

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento Agronómico de Cuatro Híbridos de Tomate Injertados Sobre el  
Porta Injerto Colosus y Desarrollados Dentro de Malla Antiáfidos

Por:

**ALFREDO CONTRERAS RESENDIZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento Agronómico de Cuatro Híbridos de Tomate Injertados Sobre el  
Porta Injerto Colosus y Desarrollados Dentro de Malla Antiáfidos

Por:


**ALFREDO CONTRERAS RESENDIZ**

TESIS

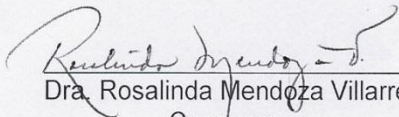
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

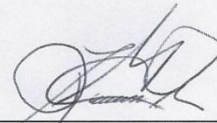
Aprobada por el Comité de Asesoría:



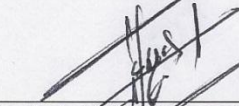
Dr. Valentin Robledo Torres  
Asesor Principal



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor



Dra. Francisca Ramirez Godina  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Febrero del 2016

## DEDICATORIA

Al Señor Antonio Narro, gracias por tener la bondad de donar sus tierras y posesiones para que los jóvenes de una posición económica baja, pero con amor al campo y con las ganas de superarse, pudiéramos llenarnos de conocimientos y prepararnos para enfrentar la vida, ayudando a los agricultores de nuestra región para hacer un uso más racional de lo que nos da la naturaleza, es por eso que este trabajo lo dedico a la memoria de este gran Señor.

A mis padres Alejandro Contreras Lule y Rosa Resendiz Resendiz, gracias por darme el don la vida y por estar conmigo siempre y preocuparse por darme lo mejor de ellos cuando lo necesitaba y así convertirse en mi ejemplo a seguir en todo momento.

A la memoria de mi tío Ismael Contreras Lule, que siempre lo vi como mi hermano mayor que nunca tuve, mi ejemplo a seguir el que me enseñó a dar lo mejor de mí y no darme por vencido tan fácilmente, y que es mejor trabajar con la mente que con esfuerzos físicos y buscar aprender algo nuevo cada día.

A mis abuelos Paternos y Maternos, les agradezco por brindarme ese gran cariño y confianza, además de recibirme siempre con un gran abrazo y una sonrisa cada vez que los visitaba.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta estas instancias de la vida y orientarme a tomar las mejores decisiones y además brindarme salud y las ganas de seguir adelante.

A mis padres Alejandro Contreras Lule y Rosa Resendiz Resendiz por brindarme el apoyo y cariño desde el momento en que nací, hasta la fecha y por inculcarme los valores necesarios para enfrentarme a la vida y así aprovechar las oportunidades que se me presenten y poder mejorar día a día sin dañar a la integridad de las demás personas.

A mis hermanos Sandra Yaneth Contreras Resendiz, Mauricio Alejandro Contreras Resendiz y familia en general que siempre me brindaron ese gran apoyo moral y que además creyeron en mí y en mis ganas de salir adelante para superarme como persona.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y darme todo lo necesario para sobrevivir, sin mencionar los conocimientos que obtuve gracias a ella para poder enfrentar a la vida, tanto como profesionista y como persona.

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 todos los profesores de la universidad que me brindaron parte de su tiempo y de sus conocimientos para seguir enfrentado la vida con mayor solidez y decisión, pero principalmente a los profesores que tomaron la molestia de darme un consejo y algunas palabras de motivación que me sirvieron para fortalecerme aun mas.

A mis amigos que se convirtieron en mi familia durante mi estancia en la Universidad y que siempre me apoyaron cuando tuve algún problema, que me escucharon y me orientaron cuando necesitaba de algún consejo, pero principalmente gracias a los compañeros de la Asociación de Michoacán que me recibieron con los brazos abiertos.

## RESUMEN

La técnica del injerto se usa principalmente con el objetivo de prevenir o combatir enfermedades del suelo. Pero esta técnica también se usa en condiciones de suelos libres de enfermedades con la finalidad de optimizar el uso de fertilizantes y lograr un mejor desarrollo con una planta más vigorosa y así poder obtener los mejores rendimientos. Todo esto responde al gran sistema radicular del patrón, ya que este posee una extensa y profunda área de raíz que le confiere la capacidad de tener una mejor y mayor absorción de agua y nutrientes. Por lo que también debido a este vigor que le proporciona el patrón a la variedad es aprovechado para trabajarse con plantas a dos tallos. Por lo que en este trabajo de investigación se evaluó la respuesta a la combinación del porta injerto colosos con cuatro diferentes variedades de tomate bola en el sistema de doble tallo en casa sombra, para ver la respuesta obtenida de las combinaciones en cuanto a rendimiento y calidad del fruto. El estudio se llevó a cabo en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México y laboratorios de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Saltillo, Coahuila, México, del mes de abril a noviembre de 2014. Se hicieron cuatro camas de 180 cm de ancho y 24 metros de largo, (T1-Mirina-RZ74.682/Colosus, T2-74-686/Colosus, T3-74-335/Colosus y T4-74-684/Colosus) con cuatro repeticiones distribuidas al azar, cada repetición tuvo diez plantas de las cuales cinco fueron etiquetadas e identificadas para

su muestreo durante todo el ciclo y con una densidad promedio de 37,000 tallos por Ha<sup>-1</sup>. Las variables evaluadas fueron, número de racimos por planta, frutos por planta, peso total de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial de fruto, contenido de licopeno y vitamina c. Los resultados demostraron que no existe diferencia significativa en cuanto al rendimiento ya que las cuatro combinaciones fueron estadísticamente iguales, donde se pudo encontrar diferencia significativa fue en las variables de calidad ya que el T-3 (híbrido 74-335/Colosus) presentó el mayor número de racimos por planta al igual que el mayor número de frutos por planta lo que representa que estos frutos son los de menor tamaño ya que además fue el que representó en menor diámetro polar, y si se tiene el mismo rendimiento que con los demás tratamientos lo que demuestra la diferencia entre tamaño de frutos. También se pudo encontrar que el T1 (Mirina-RZ-74.682/Colosus) fue el que obtuvo el mayor tamaño ya que en cuanto al diámetro ecuatorial no hubo diferencia estadística, pero en cuanto al diámetro polar fue el que representó el mayor tamaño además de que superó con un 13% al de menor tamaño que fue el T-3 (híbrido 74-335/Colosus). Para el caso del valor nutracéutico el híbrido 74-335 al igual que el 74-684 fueron los que tuvieron significancia ya que obtuvieron los mayores contenidos de licopeno.

