

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta De Cuatro Híbridos De Tomate Al Uso Del Portainjerto Colossus Bajo  
Condiciones De Invernadero

Por:

**JUAN ARRIAGA CORTÉS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de Cuatro Híbridos de Tomate al Uso del Portainjerto Colossus Bajo  
Condiciones de Invernadero

Por:


**JUAN ARRIAGA CORTÉS**

TESIS

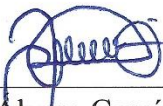
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobado por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Armando Hernández Pérez  
Coasesor

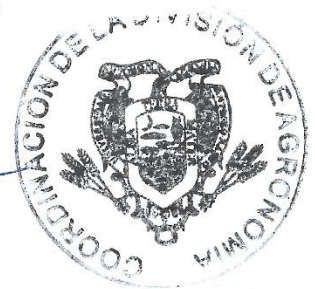
  
Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal

  
Dr. Alvaro García León  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2021



## **Declaración de no plagio**

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

---

**JUAN ARRIAGA CORTÉS**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al departamento de horticultura por prepararme para ser un profesionista y poder contribuir a una sociedad mejor, más que darme a mis compañeros de generación horticultura CXXI medio a una nueva familia, eternamente agradecido con mi universidad.

Dr. Valentín Robledo Torres más que mi asesor de tesis es y será un gran profesor que me enseñó que la perseverancia y el trabajo constante se logran los objetivos de vida.

Dr. Álvaro García León por ser mi mentor en el área de nutrición vegetal, todos los consejos y conocimiento que me comparte me ayudaron y ayudaran a ser un mejor asesor técnico en el área de producción.

Dr. Armando Hernández Pérez por contribuir al proyecto con su conocimiento, asesoría y así cumplir con mis objetivos.

Dr. Rubén López Cervantes su amistad y conocimiento me ayudaron para colocarme en el campo laborar muchas gracias.

Mtro. Jorge Luis Coriche Avilés, gracias, tío por regalarme mi computadora siendo esta mi principal herramienta durante mi estancia en la universidad.

A la sociedad mexicana que gracias a sus impuestos se mantienen y se tienen las universidades públicas de nuestro país para que sigan egresando profesionistas al servicio del campo.

## **DEDICATORIA**

A mi Dios padre que me coloco en mi camino a las personas adecuadas que me apoyaron para poder alcanzar mis metas personales y profesionales, nunca me abandono y siempre me dio el impulso para seguir adelante siempre perseverante.

A mis padres Sra. Verónica A Cortés Pérez y Sr. J Abundio Arriaga Avilés eternamente agradecidos con ustedes por nunca dudar de mí, por su apoyo en todos los sentidos y porque todo su esfuerzo para darme una carrera profesional valió la pena muchas gracias.

A mis hermanos, sobrinas, tías y tíos por sus buenos deseos, su apoyo a la distancia y por creer en mi para superarme como persona y siempre estar al pendiente de mí, hoy puedo compartir este logro con ustedes.

A la familia Ruiz Granados que se convirtieron en mi segundo hogar ya que su apoyo fue y será muy importante para mí, nunca me sentí solo estando lejos de mi familia muchas gracias a todos ustedes.

A la familia Delgado Cardona por su apoyo en mi estancia en especial a mi tía Lolita y Silvia, sin olvidarte nunca mi amigo y hermano Billy.

A mis amigos que se convirtieron en mi familia, Lily Cruz, Ana Luna, Mario Benítez, Alfredo Contreras y mi compadre Javier Pompa.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS .....	IX
ÍNDICE APÉNDICE .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
<b>2.1 Origen y Distribución</b> .....	3
2.2 Importancia Económica .....	3
2.3 Morfología de la Planta .....	4
2.3.1 Semilla.....	4
2.3.2 Raíz.....	4
2.3.3 Tallo.....	4
2.3.4 Hojas.....	5
2.3.5 Flor .....	5
2.3.6 Fruto .....	5
<b>2.4 Requerimientos Edáficos</b> .....	6
<b>2.5 Requerimientos Climáticos</b> .....	8
2.5.1 Temperatura.....	8
2.5.2 Luminosidad .....	8
2.5.3 Humedad Relativa .....	9
<b>2.6 Sistemas de Producción en Tomate</b> .....	10
2.6.1 Sistema a Cielo Abierto.....	10
2.6.2 Sistema Protegido.....	10

<b>2.7 Técnica de Injertado</b> .....	13
2.7.1 Condiciones que Influyen en la Efectividad del Injerto .....	13
2.7.2 Compatibilidad del Injerto.....	14
III. <b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	16
<b>3.1 Lugar del Experimento</b> .....	16
<b>3.2 Genotipos</b> .....	16
<b>3.3 Establecimiento del Experimento</b> .....	16
<b>3.4 Manejo del Cultivo</b> .....	17
<b>3.5 Variables Agronómicas Estimadas</b> .....	18
<b>3.6. Variables Bioquímicas Estimadas</b> .....	19
<b>3.7 Análisis Estadístico</b> .....	19
IV. <b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	20
<b>4.1 Variables Agronómicas</b> .....	20
4.1.1 Número de Racimos por Planta (NRPP) .....	20
4.1.2 Número de Frutos por Racimo (NFPR).....	21
4.1.3 Peso Total de Frutos por Planta (PTFP) .....	22
4.1.6 Peso Promedio de Fruto (PPF) .....	25
4.1.7 Masa y Distribución de la Raíz en Perfiles del Suelo .....	26
<b>4.2 Análisis de las Variables de Calidad Química</b> .....	29
4.2.1 Contenido de Licopeno en $\mu\text{g/g}$ (CLF).....	29
4.2.2 Contenido de Vitamina C en $\text{mg}/100\text{g}$ .....	30
V. <b>CONCLUSIONES</b> .....	32
VI. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	33
VII. <b>APÉNDICE</b> .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morfología de la planta de jitomate: a) semilla, b) raíz, c) tallo, d) hoja, e) flor y f) fruto de tomate tipo bola (autor y año).....	7
<b>Figura 2.</b> Respuesta en el rendimiento del portainjerto Colossus en los híbridos estudiados: a) Mirina-RZ74.682, b) 74-686, c) 74-335 y d) 74-684. ....	20
<b>Figura 3.</b> Comparación de medias en el número de racimos por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.....	21
<b>Figura 4.</b> Comparación de medias en el número de frutos por racimo en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus. ....	22
<b>Figura 5.</b> Valores medios del peso total de fruto por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus. ....	23
<b>Figura 6.</b> Comparación de medias en el diámetro polar por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus. ....	24
<b>Figura 7.</b> Comparación de medias en el diámetro ecuatorial por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.....	25
<b>Figura 8.</b> Comparación de medias del peso promedio del fruto en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus. ....	26
<b>Figura 9.</b> Comparación de medias del peso fresco y seco de la masa radicular por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.....	27
<b>Figura 10.</b> Distribución de la masa de la raíz en peso fresco del portainjerto Colossus con cuatro híbridos injertados; a) Mirina-RZ74.682/Colossus, b) 74-686/Colossus, c) 74-335/Colossus y d) 74-684/Colossus.....	28
<b>Figura 11.</b> Distribución de la masa de la raíz en cuanto al peso seco del portainjerto Colossus con cuatro híbridos injertados; a) Mirina-RZ74.682/Colossus, b) 74-686/Colossus, c) 74-335/Colossus y d) 74-684/Colossus.....	29
<b>Figura 12.</b> Comparación de medias del contenido de licopeno de frutos en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.....	30
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias del contenido de vitamina C de frutos en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.....	31



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Temperatura requerida en las diferentes etapas fenológicas de desarrollo del tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ). Fuente: González <i>et al.</i> , 2014.....	9
<b>Cuadro 2.</b> Descripción de los genotipos de tomate utilizados en la investigación. ....	17
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos utilizados en el presente trabajo de investigación (híbrido/portainjerto) en tomate injertado.....	17
<b>Cuadro 4.</b> Tratamientos portainjerto/híbrido de tomate ( <i>L. esculentum</i> ) en macetas. ....	18

## ÍNDICE APÉNDICE

<b>Tabla 1.</b> Análisis de varianza de la variable número de racimos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	39
<b>Tabla 2.</b> Análisis de varianza de la variable número de frutos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	39
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza de la variable peso total de frutos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	39
<b>Tabla 4.</b> Análisis de varianza de la variable diámetro polar del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	40
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial del fruto por planta en los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	40
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza de la variable peso promedio del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	40
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza de la variable contenido de licopeno del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	41
<b>Tabla 8.</b> Comparación de medias para la variable número de racimos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	41
<b>Tabla 9.</b> Comparación de medias para la variable número de frutos por racimos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	41
<b>Tabla 10.</b> Comparación de medias para la variable peso total de frutos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	42
<b>Tabla 11.</b> Comparación de medias para la variable diámetro polar de fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	42
<b>Tabla 12.</b> Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	43
<b>Tabla 13.</b> Comparación de medias para la variable peso promedio del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus. ....	43

## RESUMEN

El jitomate al igual que la mayoría de los cultivos se enfrenta a diversos problemas entre ellos los que afectan la raíz. El control de estos es más difícil debido a que las aplicaciones pueden no llegar a éste importante órgano, sin embargo, con la técnica del injerto se puede tener una planta con un sistema radicular tolerante a problemas del suelo, como enfermedades, mayor asimilación de nutrientes, mayor anclaje y tolerancia a condiciones suelos salinos, entre otros. Aunque uno de los problemas que se presentan al realizar la técnica de injerto es la incompatibilidad entre portainjerto/variedad injertada, lo cual se ve reflejado en la calidad física, química y el rendimiento de los frutos. Por ello se planteó como objetivo, evaluar la respuesta de cuatro híbridos de tomate bola con el portainjerto Colossus en bajo condiciones de invernadero. Plantas provenientes de la empresa Plantanova fueron sembradas en un invernadero en el municipio de General Cepeda, Coahuila, en camas de 180 cm de ancho x 24 m de largo, en donde se trasplantaron cada 30 cm. Se evaluó número de racimos por planta, número de frutos por racimo, peso de fruto por planta, diámetro polar y ecuatorial del fruto, contenido de licopeno y vitamina C. En el mismo invernadero se sembraron plantas en macetas para evaluar la masa y distribución radicular. Ambos experimentos fueron establecidos bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (Colossus/Mirina-RZ74, 74-686/Colossus, 74-335/Colossus y 74-684/Colossus), con cuatro repeticiones; cada repetición consto de 10 plantas, de cada tratamiento se tomaron cinco plantas para la toma de datos. El tratamiento Colossus/74-335, aunque tuvo un rendimiento significativamente igual al resto de los tratamientos, se podría considerar como el más prometedor ya que tiene alto rendimiento con frutos de tamaño grande y alta calidad nutricional de fruto. 74-335/Colossus fue el mejor tratamiento en número de racimos, número de frutos, rendimiento, vitamina C, en segundo lugar, en contenido de licopeno, diámetro polar y ecuatorial de los frutos. Con el uso del portainjerto Colossus no se registraron enfermedades radiculares, por lo tanto, se infiere que es un portainjerto, adecuado para la producción en sistemas de agricultura protegida.

**Palabras claves:** *Solanum lycopersicum*, técnica del injerto, enfermedades del suelo, rendimiento de fruto.

## ABSTRACT

The tomato, like most crops, faces various problems, including those that affect the root. Controlling these is more difficult because applications may not reach this important organ. However with the grafting technique you can have a plant with a root system tolerant to soil problems, such as diseases, greater assimilation of nutrients, greater anchorage and tolerance to saline soil conditions, among others. Although one of the problems that arise when carrying out the grafting technique is the incompatibility between rootstock/grafted variety, which is reflected in the physical and chemical quality and the yield of the fruits. Therefore, the objective was to evaluate the response of four tomato hybrids with the Colossus rootstock under greenhouse conditions. Plants from the Plantanova company were planted in a greenhouse in the municipality of General Cepeda, Coahuila, in beds 180 cm wide x 24 m long, where they were transplanted every 30 cm. Number of bunches per plant, number of fruits per bunch, weight of fruit per plant, polar and equatorial diameter of the fruit, lycopene and vitamin C content were evaluated. Potted plants were planted in the same greenhouse to evaluate root mass and distribution. Both experiments were established under a completely randomized design with four treatments (Colossus / Mirina-RZ74, Colossus / 74-686, Colossus / 74-335 and Colossus / 74-684), with four repetitions; Each repetition consisted of 10 plants, from each treatment five plants were taken for data collection. The Colossus / 74-335 treatment, although it had a significantly equal performance to the rest of the treatments, could be considered as the most promising since it has high yield with large fruits and high nutritional quality of the fruit. Colossus / 74-335 was the best treatment in number of clusters, number of fruits, yield, vitamin C, in second place, in lycopene content, polar and equatorial diameter of the fruits. With the use of the Colossus rootstock, no root diseases were recorded, therefore it is inferred that it is a rootstock, suitable for production in protected agriculture systems

**Key words:** *Solanum lycopersicum*, grafting technique, soil diseases, fruit yield.

## I. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más importantes en el mercado nacional e internacional, que genera grandes ingresos económicos y es fuente importante de empleos. En el 2020, el volumen exportado alcanzó un millón 662 mil toneladas (SIAP, 2020). En los últimos años la producción de jitomate se ha incrementado bajo condiciones protegidas, tecnología que limita el desarrollo de plagas, enfermedades y evita condiciones climáticas restrictivas que ponen en riesgo la producción y calidad del producto. En México se producen diferentes tipos de jitomates, como tipo cherry, saladette, pera, bola y bola grande. Actualmente se reporta una producción de tomate de 2.8 millones de toneladas (SIAP, 2020).

