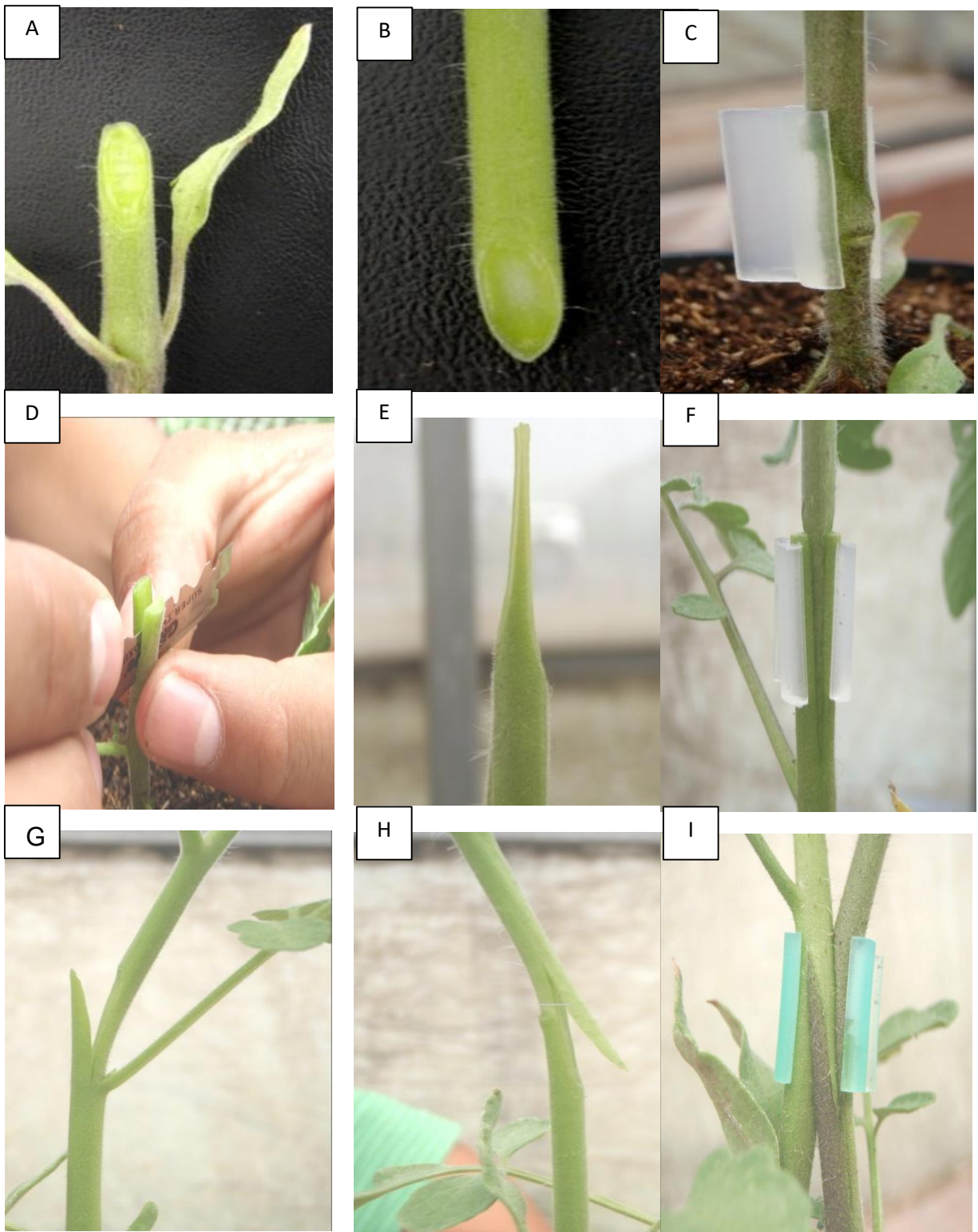


Figura 1. Tipos de injerto en hortalizas. ABC: injerto de empalme; DEF: injerto de hendidura; GHI: injerto de aproximación.

2.3.3. Propósitos del Injerto en Hortalizas

El auge de los injertos en hortalizas comienza a raíz de las restricciones en el uso del bromuro de metilo en el 2005, sobre todo en países desarrollados, por su relación con la destrucción de la capa de ozono, que en la agricultura se usa como desinfectante del suelo, eliminando hongos, bacterias, nematodos y semillas de malezas. La SEMARNAT indica que en 1995 México importó 3,357 t, en 1996 alrededor de 2,918 ton y 3,130 t en 1997. Los lineamientos sobre el uso del bromuro de metilo fueron establecidos en el Protocolo de Montreal, donde se establece que para el 2015 queda prohibido el uso de esta sustancia (PNUMA, 2000).

Inicialmente el propósito de usar plántulas injertadas era la prevención de enfermedades fitopatógenas del suelo, como la marchitez por *Fusarium*, minimizando el uso de productos químicos. Sin embargo, los objetivos se han ampliado, otros muy importantes son los siguientes (Oda, 2002; Lee y Oda, 2003; Hartman y Kester, 1984; Kubota et al., 2008).

- Resistencia a enfermedades en el suelo
- Resistencia a nematodos
- Tolerancia a altas temperaturas
- Tolerancia a bajas temperaturas
- Tolerancia a la salinidad
- Tolerancia a los suelos húmedos
- Incremento en el rendimiento
- Incremento en la calidad del fruto
- Incremento en el vigor de la planta
- Incremento en la absorción de los minerales y de la eficiencia de la fertilización.

2.3.4. Beneficios del Injerto

En muchas regiones de México falta información sobre las ventajas económicas del injerto (Kubota *et al.*, 2008). Según Godoy y Castellanos (2009), la práctica del injerto es cada vez más frecuente como resultado de la eliminación gradual del bromuro de metilo. Por lo que varias instituciones de investigación han iniciado proyectos para evaluar las bondades del injerto, y algunas empresas de semillas están validando el posible efecto que pueda tener el patrón sobre la calidad del producto final. Ya que existen investigaciones recientes (Davis *et al.*, 2008); Mišković y Marković *et al.*, 2009), que reportan efectos en las variables: pH, sabor, color, contenido de azúcar, carotenoides y textura por efecto del tipo de injerto y de los patrones utilizados. investigaciones recientes indican que la combinación patrón/variedad debe ser cuidadosamente elegida para una óptima calidad del fruto. Además, es importante estudiar las múltiples combinaciones de patrones/variedades bajo distintas condiciones climáticas y geográficas (Davis *et al.*, 2008). En investigaciones llevadas a cabo por Godoy y Castellanos (2009) han encontrado diferencias significativas a favor de las plantas injertadas en el contenido de licopeno en fruto (calidad), mayor rendimiento total y calibre del fruto.

2.3.5. Condiciones Climáticas para Hacer los Injertos (Cuadro 2)

Cuadro 1. Factores climáticos durante el período de soldadura y aclimatación del injerto (López, 2015).

Características climáticas	Humedad relativa (%)	Temperatura (C°)
Interior de la camara	78.3	27.9
Exterior de la cámara	71.8	25.9
Óptima (Gómez, 1997)	95.0	22.0
Aclimatación	75 a 85	23 a 27

2.3.6. Manejo de los Injertos y Factores que Inciden en la Unión del Injerto

Dentro de los factores que influyen en la cicatrización de la unión del injerto están las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa y oxígeno. La temperatura tiene un marcado efecto en la formación del tejido del callo y la diferenciación de nuevos haces vasculares; entre 4 y 32°C, la producción del callo aumenta linealmente con la temperatura. Con temperaturas sobre 29°C se obtiene una producción abundante de tejido calloso de tipo suave que se daña fácilmente, por otra parte, a menos de 20°C la formación de callo es lenta y bajo los 15°C, se inhibe totalmente, la temperatura óptima durante la fase de unión es de 25-28°C. El contenido de humedad del aire es muy importante para la unión del injerto, debido a que las células de parénquima que forman el tejido del callo son de paredes delgadas y sensibles a la deshidratación. Por lo tanto, el contenido de humedad del aire menor que el punto de saturación inhibe la formación del callo y aumentan la tasa de desecación de las células. La presencia de una película de agua sobre la superficie de encajecimiento es más estimulante que mantener 100% la humedad relativa. Debido a que la unión del injerto es un proceso en el cual se produce una división y crecimiento celular importante, acompañado de una respiración celular

elevada, el oxígeno es altamente necesario para la optimización de este proceso, por esto, es importante que la ligadura del injerto permita el acceso de aire en la zona de unión (Hartmann *et al.*, 2002).