**Palabras clave:** Tomate, porta injerto, vigor, rendimiento, calidad.

Correo electrónico; Alfredo Contreras Resendiz, [Alfredo-contreras8@hotmail.com](mailto:Alfredo-contreras8@hotmail.com)

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	I
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	II
<b>RESUMEN</b> .....	III
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE APENDICE</b> .....	VIII
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. Origen.....	5
2.2. Generalidades del Cultivo del Tomate .....	6
2.3. Morfología de la Planta del Tomate.....	7
2.3.1. Semilla .....	7
2.3.2. Raíz .....	7
2.3.3. Tallo.....	8
2.3.4. Hojas.....	8
2.3.5. Flor.....	9
2.3.6. Fruto .....	9
2.4. Requerimientos Climáticos y de Suelo .....	9
2.4.1. Temperatura.....	9
2.4.2. Humedad Relativa .....	10
2.4.3. Luminosidad .....	10
2.4.4. Tipo de Suelo .....	11
2.5. Casa Sombra.....	12
2.6. Injerto.....	13
2.7. Factores que Inciden en la Unión del Injerto .....	16
2.7.1 Temperatura.....	17
2.7.2. Humedad.....	17

2.7.3. Oxígeno .....	18
2.7.4. Actividad de Crecimiento del Patrón .....	18
2.7.5. Técnicas del Injerto .....	19
2.8. Contaminación con Patógenos.....	19
2.9. Empleo de Reguladores del Crecimiento .....	19
2.12.1. El injerto y la Absorción de Macronutrientos .....	21
2.12.2. El Injerto y la Absorción de Micronutrientos .....	25
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. Lugar del Experimento .....	27
3.2. Establecimiento.....	27
3.3. Material Vegetal.....	27
3.4. Tratamientos y Diseño Experimental .....	28
3.5. Labores Culturales.....	28
3.5.1 Variables de rendimiento y calidad.....	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Análisis De Variables Agronómicas .....	30
4.1.1. Racimos por Planta.....	30
4.1.2. Frutos por planta.....	31
4.1.3. Peso Total de Fruto .....	32
4.1.4. Diámetro Polar de Fruto.....	33
4.1.5. Diámetro Ecuatorial de Fruto.....	34
4.2. Análisis de Variables de Calidad Nutraceutica .....	35
4.2.1. Contenido de Licopeno en $\mu\text{g/g}$ .....	35
4.2.2. Contenido de Vitamina C en $\text{mg}/100\text{g}$ .....	36
4.3. Análisis de raíz .....	37
4.3.1. Masa y Distribución Radical .....	37
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>40</b>
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>48</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Comparación de medias, para de racimos por planta en híbridos de Tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 2.** Comparación de medias para la variable frutos por planta, para híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 3.** Comparación de medias para la variable peso total de frutos, en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 4.** Comparación de medias para la variable diámetro polar de de fruto, en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 5.** Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 6.** Comparación de medias para la variable contenido de licopeno de fruto en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 7.** Comparación de medias para la variable contenido de vitamina C de fruto en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

**Figura 8.** Distribución de la masa de raíz del portainjertos Colosus.

## ÍNDICE DE APENDICE

- Apéndice 1.** Análisis de varianza para la variable numero de racimos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 2.** Análisis de varianza para la variable numero de frutos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 3.** Análisis de varianza para la variable peso total de frutos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 4.** Análisis de varianza para la variable diámetro polar del fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 5.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 6.** Análisis de varianza para la variable contenido de licopeno en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 7.** Análisis de varianza para la variable contenido de vitamina C en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.
- Apéndice 8.** Comparación de medias para la variable numero de racimos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo

portainjerto.

**Apéndice 9.** Comparación de medias para la variable número de frutos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

**Apéndice 10.** Comparación de medias para la variable peso total de fruto por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

**Apéndice 11.** Comparación de medias para la variable diámetro polar de fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

**Apéndice 12.** Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

**Apéndice 13.** Comparación de medias para la variable contenido de licopeno en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

**Apéndice 14.** Comparación de medias para la variable contenido de vitamina C en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

## I. INTRODUCCION

Los tomates contienen grandes cantidades de vitamina C y folato, también es la fuente alimentaria más importante de licopeno, que tiene propiedades antioxidantes y puede ser anti cancerígeno. Un elevado nivel de licopeno en el plasma se asocia con una menor incidencia de algunos cánceres, en especial el cáncer de próstata. La asimilación por el organismo depende del tipo de producto que se consume. El plasma sanguíneo absorbe mejor el licopeno cuando éste procede de productos elaborados a altas temperaturas que cuando se ingiere una cantidad equivalente de tomates frescos (Giovannucci *et al.* 1995).

En cuanto a la producción de tomate en el 2008, se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor de jitomate en el mundo, con una participación de 36%. Le sigue Estados Unidos con 14%; Turquía, 12%; India, 11%; mientras que México ocupó el doceavo lugar, con 3% de participación en la producción (Sagarpa, 2010).

En México durante 2008 se produjeron 2.26 millones de toneladas de jitomate y es el Estado Sinaloa el principal productor, cuya producción representó el 35% del total nacional, monto 3.8 veces mayor al producido por Baja California que ocupó el segundo lugar con el 9%. Siguen en la lista los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8%, 6% y 5%, respectivamente (Sagarpa, 2010).

En México se produce jitomate durante todo el año. En los primeros meses se produce en el estado de Sinaloa, que abastece al mercado nacional y la mitad del norteamericano. Por otro lado, durante el verano, la producción de los estados del centro y de Baja California, abastecen la demanda interna y de exportación. Finalmente, en los meses de agosto a diciembre, son otras entidades las que cubren las necesidades de producción.

En la producción de hortalizas se han desarrollado nuevas técnicas para lograr incrementar el rendimiento y calidad de fruto, haciendo un uso óptimo de los insumos productivos y reducción de los costos de producción, ahora de manera novedosa se ha empezado a trabajar con el cultivo del tomate, como ya ocurre en las cucurbitáceas como el pepino y la sandía, en los cuales se han tenido resultados tan positivos y la técnica del injerto está teniendo gran aceptación al usar patrones tolerantes al patógenos del suelo, al estrés salino, al pH alto y otra serie de factores que limitan la producción óptima de los cultivos hortícolas en nuestro país.

Los injertos o plantas injertadas son el resultado de la unión de dos plantas afines (porta injerto y variedad), donde se utiliza el sistema radicular del porta injerto 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 poscosecha de la fruta (Lee y Oda, 2003).