El jitomate es el cultivo que mayor superficie ocupa en producción bajo condiciones de invernadero. La producción de jitomate en invernaderos es de suma importancia que permite algunas ventajas sobre la producción a cielo abierto, ya que se establece una barrera entre el ambiente externo y el cultivo, creando un microclima interno que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo y plagas) además de controlar factores como la temperatura, radiación, concentración de CO<sub>2</sub> y humedad relativa (Velazco *et al.*, 2011). Sin embargo, bajo este sistema de producción uno de los retos que enfrentan los productores, es mantener o disminuir los costos de producción de esta hortaliza para ser competitivos en el mercado. Una alternativa para disminuir los costos de producción es cultivar en suelo en lugar de sustrato, pero las plantas cultivadas en suelo son atacadas por patógenos, lo que causa importantes daños económicos (Bletsos *et al.*, 2003). Sin embargo, diversas técnicas se han probado para prevenir el ataque de patógenos, como el uso químico que en ocasiones tienen un alto impacto sobre el ambiente. Dicha situación ha obligado a usar técnicas más amigables con el medio ambiente como es el uso de variedades resistentes o bien el uso de injertos sobre patrones tolerantes o resistentes a patógenos del suelo (Bletsos *et al.*, 2003).

La técnica del injerto permite cultivar especies sensibles a ciertos patógenos, sobre suelos infectados, utilizando el sistema radicular de patrones tolerantes o resistentes y la parte

aérea del genotipo susceptible, pero con características sobresalientes del fruto. Esta técnica protege a una determinada variedad frente a enfermedades que se transmiten desde el suelo y afectan a la raíz o a los vasos conductores de savia, llegando a producir la muerte de la planta. Estas enfermedades se presentan (una o varias de ellas), cuando se repite con cierta frecuencia el cultivo de tomate sobre el mismo suelo, si no se realizan desinfecciones, con fumigantes de amplio espectro (Lee y Oda, 2003; De Miguel, 2011).

Otro de los beneficios de uso de portainjertos se manifiesta por mayor absorción de nutrientes y contenido de minerales en la parte aérea (Ruiz *et al.*, 1997) y la vida de anaquel de los frutos (Lee y Oda, 1997). Sin embargo, la selección de un portainjerto eficiente para la extracción de nutrimentos es poco frecuente, casi siempre se selecciona con el criterio de resistencia al estrés biótico y abiótico, este último causado por el medio ambiente (Rivero *et al.*, 2003).

En México no hay reportes de investigación en tomate en invernadero que indiquen las cantidades de biomasa aérea, residuo de cultivo que se genera, cantidad de nutrimentos que toma la planta, y residuo del cultivo a lo largo del ciclo.

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar el efecto del porta-injerto Colossus RZ sobre la producción y calidad de fruto de cuatro híbridos de jitomate en invernadero. Bajo a hipótesis de que el portainjerto Colossus RZ influye favorablemente sobre el rendimiento y calidad de fruto, de al menos uno de los híbridos bajo estudio.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Origen y Distribución

México es considerado a nivel mundial como el centro de domesticación de *L. esculentum*. Se tienen evidencias de que esta hortaliza fue llevada a Europa en 1554 y se comenzó a comercializar a los Estados Unidos en el año de 1835 (Ojo de Agua, 2007). Sin embargo, se considera que su origen es América del Sur, (se extiende desde el sur de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Norte de Chile) (Peralta y Spooner, 2007; Juárez-López *et al.*, 2009). Se cree que a la llegada de los españoles a América el tomate estaba integrado a la cultura Azteca por el origen náhuatl que tiene el nombre moderno tomatl. Actualmente en el centro del país se le llama Jitomate que hace referencia “Xic-tomatl” como lo nombran los aztecas. Los españoles y portugueses fueron los encargados de distribuir el *L. esculentum* por todo el mundo a través de los diferentes viajes marítimos que realizaron y así otras potencias se vieron involucradas en la distribución (Esquinas y Nuez, 2001). El jitomate es una hortaliza que se encuentra en los mercados durante todo el año, se consume tanto en fresco como procesado (Rodríguez *et al.*, 2001).

### 2.2 Importancia Económica

El jitomate es la hortaliza más consumida, difundida y con el mayor valor económico en el mundo. Actualmente la demanda aumenta continuamente y con ello la extensión del cultivo bajo invernadero, la producción y el comercio. El incremento anual en la producción de los últimos años, se debe principalmente al aumento en la productividad y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada, lo cual muestra el enorme valor que este cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial. El jitomate mexicano es una de las hortalizas que generan más divisas para el país, ya que cerca de 30% de la producción nacional se exporta, principalmente a los Estados Unidos, por lo que su cultivo depende significativamente del comportamiento del mercado internacional (Jaramillo, *et al.*, 2007).

De acuerdo con Cenobio (2006), el consumo per cápita es de 26.9 kg por persona en América del Norte y centro América, pero a nivel mundial se reportan 12.6 kg. En México se estima en 18 kg. Por lo que se ha considerado, aumentar la producción en la misma

superficie, que es posible lograr mediante el uso de nuevas tecnologías y mediante el uso de sistemas de producción que aumentan los rendimientos, calidad y rentabilidad.

### 2.3 Morfología de la Planta

La planta de jitomate es anual o perene, puede ser de crecimiento determinado o indeterminado. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, el crecimiento está limitado dependiendo del genotipo en donde puede alcanzar un crecimiento de hasta 10 metros (Nuez, 2001).

#### 2.3.1 Semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión está constituido por la yema apical, dos cotiledones, hipocótilo y radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable recubierta de pelos, que envuelve al embrión y el endospermo (Nuez, 1995).

#### 2.3.2 Raíz

La raíz de las plantas como toda cotiledónea es pivotante la cual se nota en estado de plántula, conforme va creciendo va ramificándose tanto que es difícil de identificar la raíz principal, de las raíces secundarias (Figura 1b), el sistema radicular del tomate puede llegar a una profundidad más o menos de 1.5 m, pero la mayoría de las raíces se encuentran en la capa superior del suelo a una profundidad de 30 cm (Espina, 2009). Una sección transversal de la raíz principal de la planta de tomate pone de manifiesto la existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular (Nuez, 2001).

#### 2.3.3 Tallo

La planta de tomate presenta un tallo herbáceo de un solo eje con un grosor que oscila de 2 a 4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas y tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. El tamaño del tallo depende el genotipo si es de



crecimiento determinado e indeterminado. Sin embargo, el desarrollo se mantiene erguido hasta que el propio peso lo recuesta sobre el suelo, y se vuelve decumbente (Espina, 2009). En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inicia los nuevos primordios foliares y florales (Hernán, 2009).

#### 2.3.4 Hojas

La planta de tomate durante su estado de desarrollo presenta los siguientes tipos de hojas, durante la emergencia las dos hojas cotiledonales son fusiformes agudas, las dos primeras hojas verdaderas son simples y posteriormente presenta hojas compuestas (sentadas). Las hojas que vemos en la planta de tomate son pinnadas-compuestas, una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 10 cm de largo, poco menos en su anchura, presenta un foliolo principal y hasta ocho foliolos laterales las hojas están cubiertas por tricomas al igual que los tallos (Figura 1d) (Estrada, 2010). Las hojas se encuentran dispuestas alternadamente sobre el tallo, son compuestas e imparipinnadas (Maroto, 1994).

#### 2.3.5 Flor

La flor del tomate es perfecta, consta de cinco sépalos y cinco pétalos de color amarillo dispuestos en forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos (Figura 1e). Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencia denominada comúnmente racimos. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal (Valdepeña, 2017). En cada inflorescencia se agrupan tres a diez flores formando el racimo floral (Rodríguez *et al.*, 1984).

#### 2.3.6 Fruto

El fruto de tomate es el producto comestible, es una baya que puede presentar diferentes colores, formas y tamaños. El peso puede variar desde los 400 hasta 600 g. Sin embargo, el color más común es el rojo, la forma redondeada es más para consumo en fresco y la alargada o tipo saladette o redondo es más para la industrialización (Figura 1f). El fruto está

constituido por un pericarpio, tejido placentario y las semillas unidas a la placenta y contenidas en una masa gelatinosa, densa que constituye el contenido locular (Sañudo, 2013).

#### **2.4 Requerimientos Edáficos**

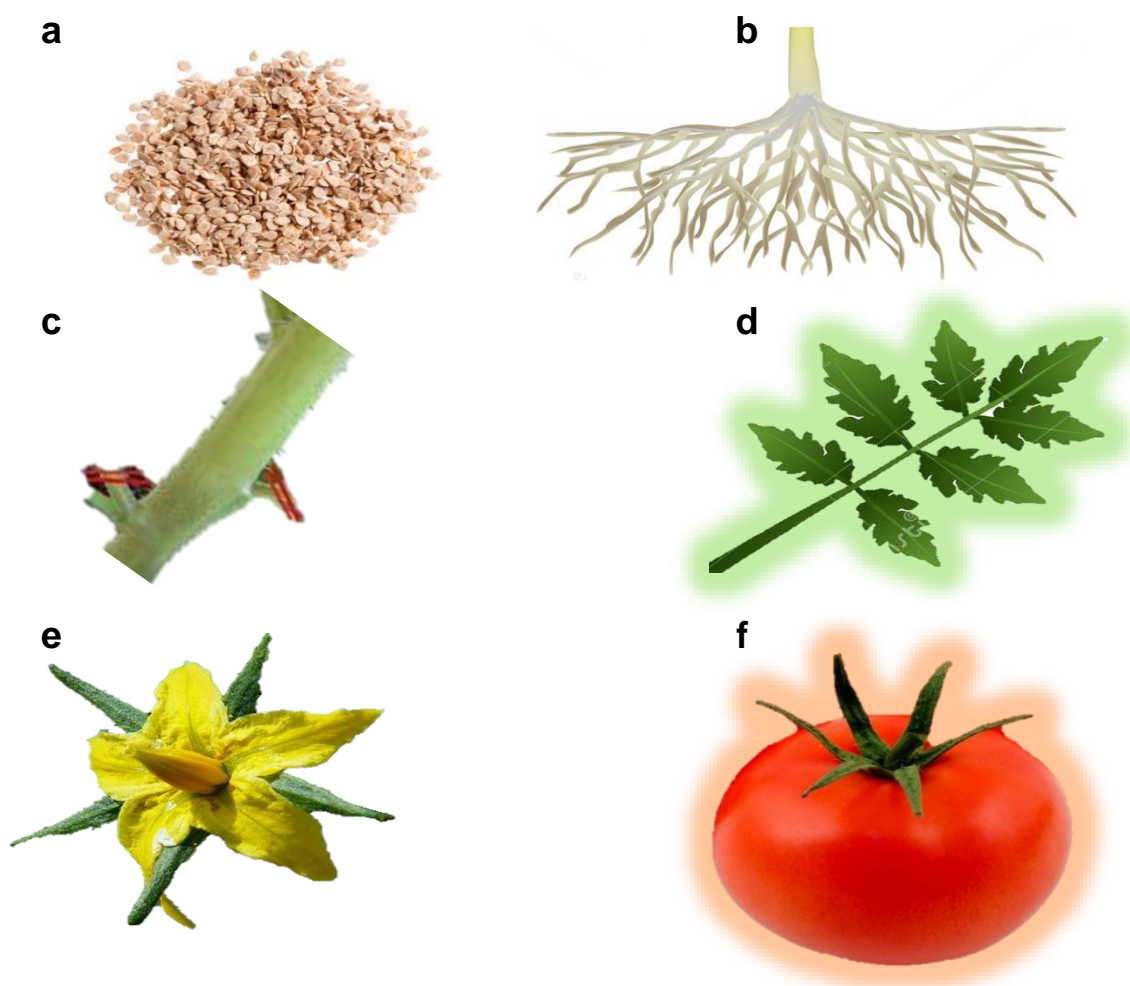
El tomate no es un cultivo exigente en términos del suelo, excepto en lo que respeta al drenaje; por lo que se prefieren suelos bien drenados y profundos, siendo las texturas francas, franco-limosas, franco-arenosas y limosas las más adecuadas; no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos profundos (de 1 m o más de profundidad), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en el perfil (SIAP, 2016; SEMINIS, 2017).