2.3.6.1 Temperatura óptima para el éxito del injerto. Tiene un marcado efecto sobre la formación de tejido de callo. En manzano a menos de 0° C o más de 40° C no hay producción de este tejido. En el tomate la temperatura óptima para el injerto es de 26 a 28° C (Gómez, 1997). En cucurbitáceas se recomienda mantener una temperatura de 20 a 28°C durante la fase de unión. Se obtienen, sin embargo, buenos resultados cuando las mínimas no bajan de 15° C ni las máximas exceden los 33° C.

2.3.6.2 Humedad óptima para el éxito del injerto. Los contenidos de humedad del aire menores al punto de saturación, inhiben la formación de callo y aumentan la tasa de desecación de las células cuando disminuye la humedad. La presencia de una película de agua sobre la superficie de encajecimiento es más estimulante para la cicatrización que mantener al 100% la humedad relativa. En el cultivo del tomate recomienda mantener una humedad relativa del 80 al 90% (Gómez, 1997).

2.3.6.3. Oxígeno para el éxito del injerto. Para la producción de tejido de callo es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto. La división y crecimiento de las células van acompañadas de una respiración elevada. Para algunas plantas puede bastar una tasa de oxígeno menor que la presente en el aire, pero para otras es

conveniente que la ligadura del injerto permita el acceso del oxígeno a la zona de la unión (Hartmann *et al.*, 1991).

2.3.6.4. Actividad de Crecimiento del Patrón. La actividad cambial se debe a un estímulo de auxinas y giberelinas producidas en las yemas en crecimiento. Si el patrón está en fase de reposo o crecimiento lento es más difícil la producción de cambium en el injerto. Cuando el patrón está hiperactivo (presión excesiva de las raíces) o hipoactivo, debe dejársele algún órgano por encima del injerto, que actúa de tirasavias (Hartmann *et al.*, 1991).

2.4. El injerto en frutales

Según Calderón (1987), un injerto es la unión íntima que se efectúa entre dos partes vegetales de tal forma que ambas se sueldan, permanecen unidas y continúan su vida de esta manera, dependiendo una de la otra y formando una especie de simbiosis. Una de las partes generalmente forma el sistema radical y constituye el llamado patrón o portainjerto; dando lugar la otra a la parte aérea y llamándosele injerto, vástago o variedad, pudiendo derivarse de una simple yema o de una vareta o púa.

Hay muchos métodos de injerto los cuales difieren solamente en el detalle de la técnica. Algunas veces un método es preferido de acuerdo al propósito o la ocasión, otras veces el injertador tiene que escogerlo. Sin importar el método usado los principios implicados permanecen constantes.

Para tener éxito en el injerto, deben primero entenderse algunos principios acerca de la anatomía del árbol. El cambium es una delgada capa de células que se encuentran entre la corteza y la madera. Cuando la corteza es levantada de un árbol en la primavera, el cambium es la capa brillante, resbaladiza que se separa. Este es el tejido de crecimiento del árbol (cepa o patrón) que tiene que estar en contacto con el mismo tejido de la pieza a ser injertada (injerto o vástago). Si se permite que estas capas estén en contacto, una con la otra, en la mayor área posible, la herida empieza a sellar para formar un callo, y el injerto es usualmente exitoso. Todos los tipos de injerto se hacen más fácilmente, y con mayor éxito, cuando el cambium está húmedo y activo.

Existen muchos tipos de injertos, aunque en la práctica muchos de ellos no tienen interés y otros simplemente, se clasifican principalmente en dos tipos; Injertos de púa e injertos de yema.

Los tejidos de la capa de cambium y el callo resultante se secan y destruyen muy fácilmente. Deben usarse ceras y vendajes para prevenir el secamiento. Se recomienda inspeccionar el injerto cada 2 o 3 días para asegurarse que no se haya agrietado o encogido.

2.5. El injerto en Hortalizas

El injerto de hortalizas es una técnica muy común a nivel mundial no sólo para manejo de enfermedades del suelo, sino también para la mejora de la calidad del fruto y

la mejora de la respuesta de la planta a estres abiótico tal como la sequía, la humedad, la restricción de nutrientes, la temperatura extrema y la salinidad (King *et al.*, 2010).

La horticultura intensiva tiene como característica primordial, la obtención de altos rendimientos. En este intento de lograr mejores cosechas se puede caer en problemas graves como la infestación del suelo con nematodos, infección por hongos fitopatógenos (*Fusarium*, *Phytophthora*, *Phytium*, *etc.*) y bacterias devastadoras como el *Clavibacter michiganensis*, causante del cáncer bacteriano en tomate. Estos problemas se atendieron por mucho tiempo mediante la desinfección del suelo con Bromuro de Metilo; sin embargo, por su alta toxicidad ha sido prohibido para este fin. Actualmente se usan productos de menor toxicidad, pero su mal manejo puede ocasionar daños severos al ambiente y a los seres vivos; además, se requiere tomar cuidados especiales para evitar la toxicidad de las plantas por su aplicación, se han presentado casos que por su uso incorrecto o no respetar los intervalos de seguridad se han perdido plantaciones completas. Otra alternativa viable para hacer frente a problemas por infestación de hongos fitopatógenos, nematodos y bacterias es el uso de injertos. Esta tecnología tiene como principal ventaja que no contamina al ambiente e incrementa la tolerancia a altas y bajas temperaturas, la tolerancia a la salinidad del suelo y/o agua, tolerancia a condiciones de sequía, además incrementa el vigor de la planta y el rendimiento. Además, el injerto conlleva una mayor absorción de nutrientes y contenido mineral en la parte aérea. Esta tecnología en hortalizas se ha llevado a cabo de manera exitosa en cultivos como el tomate, pimiento, sandía, melón y berenjena (INTAGRI, 2013).

El uso de híbridos interespecíficos como portainjertos ha mostrado una mejora en el desarrollo de la planta y en las producciones de muchas solanáceas y cucurbitáceas, incluyendo el tomate, sandía, melón, pepino, pimiento y berenjena (Lee y Oda, 2003; Colla *et al.*, 2010).

Muñoz *et al.*, (2011); Sánchez *et al.*, (2015) reportan incrementos de rendimiento de hasta el 50 % en los híbridos Fascinato y Janette injertados con el portainjerto Terrano y una disminución del 44 % en incidencia de *P. capsici*. mejorando además de la calidad del fruto, por lo que asume que el uso de portainjertos podría ser una técnica viable en la horticultura sustentable del futuro. Incrementos en rendimientos superiores al 25% en pimiento injertado también reportan son reportados por López *et al.*, (2012).

2.6. El injerto en el Cultivo de Tomate

El cultivo de tomate en fresco se ha visto beneficiado con la práctica del injerto, siendo cada vez una técnica más utilizada. Con el paso del tiempo se le han encontrado nuevas utilidades. A principios de 2000, menos del 25% de las plantas cultivadas eran injertadas, empleándose para evitar los problemas con patógenos el suelo. A finales de 2010 alrededor de la mitad de las plantas ya eran injertadas, además de prevenir problemas del suelo, se buscaba alargar el ciclo de cultivo y luchar contra los agentes abióticos, aprovechando el vigor de los portainjertos (López, 2015). Actualmente se utiliza el injerto en más de un 70% de las plantas de tomate cultivadas, buscándose en el injerto una mejora en la calidad del fruto, como su sabor y aumento en los rendimientos. A finales de esta década se cree que más del 90% de las plantas de tomate

serán injertadas. El aprovechamiento eficiente de los fertilizantes y el agua son razones para el uso del injerto (López,2015).