Otras ventajas de las plantas injertadas es que toleran condiciones de salinidad y suelos con mal drenaje, así como condiciones de estrés por temperaturas elevadas (Khah *et al.*, 2006). Condiciones que son frecuentes en ambientes protegidos ya que difícilmente se hace rotación de cultivos, además de el uso intensivo de fertilizantes y aunque el uso de invernaderos o mallas para producción de cultivos permiten reducir los efectos adversos del clima, el cambio climático ha venido a modificar el ambiente dentro de éstas estructuras, y algunas limitantes que se presentan durante la producción de tomate principalmente debido a condiciones del suelo: ya sea por patógenos, altos contenidos de sales, pH alto entre otros, con la técnica del injerto se reducen éstas limitantes lo cual representa una alternativa, además con este técnica no se contamina en suelo, de ahí que actualmente se está utilizando de manera creciente para producir cosechas con mayor eficiencia en este cultivo, que es el más importante a nivel nacional. Teniendo en cuenta todo lo anterior se considera que se puede mejorar la producción en cuanto a calidad, rendimiento con ahorro de insumos en la producción de tomate tipo bola bajo injertado sobre patrones tolerantes a problemas del suelo, en sistema de casa sombra, en el municipio de General

Zepeda, Saltillo Coahuila. Por lo tanto se estableció un trabajo de investigación con el objetivo de estudiar el rendimiento, calidad comercial y nutraceutica de cuatro variedades injertadas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) y desarrolladas a dos tallos, bajo condiciones de casa sombra.

Lo anterior bajo la Hipótesis de que:

El uso de variedades de tomate injertadas sobre patrones tolerantes a problemas del suelo, tendrán mayor rendimiento y calidad de fruto que las mismas variedades pero no injertadas.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Origen

El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) es una planta originaria de Perú, Ecuador y México es Centro secundario de origen, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba solo como planta de adorno. A partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. Además se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Existen notables diferencias en cuanto a los sistemas y técnicas culturales empleadas por los horticultores (J. N M. Von Haeff, 1983). Actualmente el tomate se cultiva en casi la totalidad de países en el mundo (Rick, 1986).

El origen del género *Lycopersicon* 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 se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África,



y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

## 2.2. Generalidades del Cultivo del Tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. Los miembros de esta familia presentan haces bicolaterales y una estructura floral modelo (K85) [C (5) A (5)] G(2). Esto es, sus flores son radiales y con cinco estambres. El ovario, supero, bicarpelar, contiene numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano de la flor. Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares, en adición al bilocular que podríamos considerar normal. De acuerdo a Hunziker (1979), la taxonomía generalmente aceptada del tomate es: Clase: Dicotiledóneas. Orden: Solanales (Personatae). Familia: Solanaceae. Subfamilia: Solanoideae. Tribu: Solanae. Género: *Lycopersicon*. Especie: *esculentum*. Según el hábito de crecimiento, se pueden distinguir dos tipos distintos: los determinados y los indeterminados. La planta de crecimiento determinado es de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de las inflorescencias en el extremo del ápice. El tomate de tipo indeterminado crece hasta alturas de 2 metros o más, según el empalado o tutoreo que se utilice. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo, produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical sino lateral.

Este tipo de tomate tiene tallos axilares de gran desarrollo. Según las técnicas culturales, se eliminan todos o se dejan algunos de éstos. Para la producción mecanizada se prefieren las variedades de tipo determinado, que son bajas o arbustivos. Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo de la planta de tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad (J. N. M. Von Haeff, 1983).

### **2.3. Morfología de la Planta del Tomate**

El tomate es una planta anual, pero a veces puede perdurar más de un año en el terreno.

#### **2.3.1. Semilla**

La semilla del tomate tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5x4x2 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, recubierto de pelos que envuelve al embrión del endospermo (Noez, 1995).

#### **2.3.2. Raíz**

Cuando las plantas se siembran en forma directa (sin trasplante), forma una raíz principal vigorosa que puede llegar hasta 3,0 m de profundidad. Cuando

se trasplantan las plántulas, la raíz principal se daña y se desarrolla un sistema de raíces laterales secundarias. Las raíces secundarias se desarrollan rápidamente y generalmente el 70 % de las raíces se localizan a menos de 20 cm de la superficie. Todas las raíces absorben agua, mientras los minerales se absorben por las raíces más próximas a la superficie (Varga y Bruinsma, 1986).

El crecimiento de la planta y la materia seca, aumenta con el aumento en la temperatura de la raíz hasta un óptimo de 30 °C, a menos que la iluminación resulte limitante y, cuando la temperatura de la raíz desciende por debajo de los 15 °C, el crecimiento del brote puede disminuir drásticamente (Picken, 1986).

### **2.3.3. Tallo**

El tallo es anguloso, alcanza 4 cm de diámetro en su base y está recubierto por tricomas, en su mayoría de origen glandular y que le otorgan el olor característico. En las primeras etapas es erguido, luego debido al peso, toma un hábito rastrero (Maroto, 1994).

### **2.3.4. Hojas**

Están dispuestas alternadamente sobre el tallo, son compuestas e imparipinnadas, generalmente tienen de siete a nueve folíolos lobulados o dentados y también están cubiertas de tricomas (Maroto, 1994).

### **2.3.5. Flor**

La flor del tomate es perfecta, Los pétalos y los sépalos se encuentran dispuestos en forma helicoidal en un número de cinco o más. En cada inflorescencia se agrupan tres a diez flores formando el racimo floral (Rodríguez, Tabares y Medina, 1984).

### **2.3.6. Fruto**

Es una baya, que dependiendo del cultivar, presenta distintos colores como rojo, rosado, violáceo o amarillo. De igual manera su forma varía desde achatada a pera. La superficie puede ser lisa o presentar surcos más o menos profundos (Corfo y Universidad Católica De Chile, 1986).

## **2.4. Requerimientos Climáticos y de Suelo**

### **2.4.1. Temperatura**

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

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

#### **2.4.2. Humedad Relativa**

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

#### **2.4.3. Luminosidad**

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

Para que el tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ m<sup>2</sup> día (Castilla, 2005).

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

#### **2.4.4. Tipo de Suelo**

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

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

## 2.5. Casa Sombra

Son estructuras que se han desarrollado para condiciones cálidas y secas principalmente del noreste del país. Es un medio en donde se protege, acondiciona y mejora el factor agroclimático. Usualmente se utiliza una malla tejida de monofilamentos, lo cual le da mayor resistencia mecánica y física en la estructura. Utiliza diversos porcentajes de sombra, desde 30% hasta 75% en diferentes colores. La estructura es parecida a la de un invernadero pero más sencilla.

Las cubiertas de red plásticas ofrecen muchas ventajas con beneficios ambientales (Briassoulis *et al.*, 2007).

Las mallas, sin importar el color reducen la radiación que llega a los cultivos y la reducción de la radiación afecta la temperatura (del aire, planta, suelo) y la humedad relativa (Stamps, 2009).