El tomate es moderadamente tolerante a la acidez del suelo; puede tolerar un pH de hasta 5.5, aunque el pH ideal del suelo para el cultivo es de 6.0 a 6.8. Niveles de pH menores de 5.5 pueden afectar la disponibilidad de algunos nutrimentos tales como el calcio, el fósforo, el magnesio y el molibdeno. La acidez marcada en el suelo podría ocasionar problemas de toxicidad de aluminio y manganeso. Se recomienda realizar un análisis del suelo antes de sembrar, para determinar el grado de acidez o saturación de bases del mismo ya que las condiciones extremas de acidez o alcalinidad pueden provocar serios problemas nutricionales a la planta. De ser necesario subir el pH del suelo, se puede aplicar carbonato calizo (cal) al suelo e incorporarlo preferiblemente en el segundo corte de arado, durante la preparación del terreno. Por otro lado, altos niveles de alcalinidad pueden provocar que algunos nutrimentos como el hierro, el zinc y el manganeso se tornen inaccesibles a la planta. Se debe evitar sembrar en suelos con valores de pH superiores a 8.0 ya que podría ocurrir saturación con sodio en el suelo, condición que resulta nociva al cultivo (Martínez, 2007).

El tomate se clasifica como un cultivo moderadamente sensitivo a la salinidad del suelo. El nivel máximo de salinidad del suelo para este cultivo es de 2.5 dS/m (deciSiemens por metro). Un dS/m equivale a aproximadamente 640 ppm de sales. Con un aumento en la salinidad del suelo las raíces extraen con mayor dificultad el agua presente en el suelo. Esta

situación se torna más crítica bajo condiciones ambientales calientes y secas en comparación con condiciones húmedas. Una alta salinidad en el suelo puede resultar en concentraciones tóxicas de algunos elementos. Condiciones de salinidad de 4 a 8 dS/m pueden restringir el rendimiento de la planta (Martínez, 2007).

El tomate es sensible al exceso de humedad en el suelo y no tolera suelos con problemas de mal drenaje, por lo que se debe mantener una humedad adecuada en el suelo durante el ciclo de crecimiento del cultivo. Un suelo con mal drenaje puede ocasionar una reducción en el área funcional del sistema de raíces de la planta, un pobre crecimiento de ésta y a su vez bajos rendimientos. Además, para mantener la fertilidad de los suelos, se debe manejar adecuadamente el agua de escorrentía para así prevenir problemas de erosión, mal desagüe o inundaciones (Martínez, 2007).



**Figura 1.** Morfología de la planta de jitomate: a) semilla, b) raíz, c) tallo, d) hoja, e) flor y f) fruto de tomate tipo bola.

## **2.5 Requerimientos Climáticos**

El tomate se cultiva en zonas templadas y cálidas. El clima húmedo con temperatura alta y humedad relativa superior a 75% es poco apropiado. La temperatura óptima es de 20 a 24 °C (SIAP, 2016).

### **2.5.1 Temperatura**

El cultivo se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, pero prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. El rango de adaptación de nuevas variedades permite su cultivo en condiciones climáticas adversas. No obstante, el tomate es una especie de estación cálida, su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C. La temperatura es un factor muy importante dentro de las diferentes etapas fenológicas del cultivo y tienen diferentes consecuencias si no son las correctas. Las Temperaturas extremas pueden ocasionar diversos trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color. Temperaturas debajo de 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que, cuando es inferior a 10°C origina problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades (González *et al.*, 2014). Por ello se recomienda la producción de tomate en este rango de 18 y 30°C durante las etapas fenológicas (Cuadro 1).

### **2.5.2 Luminosidad**

La luminosidad en el cultivo de tomate cumple un rol importante, más allá del crecimiento vegetativo de la planta, ya que el tomate requiere al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer, valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre este proceso y la fecundación (Allende *et al.*, 2017). Por lo tanto, la calidad de la luz es de suma importancia durante el periodo vegetativo, así como la interrelación que existe entre las temperaturas diurnas, nocturnas y la luminosidad (Jiménez-Borja, 2009). En zonas de alto polvo en suspensión, se realizan frecuentes lavados de las cubiertas de los invernaderos con el objetivo de mejorar la producción y evitar un exceso de crecimiento vegetativo. Sin embargo, estudios indican que el fotoperiodo no sería un factor crítico a diferencia de la

intensidad de radiación, que si es muy alta se pueden producir golpes de sol, partiduras, coloración irregular, entre otros (Allende *et al.*, 2017).

Estado de desarrollo	Temperatura		
	Mínima (°C)	Optima (°C)	Máxima(°C)
Germinación	11	16 a 29	34
Crecimiento	18	21 a 24	32
Cuajado de frutos durante el día	18	23 a 26	32
Cuajado de frutos durante la noche	10	14 a 17	22
Producción de pigmento rojo (licopeno)	10	20 a 24	30
Producción de pigmento amarillo ( $\beta$ caroteno)	10	21 a 23	40
Temperatura del suelo	12	20 a 24	25

**Cuadro 1.** Temperatura requerida en las diferentes etapas fenológicas de desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum*). Fuente: González *et al.*, 2014

### 2.5.3 Humedad Relativa

En el desarrollo del tomate bajo condiciones de invernadero se requiere del 60 al 80 % de humedad, porque la humedad relativa superior al 80% favorece el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas, además, dificulta la fecundación, debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. También la humedad está vinculada al agrietamiento de fruto o “rajado”, cuando se presenta un período de estrés hídrico y luego se produce un exceso de humedad en el suelo, por riego abundante (Allende *et al.*, 2017; Jiménez-Borjas, 2009).

## **2.6 Sistemas de Producción en Tomate**

En México, la horticultura es una de las actividades más dinámicas y con mayor capacidad exportadora. De acuerdo con la SAGARPA 2009, el tomate junto con las legumbres, frutas y hortalizas frescas, representaron alrededor del 25% del valor total de las exportaciones agrícolas. En diferentes partes del país se cuenta con las condiciones necesarias para cultivar al tomate bajo el sistema cielo abierto y sistema protegido.

### **2.6.1 Sistema a Cielo Abierto**

Los cultivos en campo abierto son aquellos que no tienen ningún tipo de resguardo, sombra o protección que reduzca la luz solar. Se caracteriza por ser un cultivo intensivo, aunque se encuentra a la intemperie sin protección alguna, contra las condiciones adversas y/o plagas. Este sistema se vuelve poco rentable al quedar a expensas de vectores transmisores de virus fitopatógenos en etapas tempranas del cultivo.

### **2.6.2 Sistema Protegido**

Es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, con la finalidad de proteger el cultivo, para minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos (Moreno *et al.*, 2011).

Según FIRA (2010), la disponibilidad de infraestructura influye significativamente, al reducir la necesidad de inversiones extras. Las instalaciones y equipos deben ser planeados para que, en función de la aptitud climática del sitio seleccionado, se satisfagan las variables agronómicas.

Por otra parte, Castellanos y Borbón (2009), indican que la agricultura protegida se desarrolla en condiciones muy heterogéneas en México. De igual forma la producción de tomate en invernadero tiene un mayor costo a diferencia de los producidos en campo abierto, puesto que están protegidos de la intemperie y otras condiciones que afectan la producción en campo abierto (Calvin *et al.*, 2005).

#### 2.6.2.1 Casa sombra.

Es un sistema de producción donde se han desarrollado estructuras para condiciones cálidas y secas, principalmente del noreste del país. Es un medio en donde se protege, acondiciona y mejora el factor agroclimático. Mediante la implementación de mallas, de diferentes calibres en donde se proporciona un determinado el porcentaje de sombra, que va desde el 30 al 75% y se tienen diferentes tonalidades en color, la estructura como tal es similar a la de un invernadero (Briassolis *et al.*, 2007). La malla tiene como función reducir la radiación que llega directa a los cultivos y por ende disminuir la temperatura (del aire, planta y suelo) (Stamps, 2009). Por lo que afecta la transpiración, fotosíntesis, respiración del cultivo (Tanny *et al.*, 2008).

#### 2.6.2.2 Invernadero.

La industria de los invernaderos nació y se desarrolló en Europa, para principios de los años 1980 empezó a tomar impulso en América, sobre todo en Canadá y algunas regiones de Estados Unidos y en México, aunque desde los años de 1970 nacen en el altiplano con flores (sobre todo en el Estado de México y Morelos), es a finales de los años 90 que comienzan a desarrollarse en forma importante para la producción intensiva de las hortalizas, pasando de 1998 al 2006, de 600 a más de 6,500 hectáreas. Así, de tener zonas muy delimitadas para la producción de hortalizas en campo abierto como Sinaloa, Sonora, Baja California, Michoacán y el Bajío, en la actualidad, es posible producir en todos los estados de la república y durante los 365 días del año bajo agricultura protegida (Garza y Molina, 2008).

Los productores que inicien con la siembra de tomate en invernadero deberán tomar en cuenta aspectos generales que son muy importantes para evitar un fracaso e incrementar las probabilidades del éxito en sus operaciones (Garza y Molina, 2008).

a) Suelo directo: El suelo utilizado para siembra debe de ser preferentemente profundo. Es necesario que tenga alto drenaje, las raíces no toleran excesos de agua. Se recomiendan camas de 60 cm. de ancho y 40 cm. de pasillo para poder tener una población de 2 a 2.5 plantas por m<sup>2</sup>.

b) Bolsas de polietileno (plástico): La bolsa actúa como contenedor y dependiendo de su capacidad es el tipo de hortaliza que se establece, las cuales tienen orificios de salida lateral que sirve como drenaje y no permiten que las raíces entren en contacto con el suelo. El sustrato deseable debe permitir el desarrollo radicular, una alta aireación, retención de humedad, bajo contenido de sales, en sistemas cerrados como las bolsas se provoca la absorción de agua y nutrientes desde la rizosfera al interior de la raíz y su posterior translocación hacia la parte aérea de la planta. La población recomendada es de 1 planta por bolsa y 3 bolsas por metro cuadrado.

c) Sustratos: El sustrato es todo material sólido que se utiliza en contenedores o bolsas solo o combinado, que permiten el desarrollo del sistema radicular y del cultivo. **Arena:** Es un material muy común y económico en esta región, compuesto de partículas de 0.02 a 2 mm de diámetro, tiene alta capacidad de aireación con un 50% de espacio poroso y poca retención de agua. **Peat most:** son materiales vegetales en proceso de fosilización tiene espacios porosos del 95% es homogéneo, retiene bastante agua, se utiliza principalmente para la germinación de plántulas. **Fibra de coco:** Es un material de fácil manejo y bajo costo con una retención de humedad promedio del 50% y un 68% de aireación. Es muy utilizado en el llenado de contenedores y macetas de polietileno. **Perlita:** Es un aluminosilicato que al calentarse se expande, reduciendo su densidad aparente, tiene un excelente drenaje, es ligero con muy baja capacidad de intercambio catiónico. El más utilizado es el conocido como B12, presenta un espacio poroso del 85% y un 25 % en retención de agua. **Polímero (hidrogel):** Hidrogeles o súper absorbentes son polímeros hidrófilos o absorbentes de agua que forman redes tridimensionales, siendo generalmente moléculas orgánicas de cadena larga y elevado peso molecular unidas mediante enlaces transversales entre las cadenas. **Tierra limo:** Este tipo de suelo por su textura, propiedades físicas y su estabilidad estructural permiten una alta retención de agua y nutrientes. Son materiales de bajo costo, no se recomienda llevar suelo limo de áreas de cultivo ya que tienen altos contenidos de sales.