El injerto sobre patrones vigorosos ha conseguido incrementar entre un 20 y un 62% la producción de tomate comercializable, dependiendo de la combinación portainjerto/variedad y las condiciones de cultivo, frente a plantas no injertadas (Lee *et al*, 2003) (Leonardi y Giuffrida, 2006). La utilización de injertos en variedades tradicionales también está aumentando (Rivard y Louws, 2008).

Los parámetros de calidad más estudiados, sólidos solubles y acidez titulable, se han visto afectados por el injerto con resultados dispares. En el trabajo de Flores *et al*. (2010) las plantas de tomate injertadas produjeron frutos con un nivel mayor tanto de ácido como de sólidos solubles, mientras que en el trabajo de Barret *et al* (2012) no se encontraron diferencias en estos parámetros entre plantas injertadas y no injertadas.

En términos productivos, el efecto del injerto en tomate ha resultado en muchos casos en un aumento tanto del número de frutos como en su peso medio, lo que aumentó la producción total de las plantas injertadas frente a las no injertadas. Diversos autores reportan incrementos en rendimiento de 35%(Chew *et al.*, 2012), 8% (Peil y Gálvez, 2004) y 28-30% (Báez *et al*, 2010), respecto a plantas no injertadas.

Para tomate se utilizan principalmente híbridos interespecíficos de *Lycopersicum esculentum x L. hirsutum* y *L. esculentum x L. pimpinellifolium*. También se emplea

Lycopersicum esculentum, aunque no son tan vigorosos como los híbridos interespecíficos (De Miguel, 2011).

2.7. Perspectivas de los Injertos en Tomate

La producción de plántulas injertadas es una técnica natural, contribuye con la reducción de uso de productos químicos altamente contaminantes del suelo, agua y ambiente. Estas condiciones favorables de la técnica, así como la prohibición del Bromuro de metilo (Miguel, A., 2005) ha influido enormemente en la expansión de los injertos. Actualmente se realizan injertos hortícolas en muchos de los países productores de hortalizas, como: Japón, Corea, Francia, Italia, Holanda, Alemania, Marruecos, México, España, etc.

Actualmente en la horticultura se realizan demasiados injertos, siendo su principal objetivo: obtener resistencias de los patrones a enfermedades del suelo y así poder cultivar otras variedades que presentan beneficios importantes para el agricultor. Esta resistencia radica en el conjunto raíz - hipocótilo, manteniéndose el control del patógeno por parte de la raíz sin que afecte a la planta (Lee y Oda, 2003).

El injerto es muy laborioso ya que consume tiempo, los productores están tratando de reducir la implementación de mano de obra necesaria para esta labor. Se ha intentado mecanizar las operaciones de injerto a partir de 1987. Itagi *et al.*, (1990) han desarrollado el método de injerto de tubo como un manual de operación con pequeñas clavijas, y

redujo el tiempo necesario para el injerto manual de por lo menos la mitad aunado a un menor costo para su elaboración.

Morita (1988) y Oda y Nakajima (1992) han aplicado un adhesivo y un endurecedor de apoyo a la unión del injerto en varios cultivos. También se han desarrollado robots de injerto de plantas, combinando el adhesivo y placas de injerto (Kurata, 1994; Oda, 1995). El injerto Robótico es aproximadamente diez veces más rápido que un injerto realizado convencionalmente. Tomate (Oda *et al.* 1995) y berenjena (Oda *et al.* 1997) injertadas por robot ha producido un rendimiento de la fruta similar a la de las plantas injertadas por métodos convencionales.

El porcentaje de supervivencia es alta cuando se utilizan cámaras de curación. Actualmente se utilizan cámaras de curación por muchos viveros que producen plantas injertadas (Martínez, 2010).

Con el desarrollo de nuevos métodos de injertación, puede llegar a ser popular en todo el mundo. Desde obtener plantas tolerantes o resistentes a enfermedades, aumentar el vigor del injerto, incrementar la producción, el injerto de hortalizas puede ser útil en el de bajos insumos, la horticultura sostenible del futuro (Martínez, 2010).

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del Experimento

La evaluación agronómica se realizó en un invernadero de mediana tecnología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila (ubicada a 25° 21' 24'' Norte y 101° 02' 05'' Oeste, a una altitud de 1762 msnm, con una precipitación media de 400mm y una temperatura media anual oscilante entre 12-18 °C.

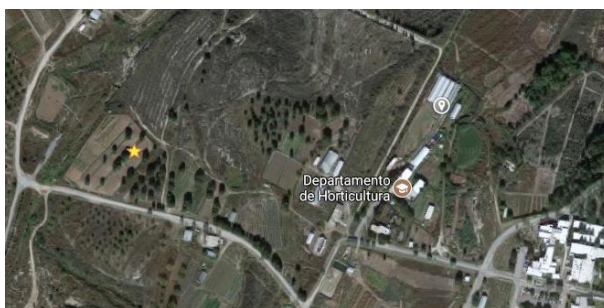


Figura 2. Localización del experimento.

3.2. Material Vegetal

El material genético utilizado como portainjerto fue Multifort de la empresa semillera DeRuitter, es un híbrido interespecifico el cual posee un vigor similar a Maxifort y se diferencia por tener resistencia a la tercera raza de *Fusarium Oxysporum f, sp, lycopersici*.y como variedad injertada El Cid de Harris Moran, la cual se distingue por su amplia adaptación, su planta de extraordinario vigor, sus frutos con paredes gruesas y muy firmes, de prolongada vida de anaquel.

3.3. Formación de los Injertos

Para la formación de las plantas injertadas, el portainjerto y la variedad se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando Peat moss y perlita en una proporción 70:30 respectivamente. La variedad El Cid fue sembrada 4 días después el portainjerto Multifort, para lograr una adecuada sincronización en el grosor del tallo. El proceso de injerto se realizó 25 días después de haber sembrado el portainjerto, el tipo de injerto utilizado fue el de empalme, cuyos cortes se realizaron con una navaja cúter nueva y desinfectada con cloro a 20 ppm, en cada planta injertada se usaron clips de soporte de 2.5 mm. Las plantas injertadas fueron llevadas a una cámara de prendimiento, con microclima a una temperatura de 22 a 25°C y humedad relativa de 80 a 90 %, las primeras 48 horas en oscuridad total y los siguientes 6 días ciclos día oscuridad, pasado los 8 días las plantas injertadas fueron llevadas a invernadero para adaptación y aclimatación en un ambiente de 23 a 27 °C, con humedad relativa entre 75 y 85%.

3.4. Establecimiento

Previamente al establecimiento del cultivo se prepararon camas de 25 cm de altura y 1.8m de ancho, posteriormente se instaló el sistema de riego, con una separación de 15 cm entre goteros y con gasto de 0.5 L.ha⁻¹, posteriormente fueron acolchadas utilizando polietileno bicolor, con el color plateado hacia arriba.

El trasplante se realizó el día 5 de mayo, 15 días después de haber realizado el proceso de injerto, manteniendo el clip de soporte del injerto. Los tratamientos se establecieron a hilera sencilla y una distancia entre plantas de; 1) 20 cm (55,000 tallos/ha), 2) 22 cm (50,000 tallos/ha), 3) 24.3 cm (45,000 tallos/ha), 4) 27.5 cm (40,000

tallos/ha), 5)31.5 cm (35,000 tallos/ha), 6)35.5 cm (30,000 tallos/ha), y 7) 44 cm (25,000 tallos/ha), excepto el testigo que se estableció de la siguiente forma: doble hilera y a dos tallos por planta, una distancia entre hileras de 40 cm y entre plantas de 80 cm. Todos los tratamientos bajo un arreglo experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, cada unidad experimental con 8 tallos útiles. La solución nutritiva utilizada fue Steiner (1964) al 50% al inicio del cultivo, 75% a los 15 días después del trasplante (DDT), hasta 100% una vez iniciada la floración y fructificación y hasta el término del ciclo. Para el control de plagas (mosca blanca, trips, paratrioza) se realizaron aplicaciones semanales Spirotetramat al 15.3%, Spiromesifen al 23.1 %, Imidacloprid 17% + betacylfutrin 12% a razón de 1 ml/L⁻¹ y metomilo 90%, a razón de 1 gr/L⁻¹.