Las mallas además de afectar la cantidad de radiación, pueden influir en la dirección de la radiación, afectar la transpiración, fotosíntesis, respiración y otros procesos. La malla permite mayor movimiento ascendente del aire caliente lo que reduce la temperatura causada por la radiación roja y roja lejana que incide en las plantas (Tanny *et al.*, 2008).

## 2.6. 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 un 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).

En ausencia de enfermedades transmitidas por el suelo, el patrón contribuye a incrementar la tolerancia contra estreses abióticos tales como la humedad excesiva, sequia, salinidad, temperaturas altas y bajas, heridas causadas por el manejo del cultivo, o por el proceso mismo del injerto (Abdelmageed y Gruda, 2009; Venema *et al.*, 2008 y Rivero *et al.*, 2003 a,b) También, contribuye a aumentar la absorción de agua y nutrimentos (Santa-Cruz *et al.*, 2002), así como a extender la duración de la época de la cosecha (Lee, 1994).

La producción de plantas injertadas comenzó en Japón y Corea, con injertos en sandía (*Citrullus lanatus*) sobre calabaza (*Cucurbita moschata*). En los años 50, se injertó berenjena (*Solanum melongena*) sobre *Solanum integrifolium*. Desde entonces, la superficie destinada en Japón a hortalizas injertadas ha aumentado, correspondiendo a plantas injertadas un 93 % del total de la superficie cultivada en el caso de la sandía, 72 % en pepino, 50 % en berenjena, 32 % en tomate y 30 %



en todos los tipos de melones. En España se han realizado experiencias en tomate. También se han realizado experimentos en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) injertados, estudiando la respuesta de estas plantas aplicándoles distintas dosis de abono nitrogenado (Kakava, 2006; Lee, 1994; Kurata, 1994)

El injerto en hortalizas es poco frecuente en Estados Unidos y en México, aunque se está utilizando en algunas entidades. En general, las ventajas del injerto en hortalizas se han estudiado en algunos experimentos en México; sin embargo, en muchas regiones del país falta información sobre las ventajas económicas de esta práctica (Kubota *et al.*, 2008). Según Godoy y Castellanos (2009), esto está empezando a cambiar 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. 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 y carotenoides y textura por el tipo de injerto y de los patrones utilizados. Los resultados de dichas investigaciones varían sobre si el injerto es ventajoso o no, pero en general están de acuerdo en 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 México las investigaciones más recientes llevadas a cabo por Godoy *et al.* (2009) tratan sobre el efecto del patrón en el crecimiento y rendimiento de tomate bajo condiciones de suelo y sustrato. Así como el efecto del injerto en el contenido de licopeno de tomate sembrado en invernadero bajo diferentes sistemas de cultivo. En las dos investigaciones antes señaladas, ambas realizadas en el INIFAP de Celaya Guanajuato, los resultados mostraron diferencias significativas a favor de las plantas injertadas tanto en mayor contenido de licopeno en fruto (calidad) como en mayor rendimiento total y calibre del fruto.

El proceso de injerto, a través del cual dos partes vegetales se unen entre sí, presenta una secuencia de eventos mediante los cuales se logra una compatibilidad entre patrón y variedad. La secuencia de eventos es la siguiente: formación del callo en la interfase del injerto, seguido por una diferenciación de los elementos vasculares de las células del callo, cuatro días después de la unión, además del desarrollo de células parenquimáticas del patrón y la variedad; establecimiento de un nuevo continuo de conductos xilemáticos y floemáticos interconectando los haces vasculares cortados del porta injerto y la variedad, y finalmente, el desarrollo de nuevo cambium para la formación de elementos vasculares secundarios en la unión del injerto.

En el inicio del proceso del injerto, el tejido vegetal experimenta una reacción al corte, la cual consiste en la formación de una capa aislada de material necrótico derivado de restos de pared, contenidos celulares y pectinasa, así como compuestos fenólicos secretados por células del callo. Las capas celulares

dañadas en la zona del corte forman una capa de contacto; las células intactas, próximas a dicha capa, forman una masa de células de parénquima (callo), que llena el espacio entre variedad e injerto y luego estas capas son puestas en contacto a través de la zona cambial que se establece en el callo.

El callo se origina de diferentes células vivas presentes en el tejido vascular, a continuación, las células del parénquima cercanas a células cambiales del patrón y de la variedad se diferencian para formar nuevas células cambiales que permitirán la formación de un nuevo tejido vascular y la irrigación del patrón hacia la variedad para evitar su deshidratación (Fernández-García *et al.*, 2004 a).

## **2.7. 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 inhiben 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).

### **2.7.1 Temperatura**

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. Entre 4 y 32° C la producción de callo aumenta linealmente con la temperatura. En la vid la temperatura óptima para el injerto es de 24 a 27° C. Con más de 29° C se obtiene una producción abundante de tejido de callo de tipo suave que se daña fácilmente con las operaciones de plantación. A menos de 20° C la producción de callo es lenta y por debajo de 15° C no existe (Hartmann *et al.*, 1991).

### **2.7.2. Humedad**

Las células de parénquima que forman el tejido del callo son de pared delgada y muy sensibles a la deshidratación, si se exponen al aire. 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. Las células muy turgentes son más capaces de dar un callo abundante que aquellas que están en condiciones de marchitez (Hartmann *et al.*, 1991).

### **2.7.3. Oxígeno**

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).

### **2.7.4. 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 dejarse algún órgano por encima del injerto, que actúa de tirasavias (Hartmann *et al.*, 1991).

### **2.7.5. Técnicas del Injerto**

Si se pone en contacto sólo una reducida porción de las regiones cambiales del patrón y de la variedad, la unión será deficiente. Aunque haya una buena cicatrización, cuando ésta alcance un desarrollo importante, la una unión tan escasa impedirá el movimiento suficiente del agua y se producirá el colapso de la planta injertada (Hartmann *et al.*, 1991).

### **2.8. Contaminación con Patógenos**

En ocasiones entran en las heridas, producidas al injertar, bacterias y hongos que causan la pérdida del injerto (Hartmann *et al.*, 1991). Prevenir estas infecciones con agua limpia y manos limpias, es uno de los secretos del injerto (Suzuki, 1972). El control químico de las infecciones estimula la cicatrización de las uniones (Doesburg, 1962).

### **2.9. Empleo de Reguladores del Crecimiento**

En estudios de cultivo de tejidos se ha visto una relación entre la aplicación de reguladores de crecimiento, auxinas y kinetinas o la combinación de éstas con ácido abscísico, y la formación de callo. Hasta ahora no se han obtenido resultados prácticos con el empleo de estas sustancias en el injerto (Hartmann *et al.*, 1991).