## **2.7 Técnica de Injertado**

El injerto es una técnica que permite la unión de una porción de tejido vegetal viviente de dos plantas distintas para que se desarrollen como una sola planta, cultivar una planta con la raíz de otra (De Miguel y Maroto, 2007). Esta técnica permite cultivar especies sensibles a ciertos patógenos sobre suelos infectados, utilizando el sistema radicular de portainjertos 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 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 portainjerto es sencillo, en primer lugar, porque las raíces del portainjerto son resistentes contra enfermedades del suelo, mediante un portainjerto se evita que los patógenos penetren en la variedad. En segundo lugar, el portainjerto 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).

A una plántula de tomate de una variedad que se desea cultivar se le sustituye su raíz por la de otra (el patrón o portainjerto), que le proporciona alguna cualidad (vigor, tolerancia a enfermedades, etc.) que la hace más productiva, sin perjudicar la calidad del producto deseado (De Miguel, 2011).

### **2.7.1 Condiciones que Influyen en la Efectividad del Injerto**

Los factores que influyen en la unión del injerto y portainjerto, son; la temperatura, humedad, superficie de contacto, técnica de injertado, oxígeno y los patógenos que se encuentren presentes. 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 y 28 °C. La alta humedad relativa es necesaria 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 al 90%. Un contacto eficaz depende del número y disposición de los haces conductores en las dos plantas que se injertan y de la 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 portainjerto 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. El tipo de injerto (corte de portainjerto 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. 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. Sin embargo, si los patógenos como las bacterias y hongos entran en el corte, pueden causar la pérdida del injerto, por lo tanto, la limpieza y desinfección, es uno de los requerimientos básicos para la realización de la práctica de injerto.

Las condiciones ambientales en la fase posterior al injerto deben de cumplir con lo siguiente; 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 (Villasana, 2010).

### 2.7.2 Compatibilidad del Injerto

La incompatibilidad de injertos se refiere a la incapacidad de unir la variedad a injertar con el patrón y la falta de un crecimiento sano de la planta injertada. La incompatibilidad entre el patrón y la variedad injertada causa trastornos fisiológicos, como, considerable disminución del rendimiento, indeseable calidad de la fruta, e incluso el colapso de las plantas (Edelstein, 2004). Aunque la tasa de supervivencia de los injertos tras el proceso de curación se puede utilizar para evaluar la incompatibilidad, las evaluaciones de campo a menudo son necesarias para la selección de los patrones con buena compatibilidad. Las

variedades más actuales de patrones son seleccionadas para evitar el problema de incompatibilidad, sin embargo, en la práctica las combinaciones variedad injertada-patrón aún tienen que ser probadas o experimentadas, antes de ser incorporadas a la producción comercial. Otras de los efectos que podemos tener en la incompatibilidad de los injertos es la resistencia incompleta debido a que se busca resistencia principalmente a patógenos del suelo. Sin embargo, la resistencia completa es inalcanzable.

La incompatibilidad también puede tener efectos de los patrones sobre la calidad de la fruta. Lee (1994) y Edelstein (2004), reportan algunos efectos de los porta-injertos en cucurbitáceas que alteran la forma y el sabor de las frutas. Por otro lado, Khah *et al.* (2006), mencionan que otra limitación puede ser el retraso de la primera fecha de la floración y la primera cosecha debido al estrés físico debido al proceso del injerto. Por lo que sería importante la caracterización y secuenciación de los genes implicados en el vigor del injerto, lo cual permitiría la selección de las combinaciones de los patrones y variedad injertada. Las investigaciones anteriores sobre el vigor del injerto utilizado en la producción comercial se han centrado en los mecanismos bioquímicos y fisiológicos.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Lugar del Experimento

El estudio se llevó a cabo en invernadero en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México y en laboratorios de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada entre las coordenadas 25°23'01.93" LN y 101°27'10.54" LO con una altitud de 1466 msnm en Saltillo, Coahuila, México, en los meses de abril a noviembre de 2014.

#### 3.2 Genotipos

Los genotipos para evaluar fueron Mirina-RZ-74.682, 74-686, 74-335, 74-684 de la empresa Rijk Zwuan sobre el portainjerto Colossus de la misma casa comercial (Cuadro 2).

#### 3.3 Establecimiento del Experimento

El terreno se preparó mediante un barbecho y un rastreo, para posteriormente realizar las camas de 180 cm de ancho por 24 m de largo en un invernadero en el Ejido EL Pilar antes la Gloria, en General Cepeda, Coah., después se realizó el trasplante en abril de 2014, con las plantas injertadas adquiridas de la empresa Plantanova, ubicada en Prolongación Zaragoza S/N Col. Cofradía, Barrio de Guadalupe, 61430 Tuxpan, Michoacán. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 3). Cada tratamiento en cada repetición consistió 10 plantas, de las cuales se tomaron las cinco centrales para tomar los datos bajo estudio.

Genotipo	Características
Colossus Rz F1 (61-071)	Variedad de portainjerto para tomate. Planta de gran vigor y sistema radicular potente, estimula el crecimiento vegetativo y tiene una producción de frutos de buena calidad. Se comporta muy bien en ciclos de cultivo largos. Tiene alta resistencia al <i>Fusarium</i> spp.
Mirina-RZ-74.682	Tomate Cherry para cosechar en suelto, en otoño e invierno, tiene muy buen sabor.
	Variedad de tomate ensalada cuello blanco, para ciclos de primavera-

BERMELLO RZ F1 (74-686)	<p>verano. Planta vigorosa de entrenudo medio y productiva. Frutos de gran calibre (GG-250 g) con forma redondeada, lisa y buen cierre. Buen color, firmeza y sabor.</p> <p>Recomendado para trasplantes de primavera (invernadero) desde enero hasta mitad de marzo y trasplantes de verano (aire libre) desde finales de marzo hasta principios de mayo.</p>
ZAYDA RZ F1 (74-335)	<p>Es un híbrido de crecimiento ilimitado, apto para cultivar en verano y otoño. La planta tiene la capacidad de durar una larga temporada. La variedad se caracteriza por una alta productividad en condiciones de alta temperatura. Crecimiento equilibrado de la planta y la distancia entre los racimos es medio y preserva el tamaño del fruto, frutos son sólidos y brillantes, y con una alta homogeneidad y color, el fruto es de 200 a 220 g de peso.</p>
74-684	<p>Variedad de tomate Cherry. Planta de vigor medio. Fruta pequeña de intenso color rojo y brillante, de muy buen sabor dulce.</p>

**Cuadro 2.** Descripción de los genotipos de tomate utilizados en la investigación.

No. de tratamiento	Portainjerto/híbrido
T1	Mirina-RZ74.682/Colossus
T2	74-686/Colossus
T3	74-335/Colossus
T4	74-684/Colossus

**Cuadro 3.** Tratamientos utilizados en el presente trabajo de investigación (híbrido/portainjerto) en tomate injertado.

### 3.4 Manejo del Cultivo

En la esnae investigación al cultivo de tomate se le aportaron todos los elementos nutricionales y climáticos para su desarrollo, ya que el invernadero proporciona las condiciones adecuadas en la producción de tomate. La densidad fue de 37, 000 tallos por hectárea dejando dos tallos por planta con una densidad de 18, 500 plantas por hectárea. La evaluación de comportamiento del híbrido/portainjerto se realizó bajo dos sistemas de producción; en suelo (camas de 180 cm de ancho por 24 m de largo) (Cuadro 3) y en

macetas con tres repeticiones (cada repetición consistió en cuatro plantas con dos tallos), donde la parcela útil consistió en tres plantas (seis tallos) para estudios de raíz (Cuadro 4).

No. de tratamiento	Portainjerto/híbrido
T5	Mirina-RZ74.682/Colossus
T6	74-686/Colossus
T7	74-335/Colossus
T8	74-684/Colossus

**Cuadro 4.** Tratamientos portainjerto/híbrido de tomate (*L. esculentum*) en macetas.

### 3.5 Variables Agronómicas Estimadas

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

Número de frutos cosechados por planta: este parámetro fue acumulativo y al finalizar el ciclo del cultivo se estimó el número total de frutos que se cosecharon por planta a lo largo del ciclo.

Peso total de frutos por planta (PTFP): se pesaron todos los frutos obtenidos en cada cosecha utilizando una balanza digital marca Silit® con capacidad de 1 a 3500 gr, posteriormente se sumaron los valores obtenidos a lo largo del ciclo de cultivo.

Diámetro polar: se estimó con un vernier digital marca caliper® tomando la longitud entre ambos polos del fruto.

Diámetro ecuatorial: se realizó con un vernier digital marca caliper® tomando la longitud en la parte media o el ecuador del fruto.

### 3.6. Variables Bioquímicas Estimadas

Contenido de Licopeno: Para la determinación de licopeno se utilizó el método descrito por Fish *et al.* (2002), con algunas modificaciones. Se pesaron 0.6 g (con aproximación de 0.01 g) de muestra, se colocó en tubo de 50 ml para centrifugar (con tapa a rosca) y fue cubierto con papel aluminio, en el tubo previamente se agregaron 5 ml de 0.05% (w/V) hidroxibutiltolueno (BHT) en acetona, 5 ml de etanol y 10 ml de n-hexano. Las muestras se centrifugaron a 1000 rpm durante 15 minutos a 0 °C en centrifuga refrigerada Damon PR-J. Luego se agregaron 3 ml de agua desionizada y se centrifugaron por 5 minutos más, en iguales condiciones. Posteriormente se dejaron en reposo a temperatura ambiente por un lapso de 5 minutos para permitir la separación de fases polares y no polares.

Se midió la absorbancia de la capa superior (capa de hexano) en cubetas de cuarzo de 1 cm se pasó a una longitud de onda de 503 nm en espectrofotómetro UNICO SQ 3802 UV/Vis. Se utilizó como blanco n-hexano. El contenido de licopeno de cada muestra fue estimado usando la absorbancia leída y el peso de la muestra, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Licopeno } (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}) = A502 * \left[ \frac{1}{320} \right] * 4$$

Se trabajó con una longitud de onda de 503 nm para minimizar la interferencia con otros carotenoides (Fish *et al.*, 2002). Cada muestra se analizó por triplicado.

Contenido de vitamina C: De las muestras descritas anteriormente, también se analizó el contenido de vitamina C, se realizó por el método de titulación con el reactivo 2,6 diclorofenolindofenol como lo describe Padayatt *et al.* (2001) y se calculó con la fórmula:

$$\text{Vitamina c (mg/100g)} = \frac{(\text{ml utilizados de 2,6 diclorofenolindofenol} \times 0.088 * \text{Volumen Total} * 100)}{(\text{Volumen de la alícuota} * \text{Peso de la muestra})}$$

### 3.7 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en el experimento fueron sometidos a un análisis de varianza en el Software SAS versión 9.0 y una prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Variables Agronómicas

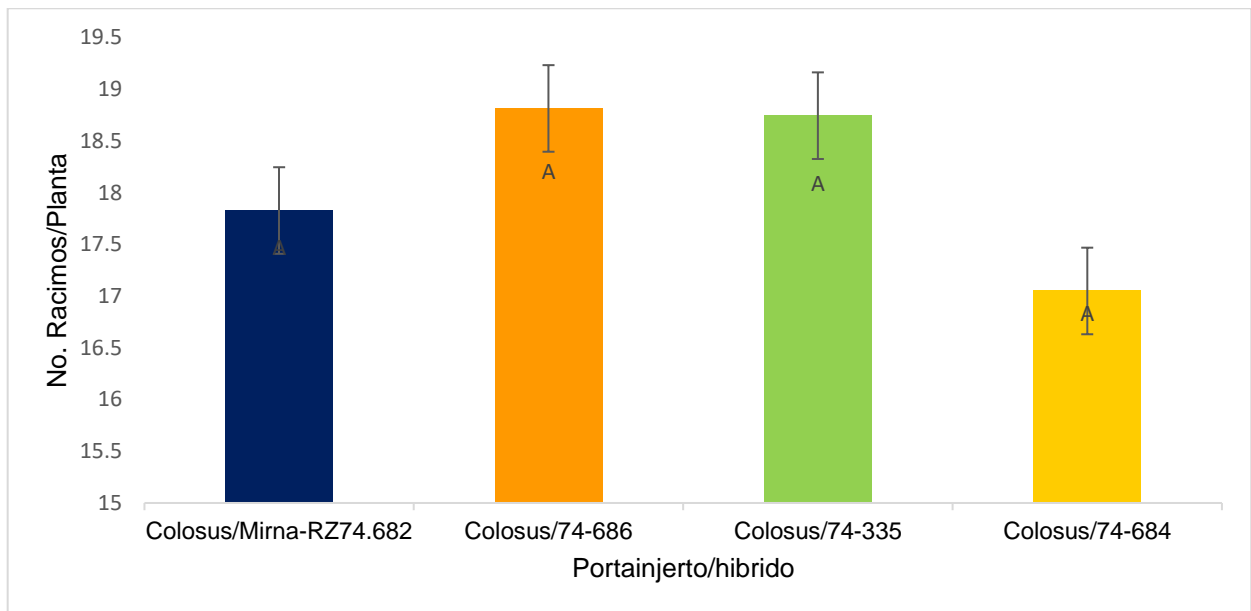
#### 4.1.1 Número de Racimos por Planta (NRPP)

El análisis de varianza realizado a la variable racimos por planta no exhibió diferencias significativas entre tratamientos, por lo que se infiere que los híbridos utilizados como injertos mostraron compatibilidad con el portainjerto Colossus (Figura 2). Sin embargo, el tratamiento con el mayor número de NRPP fue 74-686/Colossus con 18.81 RPP. El tratamiento con el mayor NRPP supero en 10.35 % al tratamiento 74-684/Colossus (17.05), que presentó el valor más bajo (Figura 3). Contreras (2016) al evaluar los mismos genotipos, bajo malla-sombra si encontró diferencias significativas entre tratamientos, destacándose el tratamiento 74-335/Colossus el cual presentó 19.1 NRPP, se infiere que el mayor valor observado fue debido a las condiciones climáticas registradas en la malla sombra, donde las temperaturas fueron más bajas que en invernadero, por lo tanto el mayor estrés climático, probablemente genero mayor variabilidad, dando como resultado, varianzas debidas al ambiente y no al tratamiento y por lo tanto la falta de respuestas significativas al tratamiento.