3.5. Tratamientos y Diseño Experimental

Se obtuvieron ocho tratamientos (Cuadro 2) con cuatro repeticiones distribuidas al azar, cada unidad experimental con 8 tallos útiles con competencia completa para evitar el efecto orilla. El cultivo se manejó bajo un sistema a dos tallos.

El análisis estadístico se realizó con el programa SAS versión 9.1, se empleó el modelo de bloques completamente al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones con significancia ($p \leq 0.01$), con comparación de medias LSD ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos estudiados en el cultivo de tomate, en Saltillo Coahuila.

Tratamiento	Descripción
1	55000 tallos/ha
2	50000 tallos/ha
3	45000 tallos/ha
4	40000 tallos/ha
5	35000 tallos/ha
6	30000 tallos/ha
7	25000 tallos/ha
Testigo	28000 tallos/ha

3.6. Variables Estudiadas

Las variables que se evaluaron en el área del cultivo fueron:

Variables Agronómicas:

Altura de la planta: se midió desde la base del tallo hasta el ápice, con un flexómetro marca Truper® graduado en mm. Se midió el día 7 de agosto del 2016.

Diámetro de tallo principal: se midió a 5 cm de la base del tallo, después del punto de injerto, con un vernier digital marca Autotec® graduado en mm.

Racimos por tallo: se contaron por corte el número de racimos obtenidos por planta de cada cosecha y al final del ciclo se determinó el número total de racimos que se obtuvieron por planta.

Longitud entre racimos: se determinó con una cinta métrica (flexómetro) graduada en centímetros, realizando las mediciones semanalmente, tomando la distancia que había entre racimo y racimo.

Variables de Rendimiento y Calidad de fruto

Número de frutos por tallo: Se contó el número de frutos por corte a lo largo del ciclo del cultivo en cada uno de los tallos.

Gramos por tallo: se estimó pesando todos los frutos en cada corte en cada parcela útil, sumando todos los cortes realizados, mediante una balanza digital de precisión SARTORIUS modelo TS 1352Q37.

Peso promedio de fruto: se calculó dividiendo el peso total de frutos por parcela útil entre número total de frutos por parcela.

Diámetro polar: fue estimado tomando al azar ocho frutos por parcela semanalmente, se hizo con un vernier digital marca Autotec® colocándolo en ambos polos del fruto.

Diámetro ecuatorial: fue estimado tomando al azar ocho frutos por parcela semanalmente, se realizó con un vernier digital marca Autotec® colocándolo horizontalmente sobre el ecuador del fruto.

Rendimiento total por hectárea: Una vez estimado el rendimiento de fruto por parcela útil y la densidad de población se estimó el rendimiento total por hectárea (ton/ha).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables Agronómicas

4.1.1. Altura de la Planta

En esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$), siendo el tratamiento de 35,000 tallos. ha^{-1} el cual presentó una mayor altura de la planta, seguido de 30,000 tallos. ha^{-1} , con 298.33 y 289.77 cm respectivamente aunque éstos tratamientos fueron estadísticamente iguales, superando al testigo en 7.3%, esto coincide con Grijalva *et al.*, (2010) quienes señalan que la mejor altura de planta se presenta con una densidad de 37800 plantas por hectárea. Grijalva *et al.*, (2010) mencionan que las diferencias en la altura de planta por las densidades podrían explicarse en parte por efecto de competencia entre las plantas por luz solar.

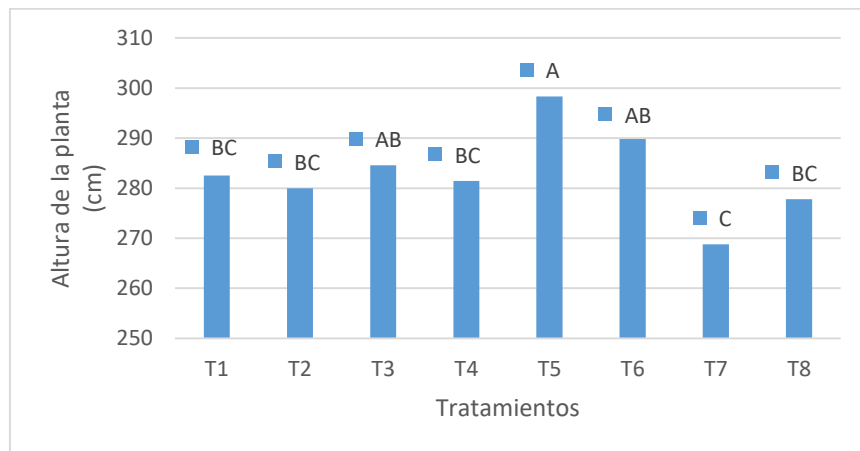


Figura 3. Comparación de medias para la variable altura de la planta, en el cultivo de tomates.

4.1.2. Diámetro de Tallo Principal

En esta variable se encontró una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p \leq 0.01$), siendo el tratamiento cuatro (30,000 tallos.ha⁻¹) y seis (40,000) estadísticamente iguales, aunque el tratamiento el tratamiento cuatro fue el que más destacó en cuanto a diámetro de tallo principal, con 21.71 mm, el cual supero al testigo en 23.14%, seguido de 40,000 tallos.ha⁻¹ con 21.27 mm, mientras que el de menor grosor de tallo fue el de 55,000 tallos.ha⁻¹, con 17.60 mm y fue estadísticamente igual al testigo, esto difiere de Grijalva *et al.*, (2010) quienes no reportan diferencias estadísticas entre en diámetro de tallo de plantas de tomate con diferentes densidades de plantación, sin embargo concuerda con lo reportado en pepino cultivado a diferentes densidades (López *et al.*, 2015). Esto nos indica que la densidad tiene efectos sobre el diámetro del tallo debido a que al haber menor penetración de luz provoca una elongación del tallo (Van de Vooren, 1986).

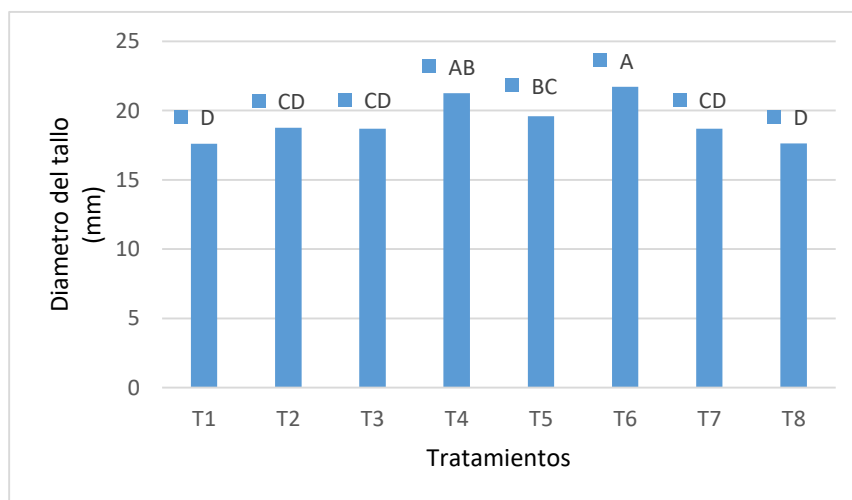


Figura 4. Comparación de medias para la variable diámetro del tallo principal, en el cultivo de tomate con diferentes densidades de población.