## **2.10. Condiciones Ambientales en la Fase Posterior al Injerto**

Es necesario asegurar, durante la fase posterior al injerto, que no lleguen a marchitarse ni el patrón ni la variedad. El marchitamiento de la variedad se produce con extrema facilidad en el caso de injerto de púa. A la vez debe mantenerse una buena temperatura para que se produzca la soldadura del injerto.

## **2.11. Incompatibilidad Patron/injerto**

La diferencia entre injerto compatible e incompatible no está bien definida. Desde especies que tienen una relación estrecha y unen con facilidad, hasta otras no relacionadas entre sí incapaces de unirse, hay una graduación intermedia de plantas que forman una soldadura, pero con el tiempo muestran síntomas de desarreglo en la unión o en su hábito de crecimiento (Hartmann *et al.*, 1991)

La incompatibilidad suele manifestarse con algunos de los siguientes síntomas: alto porcentaje de inexactitudes en el injerto, clorosis del follaje, defoliación y falta de crecimiento, muerte prematura de la planta, diferencias marcadas en la tasa de crecimiento entre patrón y variedad, desarrollo excesivo de la unión, arriba o debajo de ella, y ruptura en la unión del injerto; sin embargo, la aparición, de forma aislada, de uno o varios de los síntomas antes mencionados no significa necesariamente que la unión sea incompatible, ya que estos síntomas pueden ser también una consecuencia de condiciones ambientales desfavorables, presencia de enfermedades o malas técnicas del injerto (Johkan *et al.*, 2009).

## **2.12. El injerto y la Absorción de Nutrientos**

Las plantas almacenan minerales y otros nutrientes en diferentes órganos, tales como raíces, tallos, hojas y frutos. Estos órganos tienen una influencia importante en la absorción y traslocación de nutrientes minerales en las plantas y esto juega un papel esencial en los procesos fisiológicos como el crecimiento y el desarrollo (Wang *et al.*, 2006; Flowers y Colmer, 2008). En éste sentido Heo (1991) y Jang (1992) concluyeron que la influencia del patrón sobre el contenido de minerales en el tejido foliar se atribuye a las características físicas del sistema de raíces, tales como el desarrollo lateral y vertical, lo que resultó en incremento de la absorción de agua y minerales. Por otro lado, Tagliavani *et al.* (1993) indicaron que el vigor tanto de la variedad como del patrón tuvo un papel importante en la absorción y translocación de los nutrientes en plantas injertadas. Por lo tanto, los contenidos de macro y micronutrientes se ven afectados por las características del patrón y de la variedad. Pero, dependiendo de las condiciones del medio ambiente, el efecto del patrón y/o variedad puede cambiar.

### **2.12.1. El injerto y la Absorción de Macronutrientes**

Ruiz *et al.* (1997) probaron los efectos de dos patrones diferentes en el contenido de macronutrientes en hojas de plantas de melón y concluyeron que, en general, el contenido de N fue más influenciado por el genotipo del patrón que



por el de la variedad. Por otra parte, Ruiz y Romero (1999) midieron la actividad de la nitrato reductasa y la acumulación de nitratos en plantas injertadas y no injertadas de melón: ambos parámetros se afectaron significativamente por la interacción variedad\*patrón y por el genotipo del patrón, mientras que el genotipo de la variedad no mostró ningún efecto. Las características de los patrones podrían dar lugar al aumento de la absorción, transporte y acumulación de  $\text{NO}_3^-$  en la variedad, estimulando así la actividad de la nitrato reductasa y asimilación de  $\text{NO}_3^-$ . Esto explicaría la disminución de la concentración foliar de  $\text{NO}_3^-$  y el aumento de la actividad de la nitrato reductasa en plantas injertadas en comparación con las plantas no injertadas (Sivasank y Oaks, 1996; Ruiz *et al.*, 1998). Resultados similares fueron obtenidos por Pulgar *et al.* (2000) en plantas de sandía, donde los niveles de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  fueron más bajos en las hojas de plantas injertadas comparadas con las plantas no injertadas, lo que indica que algunos patrones mejoran la eficiencia de la enzima nitrato reductasa favoreciendo la integración de  $\text{NO}_3^-$  en aminoácidos y proteínas (Ruiz y Romero de 1999; Pulgar *et al.*, 2000 y Ruiz *et al.*, 1997 ).

Kawaguchi *et al.* (2008) investigaron la compatibilidad del injerto con la nutrición en cuatro combinaciones de injerto (tomate/tomate, tomate/pimiento, pimiento/tomate y pimiento/pimiento) sin diferencias significativas en la concentración de nitrógeno. Del mismo modo, Colla *et al.* (2010a) no encontraron diferencias significativas en los niveles de nitrógeno de los diferentes tratamientos de injerto que probaron en sandía para mejorar la tolerancia a la alcalinidad. Además de la interacción patrón\*variedad, el contenido de nitrógeno depende de

las condiciones ambientales en las que las plantas se desarrollan. La concentración total de nitrógeno en plantas de tomate aumentó en las plantas injertadas bajo condiciones de temperaturas bajas en la zona de la raíz, comparadas con las no injertadas (Venema *et al.*, 2008). Se ha comprobado que los patrones pueden mejorar algunas características morfológicas y/o fisiológicas de plantas de melón, aumentando de este modo la absorción de P del suelo y su translocación a las hojas de la variedad (Ruiz *et al.*, 1996).

Ruiz *et al.* (1997) demostraron que la concentración de P en plantas de melón injertado puede afectarse tanto por la variedad como por la interacción patrón\*variedad. Sin embargo, Kawaguchi *et al.* (2008) llegaron a la conclusión de que el patrón fue el factor principal que afectó a la absorción y translocación de P en las diferentes combinaciones de injerto en plantas solanáceas. Las concentraciones de P en las hojas y tallos de las plantas de pepino se vieron afectadas significativamente por la combinación del injerto, siendo los valores de las plantas injertadas mayores que las plantas no injertadas (Rouphael *et al.*, 2008).