**Figura 2.** Respuesta en el rendimiento del portainjerto Colossus en los híbridos estudiados: a) Mirina-RZ74.682, b) 74-686, c) 74-335 y d) 74-684.

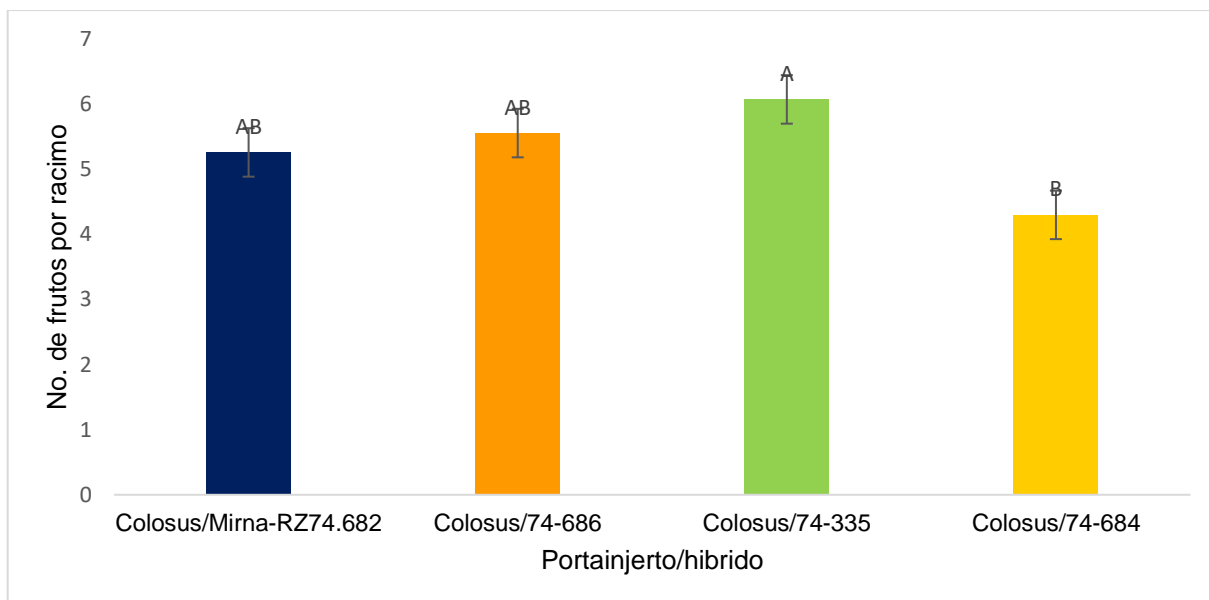




**Figura 3.** Comparación de medias en el número de racimos por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

#### 4.1.2 Número de Frutos por Racimo (NFPR)

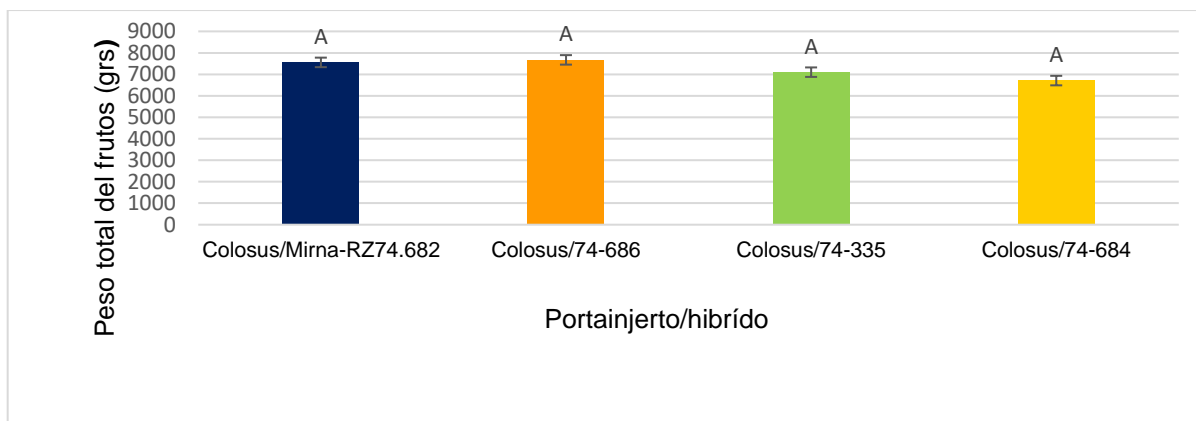
Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la variable NFPR. El tratamiento 74-335/Colossus fue el que presentó el mayor valor con 6.08 NFPR, superando significativamente en 41.39% al tratamiento 74-684/Colossus (4.30 frutos por racimo) que fue el que presentó el valor más bajo (Figura 4). Resultados similares encontró Contreras (2016) trabajando con los mismos tratamientos, pero bajo malla-sombra, donde el tratamiento 74-335/Colossus supero en 62.48%, al tratamiento 74-684/Colossus. La gran diferencia entre tratamientos exhibió diferencias significativas, por lo tanto, la alta variación puede ser debida al híbrido que, a otros factores ajenos a los tratamientos, como efectos ambientales.



**Figura 4.** Comparación de medias en el número de frutos por racimo en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

#### 4.1.3 Peso Total de Frutos por Planta (PTFP)

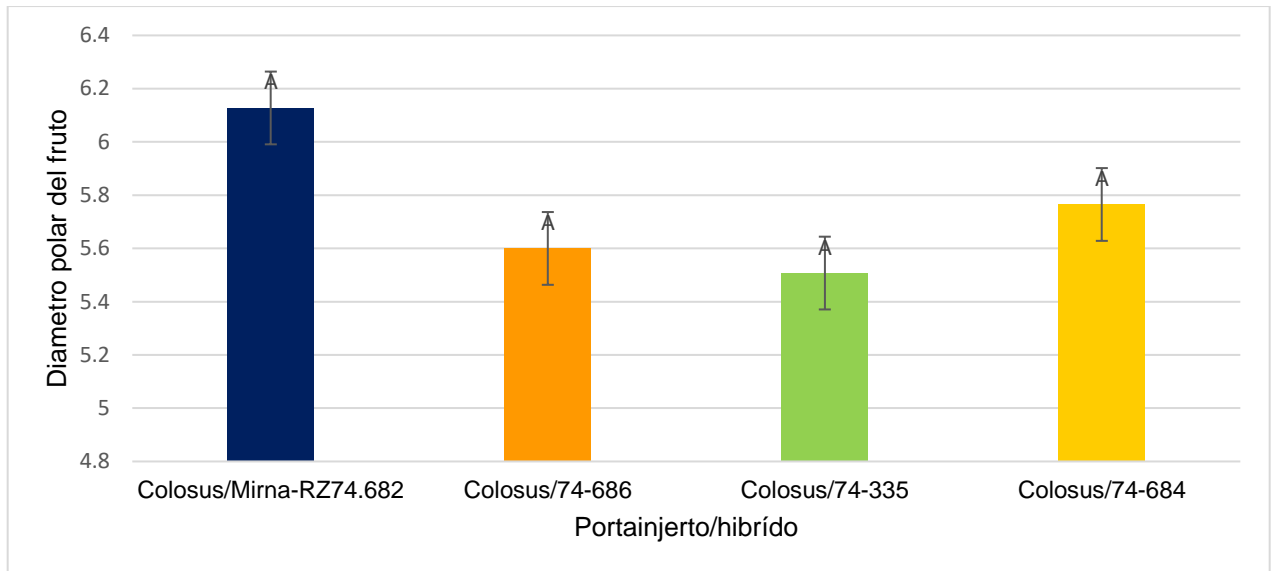
El PTFP tuvo un rango de 6708.8 g (74-684/Colossus) hasta 7672.4 g (74-686/Colossus), superando el segundo al primero en 14.36%, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos indicados (Figura 5). Contreras (2016), al evaluar los mismos tratamientos en malla antiáfidos tampoco encontró diferencias significativas y al igual que en este estudio el tratamiento 74-335/Colossus fue el que presentó el mayor valor. Por lo contrario, Khah *et al.* (2006), reporta que se tienen mayores rendimientos en invernadero que en campo abierto, al evaluar a los portainjertos Heman y Primavera obtuvieron rendimientos superiores al testigo en invernadero de hasta un 32% y en campo un 11% con respecto al testigo. En el cultivo de tomate se ha reportado que al utilizar portainjertos se incrementan los rendimientos (Fernández-García *et al.*, 2004). Aunque en la presente investigación no se encontraron los resultados antes indicados.



**Figura 5.** Valores medios del peso total de fruto por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

#### 4.1.4 Diámetro Polar de Fruto (DPF)

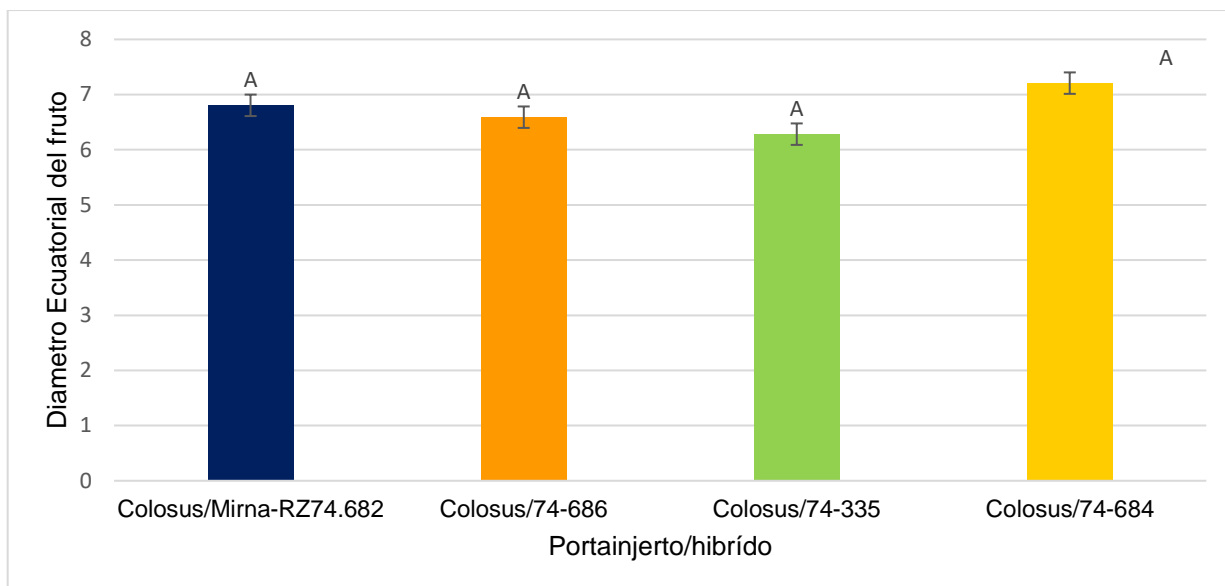
El análisis de varianza realizado no exhibió diferencias significativas entre tratamientos para la variable DPF. La Figura 6 muestra que el tratamiento Mirina-RZ74.682/Colossus presentó el mayor DPF (6.13 cm), superando en 11.19% al tratamiento 74-684/Colossus, que fue el que presentó el menor DPF (5.51 cm). El tamaño del fruto tiene que ver mucho con la calidad y precio, al clasificarlo por calibres en función del tamaño. Estos resultados coinciden con los encontrados por Contreras (2016), debido a que reporta al híbrido Mirina-Rz-74-682 como el de mayor diámetro de frutos con 6.2 cm. Davis *et al.* (2008), menciona que el tamaño de los frutos se ve afectado cuando de injertan las plantas de jitomate. Por lo contrario, Godoy *et al.* (2009), indican que el portainjerto puede favorecer el tamaño de los frutos al comparar plantas injertadas con plantas no injertadas y al final del ciclo también obtuvieron frutos de mayor tamaño. Por lo que la compatibilidad entre portainjerto variedad juegan un papel importante.