4.1.3. Racimos por Tallo

Para esta variable se encontraron cuatro tratamientos que fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.01$), Estos tratamientos fueron el 4, 5, 6 y 8, Siendo el tratamiento con 30,000 tallos. ha^{-1} , el que destaca en cuanto a número de racimos por tallo, con 10.75 racimos totales, mientras que el menor número de racimos se obtuvo en la densidad de 55,000 tallos. ha^{-1} con 9.83 racimos, lo cual se explica en el mayor sombreado y competencia que se genera entre las plantas a dichas densidades de población (Carrillo *et al*, 2003).

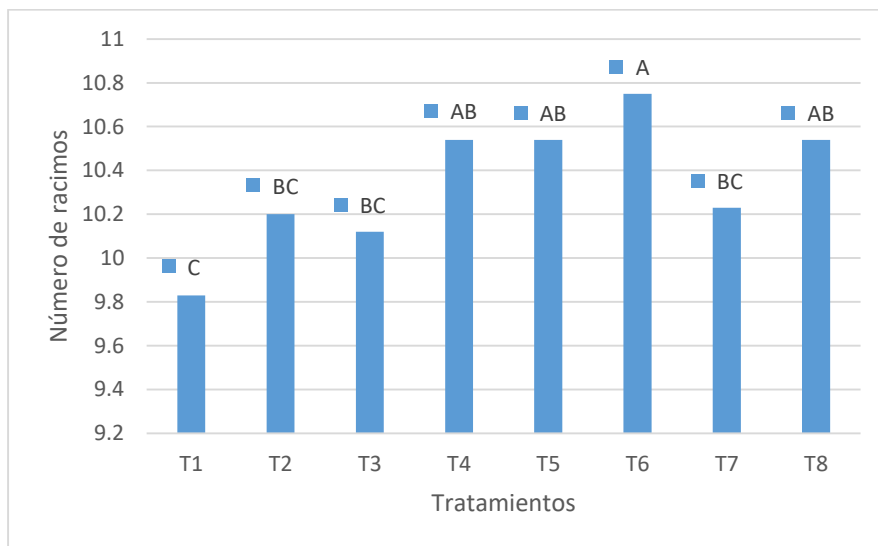


Figura 5. Comparación de medias para el número de racimos por tallo, en tomate, bajo condiciones de invernadero de baja tecnología.

4.1.4. Longitud Entre Racimos

Para esta variable se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$), siendo la densidad de 25000 tallos. ha^{-1} la que destaca con 23.62 cm entre racimos, el resto de los tratamientos tuvieron los racimos con una mayor separación y fueron estadísticamente iguales, lo cual indica que a menor densidad de plantación la distancia de un racimo a otro se hace más corta, lo cual se explica por el mayor espacio, menor sombreado y competencia entre las plantas a dicha densidad, al disminuirse la distancia entre racimos aumenta el número de racimos florales, dando como resultado un incremento en el rendimiento, contrario a lo observado con la densidad de 55000 tallos. ha^{-1} , que fue la de mayor distancia entre racimos con 26.11 cm, por tanto se confirma que a mayor densidad, la distancia entre racimos se alarga (Carrillo *et al*,2003).

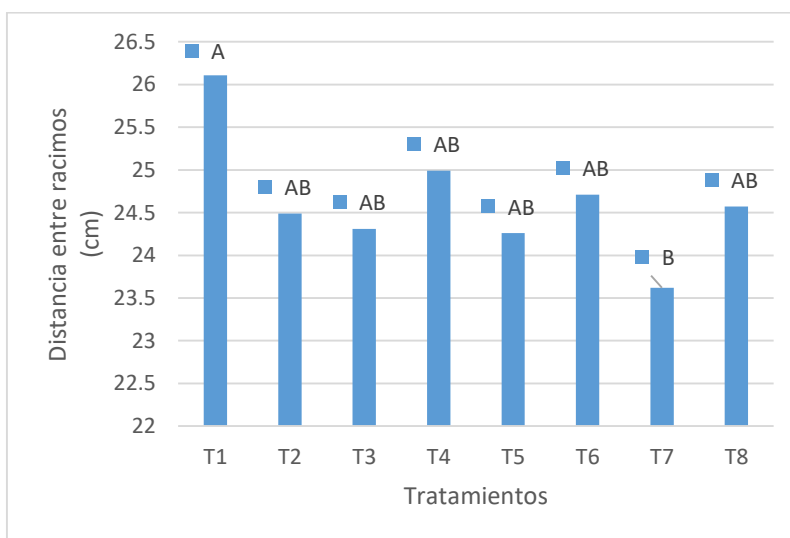


Figura 6. Comparación de medias para la variable longitud entre racimos en el cultivo de tomate a dos tallos.

IV. 2. Variables de Rendimiento y Calidad de Fruta

4.2.1. Número de Frutos por Tallo

Para la variable número de frutos cosechados por tallo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$), siendo la densidad de 35,000 tallos. ha^{-1} la que obtuvo mejores resultados con 32.75 frutos por tallo, aunque fue estadísticamente igual al tratamiento 1, superando al testigo en 24% y al segundo mejor tratamiento en 9.03%, lo que indica que la densidad de 35,000 tallos. ha^{-1} es mejor para dicha variable, esto difiere de Peil y Gálvez (2004) quienes no reportan diferencias entre densidades que van desde 24,000, 30,000 y 35,000 tallos. ha^{-1} , mientras que Villegas *et al.*, (2004), señalan que a mayor densidad se producen mayor número de frutos/ m^2 , indicando como mejor densidad, la de 68000 plantas. ha^{-1} , ya que además fue la que tuvo el mejor rendimiento de exportación, resultados similares reportan (Ucan *et al.*, 2005).

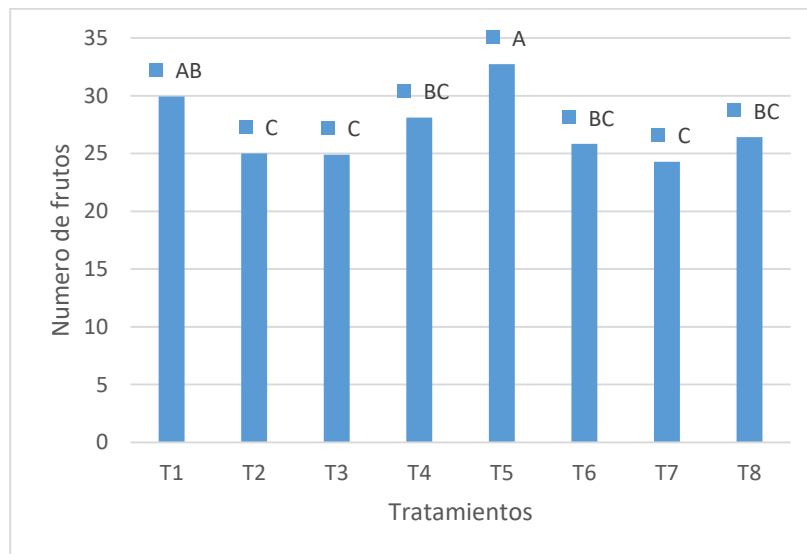


Figura 7. Comparación de medias para el número de frutos por tallo en el cultivo de tomate.

4.2.2. Gramos de Fruto por Tallo

En la variable de gramos de fruta por tallo también se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($p \leq 0.01$), destacando como el mejor tratamiento la densidad de plantación de 35000 tallos.ha⁻¹ con 3389.2 g. cosechados, superando al testigo en 24.14%, y al segundo mejor tratamiento con 55,000 tallos.ha⁻¹ aunque estadísticamente diferente del antes citado y fue superado por el primero en 16.74% y fue estadísticamente similar al resto de los tratamientos probados, esto coincide con Villegas *et al.*, (2004) quienes reportan que a una densidad de 38000 y 68000 plantas.ha⁻¹ se obtuvieron los mejores rendimientos por planta (5.5 kg) de tomate, tendencias similares señalan Grijalva *et al.*, (2010) con 7.83 kg por planta en tomate bola a una densidad de 37800 plantas que fue la que tuvo mayor rendimiento. Peil y Gálvez (2004) mencionan que el incremento en la producción por unidad de superficie se debe al peso promedio y número de frutos por planta, que es significativamente superior en una densidad de a 35,000 plantas.ha⁻¹.