Colla *et al.* (2010a) y Uygur y Yetisir (2009) obtuvieron resultados similares para las concentraciones de P en las hojas de sandía injertada y Fernández-García *et al.* (2004c) en plantas de tomate, estos últimos autores concluyen que la combinación de injerto puede afectar absorción P de manera positiva. Sin embargo, en otra investigación no se encontraron diferencias significativas en la concentración de P en plantas de pepino injertadas en dos patrones diferentes

(Uygur y Yetisir, 2009). Todos estos resultados indican que las diferentes características morfológicas del patrón no son los únicos factores que influyen en la absorción y translocación de P en plantas y que los genotipos de la variedad y/o de cada especie se deben tomar en cuenta también. En las plantas de sandía injertadas en *Cucurbita maxima*, las concentraciones de  $\text{Ca}_2^+$  fueron más bajas que en las plantas no injertadas, independientemente del patrón o la variedad utilizada, mientras que se observó el comportamiento opuesto en  $\text{Mg}_2^+$  (Ruiz *et al.*, 1997). Sin embargo, los niveles de ambos minerales disminuyeron cuando se injertaron plantas de tomate en plantas de pimiento y viceversa, comparadas con plantas no injertadas (Kawaguchi *et al.*, 2008). Estas variaciones pueden explicarse por el sistema de raíces más pequeño y la restricción de la conductividad hidráulica en xilema del patrón con respecto a la variedad.

En otros experimentos con tomate, se observó un aumento significativo de  $\text{Ca}_2^+$  y  $\text{Mg}_2^+$  en el tejido foliar cuando se compararon las plantas injertadas con las plantas no injertadas (Fernández- García *et al.*, 2004c). Sin embargo, en las plantas injertadas, no se observaron diferencias significativas para  $\text{Ca}_2^+$  y  $\text{Mg}_2^+$ , comparadas con las plantas no injertadas en pepino (Rouphael *et al.*, 2008), melón (Edelstein *et al.*, 2005) o de tomate (Chen *et al.*, 2003). Todos los resultados indican que los contenidos de  $\text{Ca}_2^+$  y  $\text{Mg}_2^+$  pueden ser influenciados significativamente por el patrón, pero en general, no hay ningún efecto de la variedad en su absorción. Las características fisiológicas y físicas de los patrones probablemente afectan la absorción y translocación de estos minerales en las plantas. En el tomate, no se encontraron diferencias significativas entre el

contenido de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> en plantas injertadas y no injertadas (Santa Cruz *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2003; He *et al.*, 2009) pero en otros informes se obtuvieron aumentos significativos de K<sup>+</sup> y no se observaron diferencias en las concentraciones de Na<sup>+</sup> (Fernández-García *et al.*, 2004c y Martínez-Rodríguez *et al.*, 2008).

### **2.12.2. El Injerto y la Absorción de Micronutrientos**

Los micronutrientos son esenciales para el crecimiento de plantas ya que están involucrados en un gran cantidad de funciones, como el metabolismo de la energía, el metabolismo primario y secundario, la protección celular, la regulación de genes, la actividad hormonal, la transducción de señales y la reproducción (Hansch y Mendel, 2009).

Savvas *et al.* (2009) encontraron una menor absorción de Cu, Fe y Mg en las hojas de las plantas injertadas en la variedad “He-Man” de tomate, en comparación con las plantas no injertadas. Estos resultados sugieren que las plantas injertadas pueden limitar la eficiencia en el transporte de Cu de las raíces a las hojas, lo que reduce el efecto perjudicial de la toxicidad de Cu sobre el crecimiento y rendimiento de planta. Kawaguchi *et al.* (2008) mostraron que las plantas de tomate injertadas en patrones de pimiento mostraron menores concentraciones de Cu, Mn y Zn, en relación con las plantas no injertadas, pero sin diferencias significativas para B, Fe y Mo. Por otro lado, cuando se injertaron plantas de pimiento en patrones de tomate no hubo diferencias significativas en el

contenido Cu, Fe y Mn mientras que las concentraciones de B, Mo y Zn mostraron una disminución significativa en comparación con las plantas no injertadas. Por lo tanto, en general, se observaron menores niveles de los micronutrientes en plantas injertadas, esto puede explicarse por la restricción de la conductividad hidráulica del xilema del patrón a la variedad.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Lugar del Experimento

El estudio se llevó a cabo en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México y laboratorios de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Saltillo, Coahuila, México, del mes de abril a noviembre de 2014. Las coordenadas del área donde se realizó el experimento son: 25°23'01.93" LN y 101°27'10.54" LO con una altitud de 1466 msnm.

### 3.2. Establecimiento

En abril de 2014 se realizó la preparación del terreno, se hicieron cuatro camas de 180 cm de ancho y 24 metros de largo, lo anterior se hizo dentro de una estructura metálica con medidas de 30 m largo y 10 metros de ancho, la misma que estaba cubierta totalmente con malla antiafidos. El trasplante se efectuó en abril de 2014 con planta injertada procedente de la empresa Plantanova ubicada en Tuxpan, Michoacán.

### 3.3. Material Vegetal

Los materiales vegetales fueron Mirina-RZ-74.682, 74-686, 74-335, 74-684 de la empresa Rijk Zwuan sobre el portainjerto Colosus de la misma casa comercial. Se estableció la plantación a 30 cm de separación entre plantas y 180 cm entre hileras.

### **3.4. Tratamientos y Diseño Experimental**

Se obtuvieron cuatro tratamientos (T1-Mirina-RZ74.682/Colosus, T2-74-686/Colosus, T3-74-335/Colosus y T4-74-684/Colosus) con cuatro repeticiones distribuidas al azar, cada repetición tuvo diez plantas de las cuales cinco fueron etiquetadas e identificadas para su muestreo durante todo el ciclo. El cultivo se manejó bajo un sistema a dos tallos lo que nos arrojó una densidad de 37,000 tallos por ha<sup>-1</sup>. Los mismos tratamientos establecidos en las camas, también fueron trasplantados en macetas que en la los tratamientos previamente señalados (T1-Mirina-RZ-74.682/Colosus, T2-74-686/Colosus, T3-74-335/Colosus y T4-74-684/Colosus) pero con tres repeticiones y cuatro plantas por repetición con manejo de la planta a dos tallos. Como parcela útil se tomaron tres plantas para el estudio de las raíces se tomaron. A ambas partes del experimento se les aplico un análisis de varianza (ANVA) con el software SAS 9.0 bajo un de diseño bloques al azar y una prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

### **3.5. Labores Culturales**

#### **3.5.1 Variables de rendimiento y calidad**

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

- Racimos por planta: 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.
- 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: se pesaron todos los frutos obtenidos en cada cosecha utilizando una balanza digital marca Silit® con capacidad de 1 a 3500 gr.
- Diámetro polar: se hizo con un vernier digital marca caliper® colocándolo en ambos polos del fruto, considerando un fruto de tamaño intermedio a los cosechados y Diámetro ecuatorial: se realizó con un vernier digital marca caliper® colocándolo horizontalmente sobre el ecuador del fruto considerando un fruto de tamaño intermedio a los cosechados.