**Figura 6.** Comparación de medias en el diámetro polar por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

#### 4.1.5 Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF)

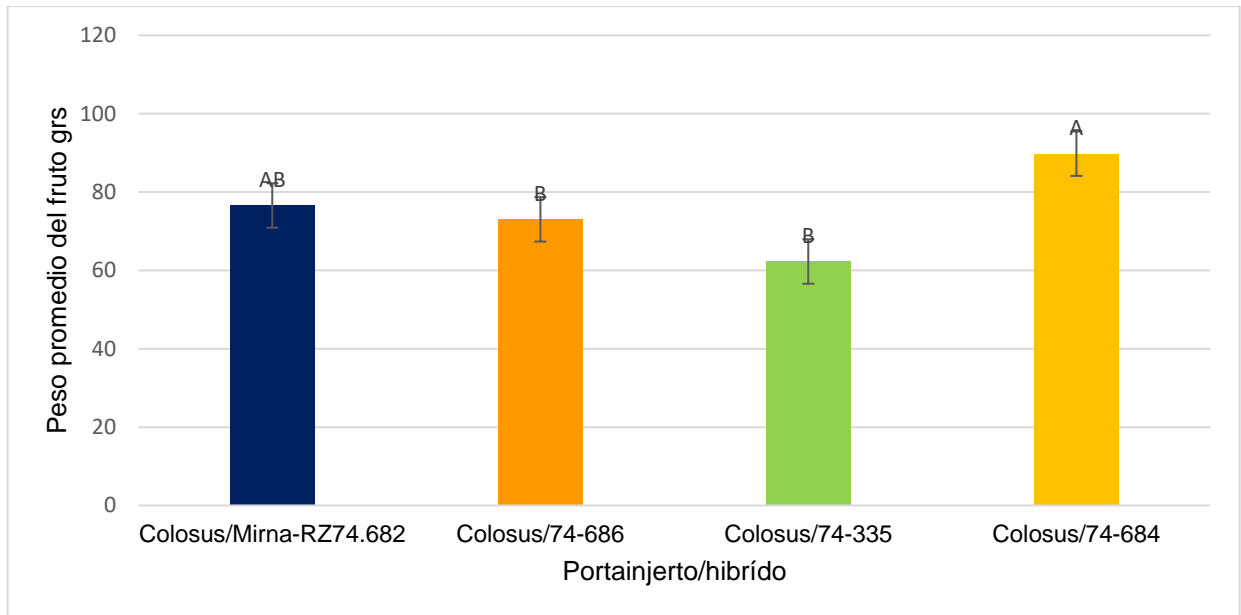
El análisis de varianza para DEF no muestra diferencias significativas entre tratamientos. En la Figura 7 se puede observar como el tratamiento 74-684/Colossus presentó un diámetro de 7.21 cm, y aunque supero en 14.81% al tratamiento 74-335/Colossus (6.28cm), fueron significativamente iguales, similares resultados encontró Contreras (2016), trabajando con los mismos tratamientos, pero bajo condiciones de malla-sombra, no encontró diferencias significativas entre tratamientos en la variable DEF, aunque los diámetros observados (6.7 a 7.2 cm) fueron similares a los encontrados en esta investigación. Los resultados obtenidos al compararlos con los de Contreras (2016), confirman que el portainjerto o los híbridos bajo estudio respondieron de forma similar, aunque las condiciones ambientales presentes en el invernadero fueron diferentes a las registradas bajo malla-sombra. Pogonyi *et al.* (2005), reportan que encontraron mayores rendimientos al utilizar el portainjerto Beaufort y argumentan que el aumento del rendimiento tenía que ver con el mayor tamaño del fruto, sin embargo, dado los resultados obtenidos, es importante considerar el ambiente de producción.



**Figura 7.** Comparación de medias en el diámetro ecuatorial por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

#### 4.1.6 Peso Promedio de Fruto (PPF)

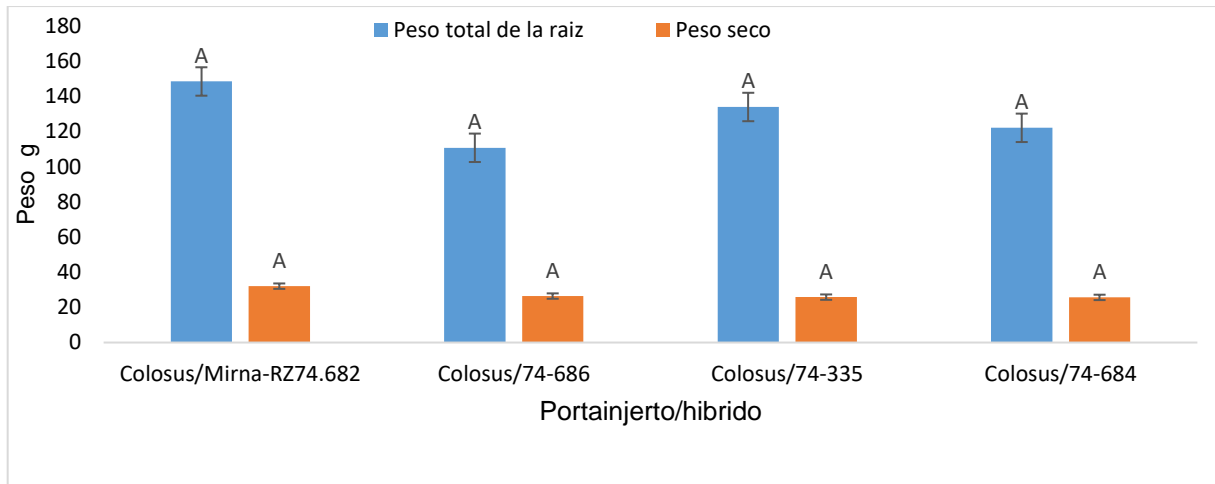
En esta variable se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, encontrando que el tratamiento 74-684/Colossus (89.8g) presentó el valor más alto, fue significativamente igual al Mirina-RZ74.682/Colossus, pero fue significativamente diferente de los tratamientos 74-686/Colossus y 74-335/Colossus a este último lo supero en 44.2% (Figura 8). La diferencia en peso promedio de fruto puede ser debido al vigor del portainjerto o bien debido a la mejor genética del injerto.



**Figura 8.** Comparación de medias del peso promedio del fruto en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

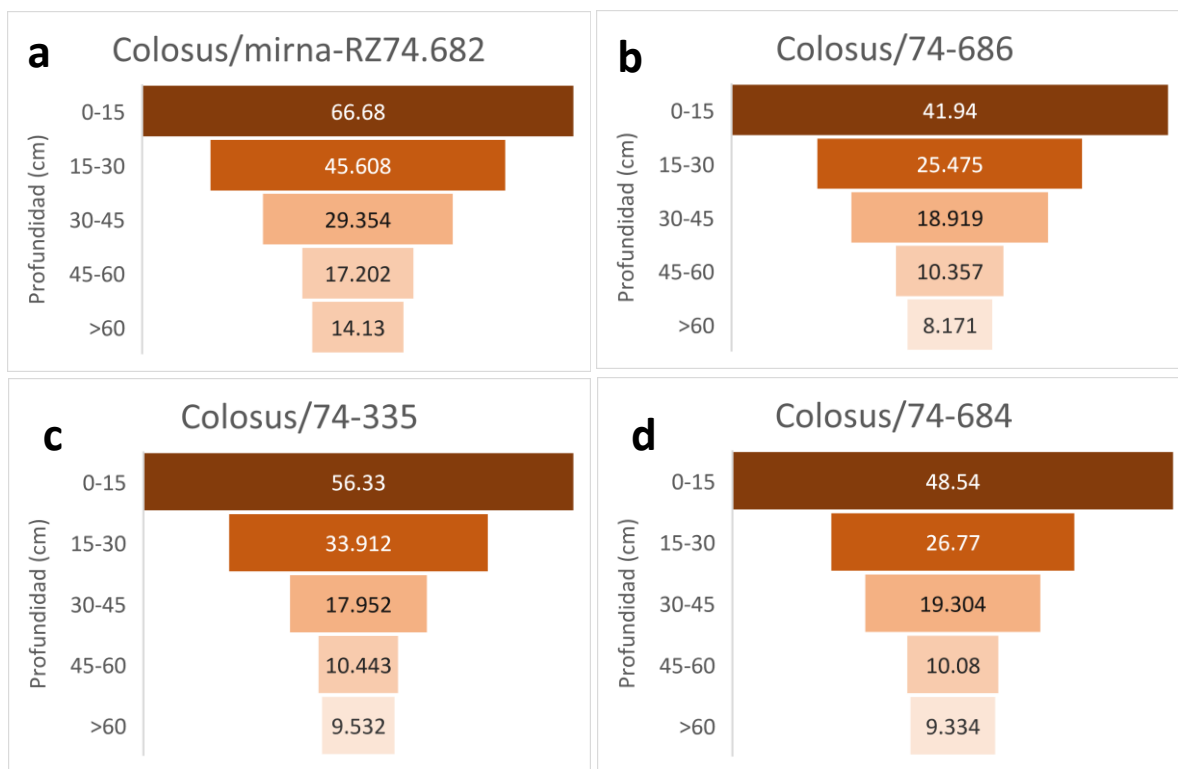
#### 4.1.7 Masa y Distribución de la Raíz en Perfiles del Suelo

El portainjerto Colossus al igual que la mayoría de las plantas de tomate, en los primeros 15 cm de profundidad del suelo, es donde se presenta la mayor masa radicular. El comportamiento de portainjerto Colossus con los cuatro híbridos tuvo similar peso fresco de raíz, por lo que no hubo diferencias significativas entre los mismos (Figura 9). El crecimiento de las raíces alcanzó una profundidad de hasta 60 cm lo que indica que el portainjerto tiene una alta capacidad de anclaje y los injertos no influyeron sobre el desarrollo radicular del portainjerto. El lavado de raíces del suelo permitió obtener el peso fresco hasta una profundidad de 60 cm y se encontró que el tratamiento Mirina-RZ74-682/Colossus supero en 59.3% al peso fresco del tratamiento 74-686/Colossus.