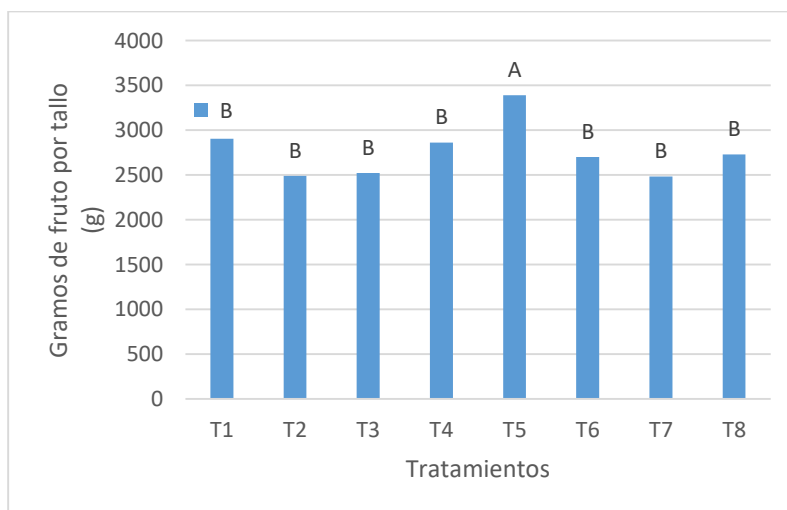


Figura 8. Comparación de medias para la variable gramos de fruto por tallo, en el cultivo de tomate.

4.2.3. Peso Promedio de Fruto (PPF)

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$) en la variable PPF, el tratamiento 5,6 y 8 fueron estadísticamente iguales, sin embargo el mejor tratamiento fue el de 30000 tallos. ha^{-1} y fue el que exhibió los mejores resultados con 104.91g, seguido del tratamiento de 35000 tallos. ha^{-1} con 103.34g. y el testigo con 103.18g, los tres estadísticamente iguales y diferentes del resto de los tratamientos probados, mientras que el menor peso promedio de fruto se observó en la densidad de 55000 tallos. ha^{-1} con 97.05g, inferior al testigo en 6%, sin embargo la tendencia para el resto de los tratamientos, es que, a medida que se incrementa la densidad de plantación el peso promedio del fruto disminuye, por ende se sacrifica la calidad del fruto individual, resultados similares para dicha variable reportan (Arguerich *et al.*, 2013; Fandi *et al.*, 2007; Sánchez y Ponce, 1998.). Peil y Gálvez (2004) mencionan que la variación en esta variable se debe al hecho de que una mayor densidad de tallos regula la competencia por asimilados y da un menor tamaño de frutos.

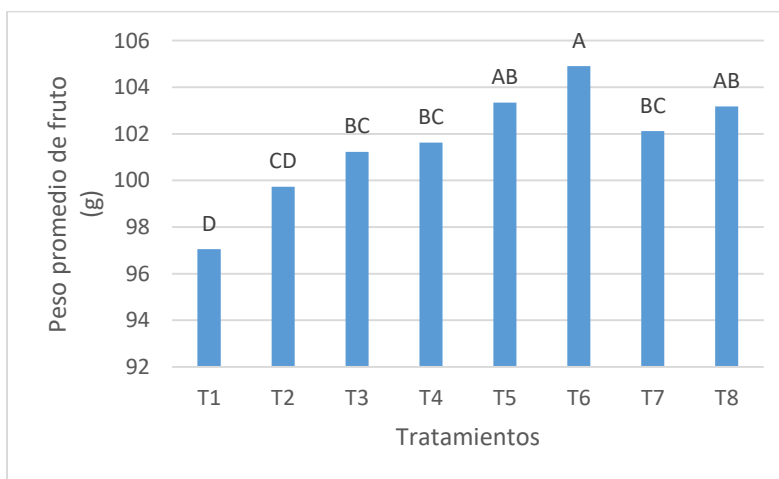


Figura 9. Comparación de medias para la variable peso promedio de fruto en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

4.2.4. Diámetro Polar del Fruto (DPF)

En la variable DPF se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$) donde el testigo y cuatro tratamientos más fueron estadísticamente iguales, el testigo tuvo el mayor valor con 67.03 mm, seguido del tratamiento 7 con 66.87 mm, seguidos de 30,000, 35,000 y 45,000 tallos.ha⁻¹ con 66.06, 66.10 y 66.54 mm respectivamente, todos los tamaños obtenidos por estos tratamientos entran dentro del tamaño grande de acuerdo a la clasificación de la NMX-FF-009, esto coincide con Cruz *et al.*, (2009), Grasso *et al.*, (2004) y Peil y Gálvez (2004) quienes reportan una reducción del tamaño del fruto a medida que se incrementa la densidad de población. Grijalva *et al.*, (2010) mencionan que las diferencias en esta variable por las densidades podrían explicarse en parte por efecto de competencia entre las plantas por luz solar.

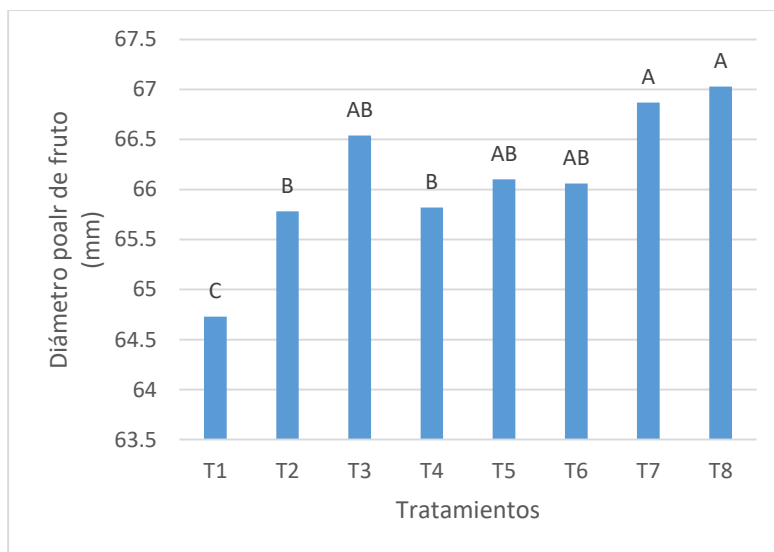


Figura 10. Comparación de medias para la variable diámetro polar del fruto de tomate, desarrollado en invernadero de baja tecnología.

4.2.5. Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)

En la variable DEF se encontró que los tratamientos 7 y 8 fueron estadísticamente iguales, pero estadísticamente superiores al resto de los tratamientos, el mejor tratamiento fue el testigo con 50.12 mm seguido del 7 con 49.45 mm, superando a la más alta densidad en 5.12 %, ambos tratamientos tuvieron las menores densidades de plantación. De acuerdo con lo observado, se indica que a mayor densidad de plantación menor es el calibre del fruto y por ende la calidad del mismo, esto coincide con Cruz *et al.*, (2009) y Grasso *et al.*, (2004) quienes reportan una reducción del tamaño del fruto a medida que se incrementa la densidad de población. Grijalva *et al.*, (2010) mencionan que las diferencias en esta variable por las densidades podrían explicarse en parte por efecto de competencia entre las plantas por luz solar.