La variable contenido de licopeno fue evaluada mediante espectrofotometría (Fish *et al.*, 2002) y se calculó el contenido de licopeno con la fórmula:

$$\text{licopeno } (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}) = A_{502} \cdot [1/320] \cdot 4$$

La determinación del 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:

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



## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Análisis De Variables Agronómicas**

#### **4.1.1. Racimos por Planta**

En la variable racimos por planta se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), indicando que en la capacidad productiva de racimos de las variedades bajo estudio hay grandes diferencias. Además al realizar la prueba de comparación de medias se encontró que el híbrido 74-335/Colosus fue el que presento la mayor cantidad de racimos, aunque fue estadísticamente igual al híbrido 74-686/Colosus, se encontró que el híbrido 74-335 sobre el patrón Colosus tuvo un 20.7% mayor numero de racimos que el tratamiento 74-684/Colosus, indicando que 74-335 tiene mejor comportamiento que el resto de los híbridos bajo estudio (Figura 1).

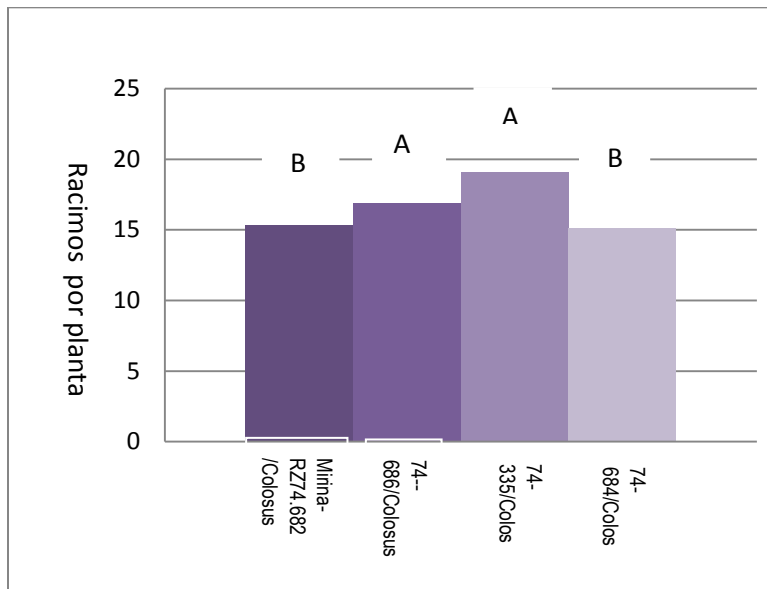


Figura 1. Comparación de medias, para de racimos por planta en híbridos de tomate, injertados sobre el patrón Colosus.

#### 4.1.2. Frutos por planta

En esta variable también se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), por lo tanto se procedió a realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, encontrando el híbrido 74-335 fue el que presentó la mayor cantidad de frutos por planta (68.65 frutos), superando estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) al híbrido 74-686 que fue el híbrido con el segundo valor más alto y al cual superó en 23.47% (Figura 2) el híbrido con el menor número de frutos por planta fue el 74-684 y éste fue superado por el primero en 62.48%, resultados similares fueron reportados por Kacjan y Osvald (2004), quienes reportaron un alto número de frutos en plantas injertadas de la variedad Monroe sobre Beaufort.

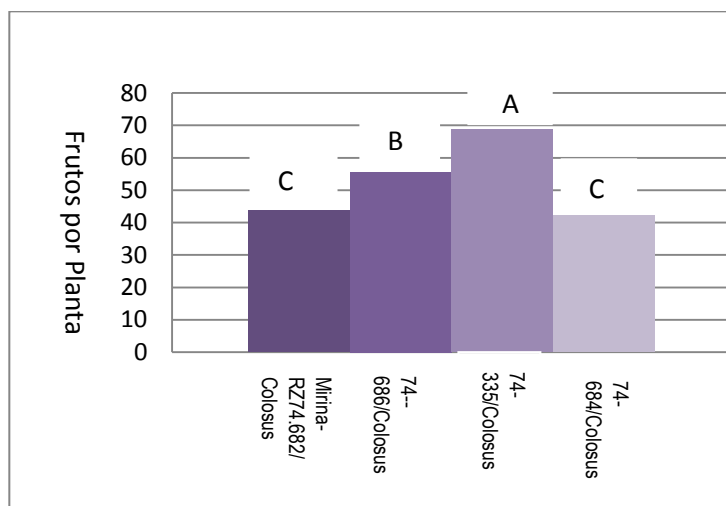


Figura 2. Comparación de medias para la variable frutos por planta, para híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus, desarrollados en General Cepeda Coahuila, en el 2014.

#### 4.1.3. Peso Total de Fruto

El ANVA realizado a ésta variable indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos, esto indica que en el ambiente bajo estudio los híbridos presentan el mismo potencial para PTF, aunque Khah, *et al.* (2006), encontraron mayores rendimientos en experimentos en invernadero y campo abierto usando dos porta injertos (Heman y Primavera), donde los rendimientos fueron superiores al testigo en 32.5% y 12.8% en invernadero y 11.0% y 11.1% en campo abierto, respectivamente. Fernández-García *et al.* (2004) en tomate han reportado incrementos en rendimiento, por efecto del portainjerto. Aunque en el presente caso el híbrido 74-335 tuvo un rendimiento 23.41% superior al híbrido 74-684 y no hubo diferencias significativas, ésta diferencia equivale a poco mas de 33 t·ha<sup>-1</sup>, lo cual económicamente es importante. Aunque en el presente experimento pudo existir un incremento mayor en el rendimiento si se ubiesen

comparados los cuatro híbridos con sus propios sistemas radiculares, la diferencia en rendimiento antes mencionada coincide con Dieleman y Heuvelik (2005), quiénes reportaron rendimientos entre un 5 a 15% a favor de las plantas injertadas.

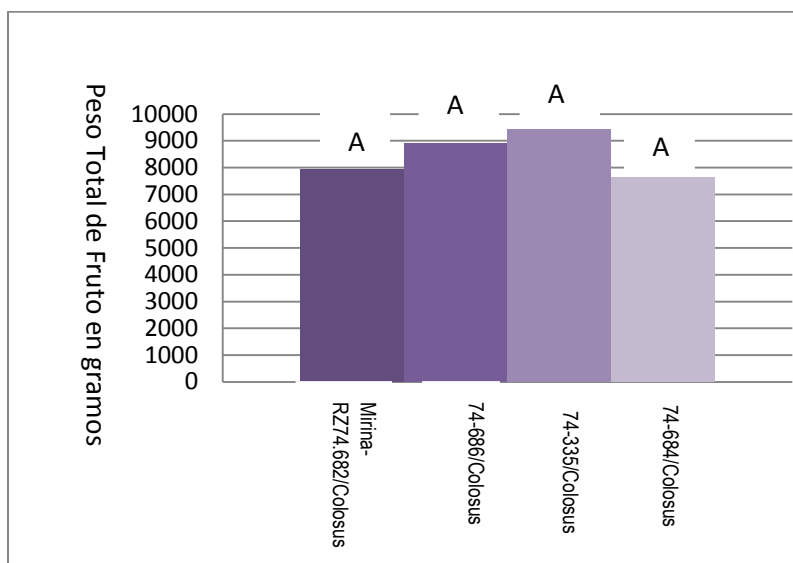


Figura 3. Comparación de medias para la variable peso total de frutos, en híbridos de tomate injertados sobre el cv. Colosus, en General Cepeda Coahuila.