**Figura 9.** Comparación de medias del peso fresco y seco de la masa radicular por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus

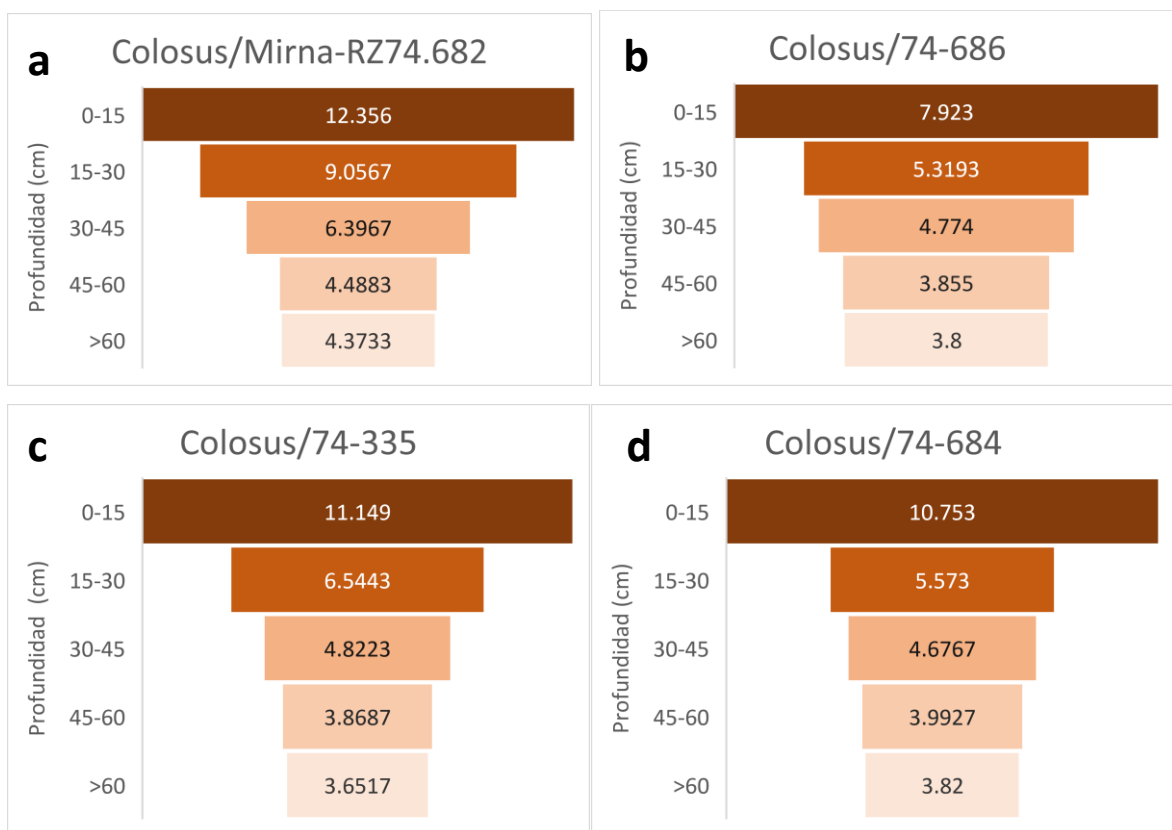
La figura 10 se muestra que en el perfil 15 a 30 cm el tratamiento Mirina-RZ74-682/Colossus (45.608 g de raíz fresca) que fue significativamente igual al tratamiento 74-335/Colossus con 33.912 g, y fue significativamente superior de los tratamientos 74-684/Colossus (26.77 g) y 74-686/Colossus (25.475 g). En cuanto al peso seco en el perfil 15 a 30 cm también mostro diferencias significativas entre tratamientos, se encuentra que Mirina-RZ74-682/Colossus con 9.057g, fue significativamente superior al resto de los tratamientos, superando en 70.27% al tratamiento 74-686/Colossus, fue el que tuvo el menor peso seco de raíces (Figura 10). Estos resultados difieren de los encontrados por Contreras (2016), donde el reporta que el tratamiento 74-684/Colossus fue el mejor tratamiento con 15.06 g, seguido de 74-335/Colossus con 12.71, 74-686/Colossus con 10.76 y a Colossus/Mirina-RZ74-682 como el más bajo con 8.76g. Sin embargo, lo más importante es la distribución en cada uno de los perfiles de suelo, ya que los tratamientos que presentan una amplia distribución en los perfiles más superficiales tienen una alta capacidad de absorción de sales minerales, mientras que los que tienen mayor masa radicular en los perfiles más profundos, tienen una mayor capacidad de absorción de agua y un mejor anclaje. En el perfil 31 a 45cm, también el tratamiento Mirina-RZ74-682/Colossus fue significativamente superior en peso seco de raíces, al resto de los tratamientos.



**Figura 10.** Distribución de la masa de la raíz en peso fresco del portainjerto Colossus con cuatro híbridos injertados; a) Mirina-RZ74.682/Colossus, b) 74-686/Colossus, c) 74-335/Colossus y d) 74-684/Colossus.

En la figura 11 se puede ver que al igual que en el peso fresco total, en relación con el peso seco total no hubo diferencias significativas. Sin embargo, el tratamiento Colossus/74-335 supero con un 26.7% a Colossus/74.686 en cuanto al peso seco total de la raíz. En comportamiento de acuerdo a los extractos en la profundidad solo hubo diferencias significativas en los extractos 15 a 30 cm de profundidad en donde Colossus/Mirna-RZ74.682 supero con un 41.56% a Colossus/74686 quien presentó 5.32 gr de peso seco. En el extracto 31 a 45 cm de profundidad se obtuvo mayor peso seco en Colossus/Mirna-RZ74.682 con 6.40 gr con respecto a Colossus/74-684 quien presentó 4.68 g (Figura 11).





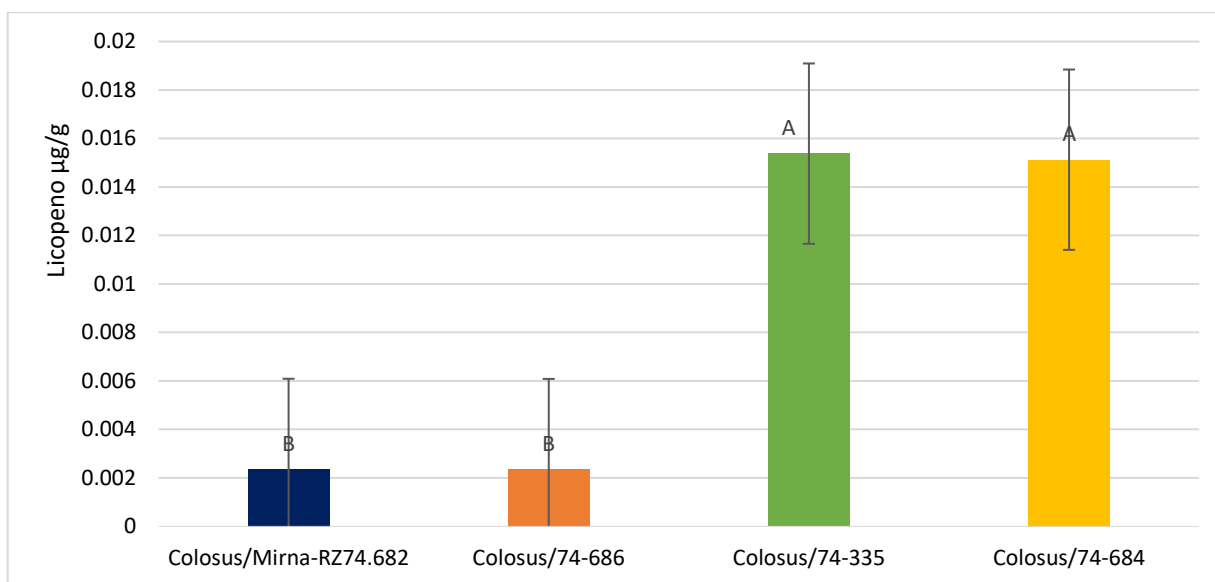
**Figura 11.** Distribución de la masa de la raíz en cuanto al peso seco del portainjerto Colossus con cuatro híbridos injertados; a) Mirina-RZ74.682/Colossus, b) 74-686/Colossus, c) 74-335/Colossus y d) 74-684/Colossus.

## 4.2 Análisis de las Variables de Calidad Química

### 4.2.1 Contenido de Licopeno en $\mu\text{g/g}$ (CLF)

El análisis de varianza para contenido de licopeno en fruto presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). La comparación de medias muestra que el tratamiento 74-335/Colossus fue significativamente igual al tratamiento 74-684/Colossus, y estos fueron significativamente superiores a los tratamientos Mirina-RZ74.682/Colossus y 74-686/Colossus, los cuales presentaron los valores más bajos de licopeno (Figura 12). Estos resultados coinciden con los reportados por Contreras (2016), quien, al probar los mismos tratamientos, pero en el sistema de producción malla sombra encontró similares contenidos de licopeno, por lo que se confirma que el contenido de licopeno no se altera al utilizar diferentes ambientes de producción. Sin embargo, Guillen y López (2005), encontraron que al injertar plantas de jitomate se aumentó el contenido de licopeno en el

material Gironda. Por lo que en el estudio se puede apreciar que en aquellos tratamientos donde se tuvieron los mejores datos en las variables agronómicas también se ve reflejado en el contenido de licopeno. Por lo tanto, se confirma que al usar portainjertos no solo se tienen beneficios para el control de plagas y enfermedades del suelo, si no también se obtiene mayor vigor de la planta y mejores propiedades químicas.

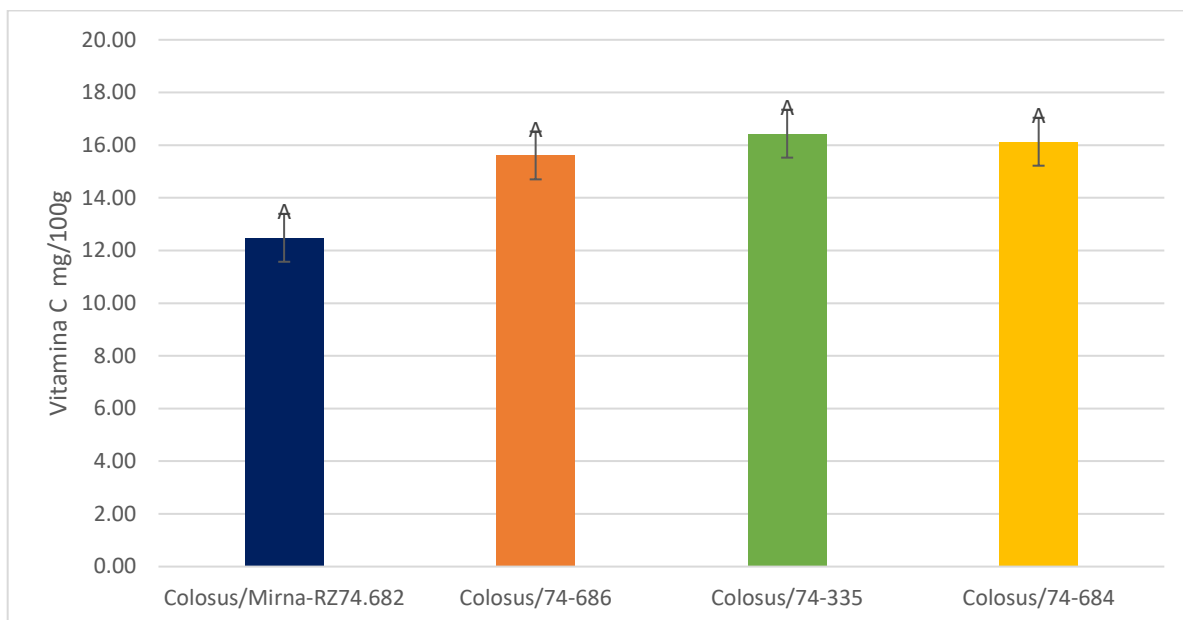


**Figura 12.** Comparación de medias del contenido de licopeno de frutos en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

#### 4.2.2 Contenido de Vitamina C en mg/100g

En el contenido de vitamina C no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual indica que los híbridos bajo estudio son muy similares en el contenido de éste importante metabolito y que probablemente los híbridos bajo estudio no presentaron alguna interacción negativa con el portainjerto estudiado. Contreras (2016), concuerda con lo reportado en este estudio al no encontrar diferencias en los mismos tratamientos, evaluados en malla sombra. Sin embargo, en la Figura 13 se puede observar como 74-335/Colossus, supero en 31.7% en el contenido de vitamina C registrado por el tratamiento Colossus/Mirina-RZ74-682, que presento menor cantidad. Por otro lado, se han realizado diversas investigaciones que involucran estudios bioquímicos de los frutos en donde se reporta que al injertar plantas de jitomate se incrementa el contenido de Vitamina C, A y

solidos solubles totales. Además de otras características que ayudan a dar mayor vida de anaquel (Endara, 2011).



**Figura 13.** Comparación de medias del contenido de vitamina C de frutos en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colossus.

## V. CONCLUSIONES

- Los cuatro híbridos injertados sobre el portainjerto Colossus son compatibles al manifestar rendimientos significativamente iguales.
- El tratamiento Colossus/74-335, aunque tuvo un rendimiento significativamente igual al resto de los tratamientos, al revisar cada una de las variables estudiadas se podría considerar como el más prometedor ya que tiene alto rendimiento con frutos de tamaño grande y alta calidad nutricional de fruto.
- Con el uso del portainjerto Colossus no se registraron enfermedades radiculares, por lo tanto, se infiere que es un portainjerto adecuado para la producción en sistemas de agricultura protegida.
- El sistema radicular del portainjerto con los híbridos estudiados mostró un comportamiento similar en cuanto a distribución radicular y masa radicular, por lo tanto, se infiere que el injerto no influye sobre el portainjerto.