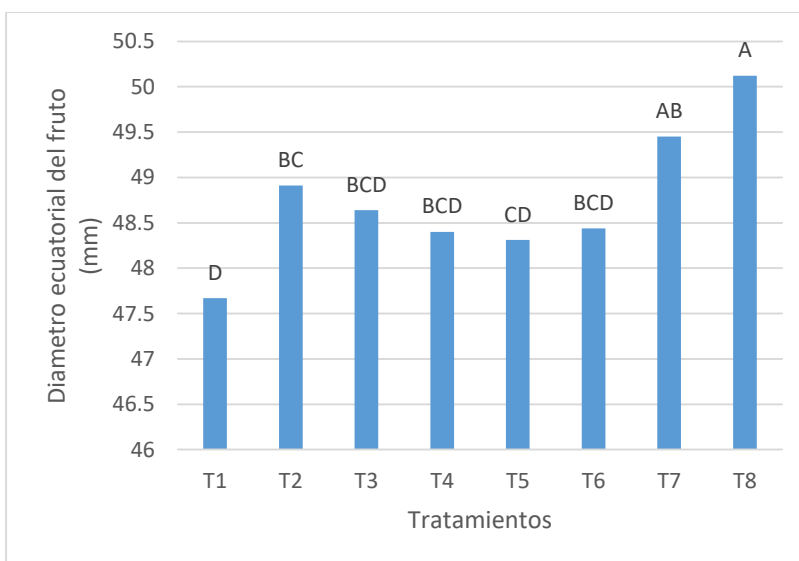


Figura 11. Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de tomate estudiado con diferentes densidades de población.

4.2.6. Rendimiento por Hectárea

Para esta variable también se encontró diferencia significativa siendo la densidad de 55,000 tallos.ha⁻¹ estadísticamente superior al resto de los tratamientos, sin embargo en este tratamiento se sacrifica calidad de fruto, obteniendo frutos de menor tamaño y peso promedio, lo cual resulta limitante para obtener un producto de la calidad que exige el mercado, sobre todo el de exportación, lo anterior coincide con lo encontrado por (Cruz *et al.*, (2009); Grasso *et al.*, (2004); Peil y Gálvez, 2004; Villegas *et al.*, 2004; Ucan *et al.*, 2005) quienes señalan que a mayor densidad de población aumenta el rendimiento en tomate. Peil y Gálvez (2004) mencionan que el incremento en la producción por unidad de superficie se debe al incremento en el rendimiento del número de frutos y este es superior al incrementar el número de tallos.ha⁻¹.

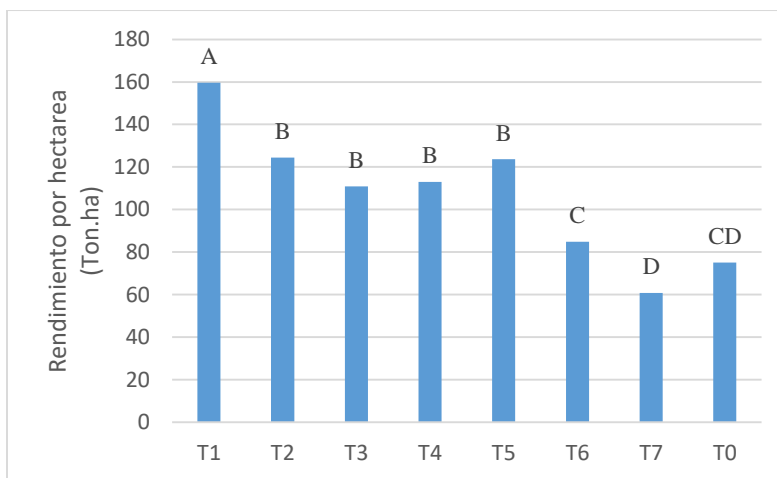


Figura 12. Comparación de medias para la variable rendimiento total por hectárea en el cultivo de tomate.

V. CONCLUSIONES

La combinación de tomate injertado, cultivado a una sola hilera con doble tallo y a una densidad de población de 35000 tallos por hectárea genera mayor rendimiento y de mejor calidad de fruta.

El conducir a la planta de tomate bajo invernadero a dos tallos por planta permite reducir los costos de producción sin afectar significativamente el rendimiento.

A medida que se incrementa la densidad de población se incrementa también el rendimiento por unidad de superficie, sin embargo, se afecta severamente la calidad de fruta y el vigor de la planta en general.

VI. LITERATURA CITADA

- Argerich C.A.; Aquindo N.S.; Navarro P. 2013. Optimizing plant density in processing tomatoes under drip irrigation . Acta Hort. (ISHS) 971:71-76.
- Báez V. E. P.; Carrillo F. J. A.; Báez S. M. A.; García E. R. S.; Valdez T. J. B.; Contreras M. R. 2010. Uso de portainjertos resistentes para el control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de Malla Sombra. Revista Mexicana de Fitopatología. 28(2):111-123.
- Barrett, C., Zhao, X., Sims, C., Brecht, J., Dreyer, E., Gao, Z. 2012. Fruit composition and Sensory Attributes of Organic Heirloom Tomatoes as Affected by Grafting. Hortechonology 22(6) 804-809.
- Boffelli Enrica. 2000. Guía Fotográfica de los injertos. DE VECCHI. Barcelona, España. 158 p.
- Calderón, G., Sierra, B., José, E., & José, E. S. B.1987. Proyecto frutales para exportación-CRI CARIBIA:(borrador preliminar) (No. Doc. 24105) CO-BAC, Bogotá).
- Carrillo, J. C., Jiménez, F., Ruiz, J., Díaz, G., Sánchez, P., Perales, C., & Arellanes, A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Agronomía Mesoamericana, 14(1).
- Chew M. Y. LL.; Gaytan M. A.; Espinoza A. J. J.; Reta S. D. G.; Reyes J. I.; Chew M. R. G.; Ramírez F. R. 2012. Planta de tomate injertada bajo condiciones de invernadero: rendimiento y calidad de fruto. Producción Agrícola-Agrofaz. 12(3):31-38.

- Colla G.; Rouphael Y.; Cardarelli M.; Salerno A.; Rea E.; 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environ. Exp. Bot.* 68:283-291.
- Cruz H. N.; Sánchez del C. F.; Ortiz C. J.; Mendoza C. Ma del C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agricultura Técnica en México* 35(11): 73-80.
- Davis, R., P. Perkins, R. Hassell, A. Levi, S. King and X. Zhang. 2008 Grafting Effects on Vegetable. *Quality HortScience*, October 43: 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 Miguel, A., 2011. El injerto en plantas de tomate. Serie Documentos. Consultado 10-10-2017 en: www.poscosecha.com/es/publicaciones/
- Ezziyyani M., Pérez S. C.; Requena M. E.; Sid A. A.; Candela M. E.; 2005. Efecto del sustrato y la temperatura en el control biológico de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anales de Biología* 27:119-126.
- Fandi. M.; Muhtaseb J.; Hussein M. 2007. Effect of plant density on tomato yield and fruit quality growing in tuff culture. *Acta Hort. (ISHS)* 741:207-212.
- Flores, F., Sanchez-Bel, P., Estañ, M., Martínez-Rodríguez, M., Moyano, E., Morales, B., Campos, J., García-Abellán, J., Egea, M., Fernández-García, N., Romojaro, F., Bolarín, M. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125. 211–217.

- Gebologlu, N.; Yılma E.; Çakmak P.; Aydın, M. y Kasap, Y. 2011. Determining of the yield, quality and nutrient content of tomatoes grafted on different rootstocks in soilless culture. *Sci.Res.Essays* 6(10):2147-2153.
- Godoy, H., J. Castellanos. 2009. El injerto de tomate. In: Manual de producción de tomate en invernadero México. J. Z. Castellanos (Ed). Editorial Intagri, S.C. pp: 93-104.
- Gómez, A. M. (1997). Injerto de hortalizas. Generalitat Valenciana.
- Grasso, R., Muguero, A., Ferratto, J., Mondino, M. C., & Longo, A. 2004. Efecto de la época y de la densidad de plantación sobre la productividad del tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mil.) bajo invernadero. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 3(1/2), 7-11.
- Grijalva-Contreras, R. L., Macías-Duarte, R., Grijalva-Durón, S. A., & Robles-Contreras, F. 2010. Evaluación de densidades y arreglos de plantación en tomate bola en condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *Biotecnia*. 12(2), 20-28.
- Hartman H T, D E Kester (1984) Propagación de Plantas. Continental, S.A. de C.V., México. 915 p.
- Hartmann, H. T. Kester, D. 1991. Plant propagation; principles and practices. New Jersey: Regent-Prentice Hall.
- Hartmann H. T.; Kester D. E.; Davies F. T.; Geneve R. L. 1997. Plant propagation. Ed. Prentice Hall. USA. 873 pp.
- Hartmann H. T.; Kester D. E.; Davies F. T.; Geneve R. L. 2002. Plant propagation, principles and practices.7th ed. Prentice Hall. NJ, USA. pp 411-460.