## VI. LITERATURA CITADA

- Allende, C. M., J. P. Martínez C., L. Salinas P., F. Corradini S., F. Rodríguez A., N. Olivares P., P. Abarca R., J. Riquelme S., A. Guzmán L., A. Antúnez B. y S. Felmer E. 2017. Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Editora: Andrea Torres P. instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. Boletín INIA No. 12. 111p.
- Bletsos, F., C. Thanassouloupoulos, and D. Roupakias. 2003. Effect of grafting on growth yield, and verticillium wilt of eggplant. Hortscience 38: 183-186.
- Briassoulis, D., A. Mistriotis, D. Eleftherakis 2007. Mechanical behavior and properties of agricultural nets. Part II: Analysis of the performance of the mains categories of agricultural nets, Polym, test. 20: 970- 984.
- Calvin, L., R Cook, and W. Amber. 2005. North America greenhouse tomatoes emerge as a major maket. USDA. Economic Research Service 1(3):20-27.
- Castellanos, J. Z. y C. M. Borbón. 2009. Panorama de la industria protegida en México. Manual de Producción de Tomate de Invernadero. 1-18 p.
- Cenobio, P. G. 2006. Producción de tomate *Lycopersicum sculentum* en condiciones de invernadero con fertirriego en Zaachila, Oaxaca. Tesis de maestro en Ciencias. CIIDIR, IPN, Unidad Oaxaca. 139 p.
- Contreras, R. A. 2016. Comportamiento Agronómica de cuatro híbridos de tomate injertados sobre el porta injerto Colossus y desarrollado dentro de malla antiáfidos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio. División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, Méx. 52 p.
- Davis, R., P. Perkins, R. Hassell, A. Levi, S. King and X. Zhang. 2008. Grafting Effects on Vegetable. Quality HortScience. 43:1670-1672.

- 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.
- De Miguel, G, A. 2011. El injerto de plantas de tomate (en línea). Consultado 21 mar. 2019. Disponible en <http://www.poscosecha.com>
- 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.
- Edelstein, M. 2004. "Grafting vegetable-crop plants: Pros and cons." *Acta Hort.* 659: 235–238.
- Endara, R. V. H. 2011. Evaluación de la calidad postcosecha en genotipos mejorados e injertos de tomate de árbol (*Solanum bataveum* Cav). Tesis de licenciatura en Ingeniero Industrial. Escuela Politécnica Nacional. 141 p.
- Espina, P. L.W. 2009. Material de apoyo para la capacitación sobre cultivo de tomate de la fundación FUDI. Universidad del istmo Facultad de arquitectura y diseño. Guatemala pp. 20-23.
- Esquinas, A. J. y V. Nuez F. 2001. Situación taxonómica, doméstica y difusión del tomate. In: El cultivo de Tomate. F. Nuez. Mundi Prensa. España. Pp. 13-42.
- Estrada, A. V. 2010. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) var. Rio grande con dos niveles de lombricomposta bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Buenavista Saltillo Coahuila, México. Pp 18-26.
- Fernández-García, N., V. Martínez and M. Carvajal. 2004. Effect of salinity on growth, mineral composition and water relations of grafted tomato plants. *J. Plant nutr. Soil. Sci.* 167:616-622.
- FIRA. 2010. Agricultura Protegida: Cultivo de Tomate en Invernadero Costos de cultivo y Análisis de rentabilidad 2010. Dirección de Consultoría en Agronegocios Dirección Regional del Norte.

- Fish, W. W., P. Perkins-Veazie, K. Collins J. 2002. A Quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and Analysis* 15(3):309-317.
- Garza M. & M. Molina. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. Nuevo León, México. 45 p.
- 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.
- González, V., R. Sepúlveda y M. González. 2014. Mejoramiento de los sistemas de producción de tomate bajo malla antiáfidos. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA No.293, 70p.
- Guillen, R., & H. López. 2005. Efecto sobre el Contenido de Licopeno de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Var. Gironda) Sembrado en Invernadero bajo Diferentes Sistemas de Cultivo con y sin Injerto. pp 343-344.
- Hernán, M. H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) facultad agronómica de Chile. Revista. Innoca Chile Corfo. pp12-16.
- Jaramillo, N. J., P. Rodríguez, V., M. Guzmán, A., M. Zapata, T. Rengifo, M. 2007. Manual Técnico Buenas prácticas agrícolas -BPA- en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. 331 p.
- Jiménez, B. J. 2009. Manejo integral del cultivo de tomate en Invernadero. Ed. Universidad del Pacífico. Nueva Hortitec Fertri Invernaderos y Casas sombras. Primera Edición.36 p.
- Juárez, L. P., R. Castro B., T. Colinas L., P. Ramírez V., M. Sandoval V., D. W. Reed, L. Cisneros Z. y S. King. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). Revista Chapingo. Serie Horticultura 15:5-9
- Khah, E. M., E. Kakava, A. Mavromatis, D. Chachalis, and C. Goulas. 2006. "Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field." *J. Applied Hort.* 8:3-7.

- Lee, J. M. 1994. Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status, Grafting Methods, and Benefits HortScience. 29:235-239.
- Lee, S.G. 2007. "Production of high-quality vegetable seedling grafts." Acta Hort. 759: 169–174.
- Lee, J. M. and Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28: 61-124.
- Martínez, S. 2007. Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate de Ensalada. Departamento de Horticultura, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. 166 p.
- Maroto, J. 1994. Horticultura Herbácea Especial. Cuarta Ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 611p.
- Moreno, R. A., J. Aguilar D., A. Luévano G. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios, 29: 763-774.
- Nuez, F., A. Rodríguez, J. Tello, J. Cuartero, B. Segura. 1995. El cultivo de tomate. España: Mundi Prensa. 125p.
- Nuez, F. 2001. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi prensa 1ª reimpresión. Barcelona, España. 793 p.
- Ojo de Agua, 2007. Estrés salino y comparación de dos sistemas de producción sobre el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivada en invernadero. Colegio de posgraduados, Motecillo, Edo. Méx. 105 p.
- Padayatt, S. J., R. Daruwala, Y. Wang, P. Eck K., J. Song, S. Koh, W., M. Levine. 2001. Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. In: Handbook of Antioxidants. Cadenzas, E.; Packer, I. (eds) 2nd edition. CRC press. Washington DC, USA. pp 117-145.
- Peralta I. E. and D. M. Spooner (2007) History, Origin and Early Cultivation of Tomato (Solanaceae). In: Genetic Improvement of Solanaceous Crop, Vol. 2: Tomato. M. K.



- Razdan and A. K. Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp:1-24.
- Pogonyi, A., Z. Pek, L. Helyes, and A. Lugas. 2005. Effect of grafting on the tomatos's yield, and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria* 34:453-462.
- Rivero, R. M., J. M. Ruiz, and L. Romero. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food Agriculture & Enviroment*. 1:70-74.
- Rodríguez, R. R., J. M. Tavares R. y J. A. Medina J.1984. El cultivo moderno de tomate. Madrid, Mundi-Prensa.552 p.
- Rodríguez, R. R., J. M. Tavares R. y J. A. Medina J. 2001. Cultivo Moderno del Tomate. Mundi Presa. Madrid, España. 255p.
- Ruiz, J. M., A. Belakbir, L. Lopez-Cantarero and L. Romero. 1997. Leaf-macronutrimnt content and yield in grafted melon plants: A model to evaluate the infleuence of rootstock genotype. *Sci. Hort.*71: 227-234.
- SAGARPA. 2009. Avances de siembra y cosecha de Riego más temporal, por año agrícola. Situación al 30 de noviembre de 2008. <http://www.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1> (13/04/2021).
- Sañudo, T. R. R. 2013. El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de *Beauveria bassiana*. Tesis profesional, Maestría en ciencias. Universidad Autónoma Indígena de México. Los Mochis, Sin. 59 p.
- SEMINIS. 2017. Que es el suelo. Obtenido de la red: <https://www.seminis.mx/blog-que-es-el-suelo/>(consultado enero 2021).
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo. Producción de jitomate. <http://www.siap.gob.mx/>. Consultada en junio de 2020.
- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/>. Consultada en junio de 2019.

- Stamps, R. H. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. Hort Science. 44: 239-241.
- Tanny, J., M. Teitel, M. M. Barak. 2008. Effect of height on screenhouse microclimate proceedings of the international symposium on high technology for greenhouse system management Naples. Italy. Acta Horticulture. 801:107-114.
- Valdepeña, C. F. N. 2017. Evaluación de comportamiento de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de casa sombra. Tesis de licenciatura. Torreón Coahuila, México. 78 p.
- Velazco, H., E. 2011. Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero. bba. Chapingo, Méx.
- Villasana, R. J. A. 2010. Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Escobedo, Nuevo León.68 p.

## VII. APÉNDICE

**Tabla 1.** Análisis de varianza de la variable número de racimos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	20.37173	3.395289	0.89	0.5400
Error	9	34.34675	3.816306		
Total	15	54.718493			
CV	10.7874				

**Tabla 2.** Análisis de varianza de la variable número de frutos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	11.7577	1.9596	3.35	0.0509
Error	9	5.2615	0.58461		
Total	16	17.0192			
CV	14.4247				

**Tabla 3.** Análisis de varianza de la variable peso total de frutos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	55650918.24	9275153.04	5.19	0.0143
Error	9	16075584.91	1786176.10		
Total	15	71726503.15			
CV	18.4107				

**Tabla 4.** Análisis de varianza de la variable diámetro polar del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	2.6842000	0.44736667	3.79	0.0365
Error	9	1.0634000	0.11815556		
Total	15	3.7476000			
CV	5.97804				

**Tabla 5.** Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial del fruto por planta en los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	2.91075000	0.48512500	0.96	0.5019
Error	9	4.55682500	0.50631389		
Total	15	7.46757500			
CV	10.58668				

**Tabla 6.** Análisis de varianza de la variable peso promedio del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	2396.711603	399.451934	8.27	0.0030
Error	9	434.909037	48.323226		
Total	15	2831.620639			
CV	9.21639				

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la variable contenido de licopeno del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F valor</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Modelo	6	0.00050044	0.00010009	159.93	0.0001
Error	5	0.00000376	0.00000063		
Total	11	0.00050419			
CV	8.979				

**Tabla 8.** Comparación de medias para la variable número de racimos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Agrupamiento Tukey</b>	<b>Racimos/planta</b>	<b>Tratamiento</b>
A	18.815	2
A	18.745	3
A	17.828	1
A	17.05	4

Comparación de medias prueba Tukey ( $P_v \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 9.** Comparación de medias para la variable número de frutos por racimos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Agrupamiento Tukey</b>	<b>No. frutos/racimo</b>	<b>Tratamiento</b>
A	6.0775	3
AB	5.560	2
AB	5.2625	1
B	4.3025	4

Comparación de medias prueba Tukey ( $P_v \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 10.** Comparación de medias para la variable peso total de frutos por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Agrupamiento Tukey</b>	<b>Peso frutos/planta</b>	<b>Tratamiento</b>
A	7672.4	2
A	7555.5	1
A	7100.2	23
A	6708.8	4

Comparación de medias prueba Tukey ( $P_v \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 11.** Comparación de medias para la variable diámetro polar de fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Agrupamiento Tukey</b>	<b>Diámetro polar/planta</b>	<b>Tratamiento</b>
A	6.1275	1
A	5.7650	4
A	5.6000	2
A	5.5075	3

Comparación de medias prueba Tukey ( $P_v \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 12.** Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Agrupamiento Tukey</b>	<b>Diámetro ecuatorial/planta</b>	<b>Tratamiento</b>
A	7.207	4
A	6.805	1
A	6.590	2
A	6.282	3

Comparación de medias prueba Tukey ( $P_v \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 13.** Comparación de medias para la variable peso promedio del fruto por planta de los cuatro genotipos injertados sobre el patrón Colossus.

<b>Agrupamiento Tukey</b>	<b>Diámetro ecuatorial/planta</b>	<b>Tratamiento</b>
A	89.806	4
AB	76.577	1
B	73.042	2
B	62.278	3

Comparación de medias prueba Tukey ( $P_v \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.