- Ibrahim A., Wahb-Allah M., Abdel-Razzak H., Alsadon A. 2014. Growth, yield, quality and water use efficiency of grafted tomato plants grown in greenhouse under different irrigation levels. *Life Sci. J.*;11(2):118- 126.
- INTAGRI. 2013. Ventajas del Injerto en Tomate y su Proceso Paso a Paso. Intagri, Gto. México. 2 p.
- Itagi, T., K. y S. Nakanisi Nagashima. 1990. Studies on the production system of the grafted seedlings in fruit vegetables. 1. 1990. Methodos of grafting, the kind of plug tray, conditions of acclimatization and the process during raising tomato plugs. *jour. Japan. Japón. Soc. Soc. Hort. Sci.* 59, 1: 294-295.
- Kakava, E. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato en greenhouse and open-field. *Journal of applied horticulture.* pp 3-7.
- 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.; Davis A. R.; Zhang X.; Crosby K.; 2010. Genetics, breeding and selection of rootstock for solanaceae and cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae.* 127:106-111.
- Kubota, C., M. McClure, N. Kokalis, M. Bausher y E. Roskopf. 2008. Vegetable Grafting: History, Use and Current Technology Status in North America. *HortScience.* 43: 1664-1669.
- Kurata, K. 1994. Cultivation of grafted vegetables II. Development of grafting robots in Japan. *HortScience.* 29: 240 - 244.
- Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28: 61-124

- Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience. Vol. 29. pp. 235 - 239.
- Lee J. M.; Kubota C.; Bie Z.; Hoyos E. P.; Morra L.; Oda M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. Scientia Horticulturae. 127(2):93-105.
- Leonardi, C., & Giuffrida, F. 2006. Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. European Journal of Horticultural Science, 97-101.
- López M. j.; Galvez L.; Porras I.; Brotons M. J. M. 2012. Injerto en pimiento (*Capsicum annuum*): Beneficios y rentabilidad de su uso. ITEA (*en prensa*). 20:1-20.
- López E. J.; Garza O. S.; Huez L. M. A.; Jimenez L. J.; Rueda P. E. O.; Murillo A, B. 2015. Produccion de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. European Scientific Journal. 11(24): 25-36.
- López G. S. 2015. Influencia del injerto y de dos soluciones nutritivas en parámetros de producción y calidad en tomate valenciano.
- Louws J. F.; Rivard L. C.; Kubota C.; 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. Scientia Horticulturae 127(2) 125-146.
- Martínez Palma, M. (2010). Evaluación de métodos de enjertación en genotipos de tomate (*Lycopersicon ssp.*) (Doctoral dissertation).
- Miguel, A. 2005. Injertos de hortalizas. Curso Internacional. INTAGRI. Jalisco. México.

- Mišković Ž. I. and V. Marković. 2009. Effect of Different Rootstock Type on Quality and Yield of Tomato Fruits. Faculty of Agriculture. The University of Novi Sad Serbia. 619-624.
- Morita, S. 1988. A new grafting method for fruit-bearing vegetables by the application of adhesives. *Agriculture and Horticulture* 63: 1190-1190.
- Muñoz M. E.; Sánchez C. E.; Guevara A. A.; García B. M. L. 2011. Impacto del uso de portainjerto sobre el rendimiento en Chile pimiento morrón. Cartel Área/Tema: Horticultura/Fisiología y Nutrición vegetal.
- Nuez F., A. Rodríguez, J. Tello, J. Cuartero, B. Segura. 1995. El cultivo del tomate. España: Mundi Prensa, 125p.
- Oda, M. y T. Nakajima. 1992. Adhesive grafting of Chinese cabbage on turnip. *HortScience* 27:1136.
- Oda, M., K. Tsuji, K. Ichimura y H. Sasaki. 1994. Factors affecting the survival of cucumber plants grafted on pumpkin plants by horizontal grafting at the hypocotyl level. *Bull. Bol. national Research Institute for Vegetables, Ornamental Plants and Tea* 9:52-60.
- Oda, M. 1995. New grafting methods for fruits bearing vegetables in Japan. *Agricultural Research Quarterly* 29: 187-194.
- Oda, M., K. Okada, K. Sasaki, S. y M. Akazawa Sei. 1997. Growth and yield of eggplants grafted by a newly developed robot. *HortScience* 32: 848-849.
- Oda, M. 2002. Grafting of vegetable crops. *Sci. Rep. Agr. and Biol. Sci. Osaka Pref. Univ.* 54:49-72.

- Oztekin G.; Tüzel Y.; Gül A.; Tüzel I. H. 2007. Effects of grafting in saline conditions. *Acta Horticulturae*. 761, 349-355.
- Peil, R.M.N.; Gálvez, J.L. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira*, 22(2): 265-270.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2000). Secretaría del Ozono. Consultado 10-09-2017 en: <http://www.unep.org/ozone>.
- Turhan A., Ozmen N., Serbeci M.S., Seniz V., 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Hort. Sci. (Prague)*, 38: 142–149.
- Rick, C. M. (1986). *Genetics and Breeding*. pp 35-109.
- Rivard, C. L., & Louws, F. J. 2008. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. *HortScience*, 43(7), 2104-2111.
- Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M.; 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetable in Japan. *Acta Horticulturae*. 731:159-170.
- Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M.; 2008. The history of melon and cucumber grafting in Japan. *Acta Horticulturae*. 767:217-228.
- Sánchez del C. F.; Ponce O. J. 1998. Densidad de plantación y nivel de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(2):89-93.
- Sánchez C. E.; Torres G. A.; Flores C. M. A.; Preciado R. P.; Marquez Q. C. 2015. Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a

Phytophthora capsici Leonian en pimiento morrón. Revista Electrónica Nova Scientia, 15. 7(3):227 – 244.

Schwarz D.; Roupael Y.; Colla G.; Venema J. H.; 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, wáter stress and organic pollutants. Scientia Horticulturae. 127:162-171.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2016) Consultado 12-09-2017 en <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2016/Paginas/2015B466.aspx>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2017) Consultado 12-09-2017 en <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC0351-17.aspx>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Consultado 09-09-2017 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Steiner, A. A. (1966). The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. Plant and Soil, 24(3), 454-466.

Ucan C. I.; Sánchez del C. F.; Contreras M. E.; Corona S. T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del tomate. Rev. Fitotec. Mex. 28(1): 33-38.

Van de Voren, J.G.; Welles, W.H.; HAYMAN, G.1986. Glasshouse crop production. In: The tomato crop. Chapman and Hall. London, England. pp. 581-623.

Villegas C. J. R.; Gonzales H. V. A.; Carrillo S. J. A.; Livera M. M.; Sánchez del C. F.; Osuna E. T. 2004. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a

densidades de población en dos sistemas de producción. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(4): 333-338.

Yamakawa, B. 1983. Grafting. In: Nishi (ed.). *Vegetable handbook* (in Japanese). Yokendo Book. Co., Tokyo. p. 141-153.

Zhao X.; Ghuo Y.; Huber D. J.; Lee J.; 2011. Grafting effects on postharvest ripening and quality of 1-methylcyclopropene-treated muskmelon fruit. *Scientia Horticulturae*. 130-581-587.