#### 4.1.4. Diámetro Polar de Fruto

La figura 4 muestra que el híbrido Mirina-RZ-74.682 fue estadísticamente superior al híbrido 74-335, ya que el primero supero al segundo en un 13%, en éste sentido Godoy *et al.* (2009) encontraron una mayor proporción de fruta grande en las plantas injertadas, comparadas con las no injertadas, esta diferencia la explicaron, indicando que las plantas injertadas mostraron un mayor vigor al final del ciclo, lo que tuvo como consecuencia un mayor tamaño de frutos. Es importante señalar que en éste caso más que la influencia del patrón es el

potencial genético de la variedad a menos que exista en el patrón Colosus mayor compatibilidad con el híbrido Mirina-RZ-74.682 que con el híbrido 74-335. En éste sentido también Davis, *et al.* (2008) mencionan que el tamaño del fruto puede ser afectado por el porta injerto en plantas injertadas.

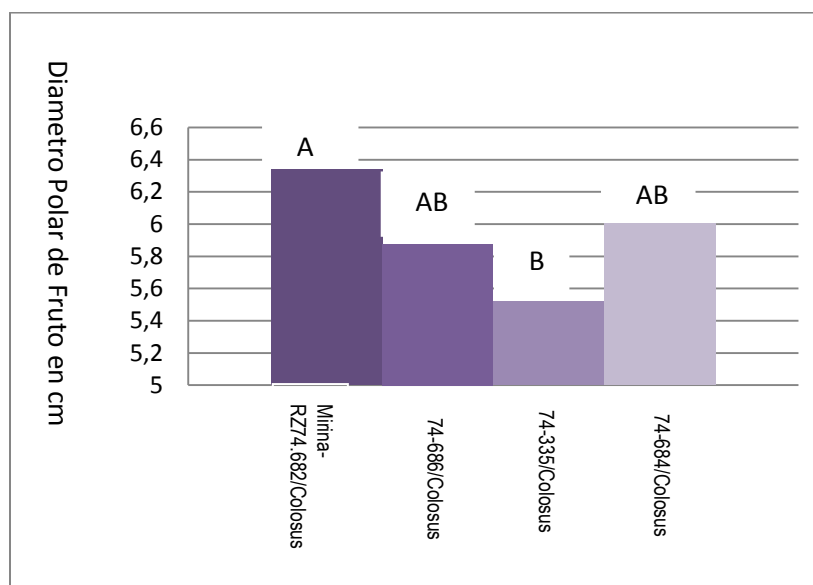


Figura 4. Comparación de medias para la variable diámetro polar de de fruto, en híbridos de tomate injertados sobre el cv. Colosus, en General Cepeda Coahuila.

#### 4.1.5. Diámetro Ecuatorial de Fruto

El ANVA aplicado a ésta variable muestra que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo cual se observa en la figura 5, indicando que aunque hubo frutos de mayor tamaño polar todos los frutos fueron estadísticamente iguales, por lo tanto no se tuvieron frutos mas alargados que otros, ya que esta es una de las variables que definen la forma del fruto por su parte Pogonyi *et al.* (2005) encontraron mayores rendimientos en las plantas

injertadas en el patrón Beaufort y explicaron este éstos rendimientos fueron consecuencia de haber logrado mayor tamaño de fruto.

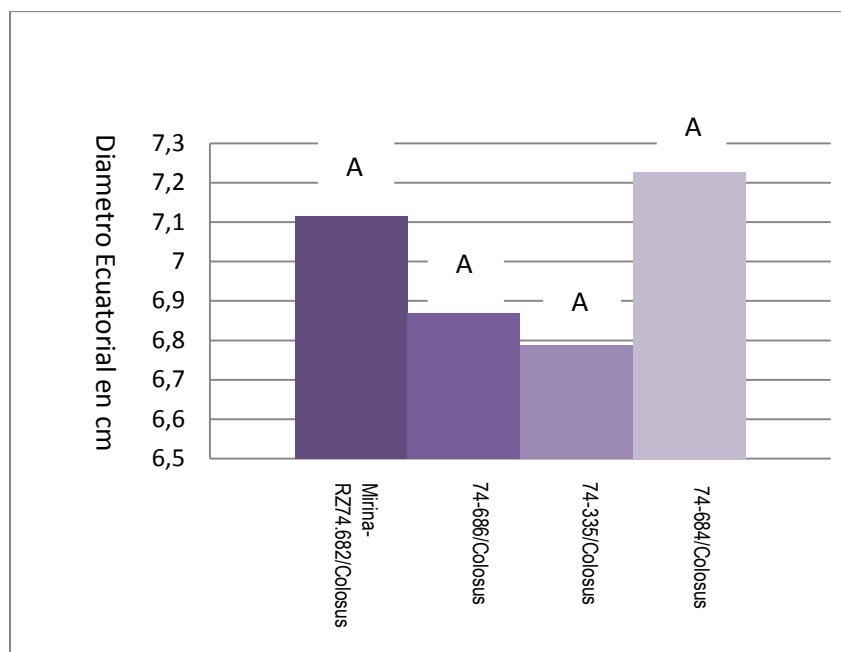


Figura 5. Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

## 4.2. Análisis de Variables de Calidad Nutraceutica

### 4.2.1. Contenido de Licopeno en $\mu\text{g/g}$

El análisis estadístico exhibió diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos, y se puede apreciar como la combinación del híbrido 74-335 con el patrón Colosus fue la que presentó el mayor contenido de licopeno, aunque fue estadísticamente igual al híbrido 74-684, sin embargo el 74-335 superó en más de 550% al valor observado en el híbrido Mirina RZ-74-682, que fue el que presentó el valor más bajo. Guiellen y Lopez (2005) indican que la variedad Girona con

injerto e hidroponía tuvieron altos valores de licopeno. Estos resultados vienen a confirmar que los injertos no solo son buenos para controlar plagas e infecciones ya sea por nematodos bacterias, virus y hongos sino que también le proporciona a la planta más vigor y mejores propiedades nutraceuticos.

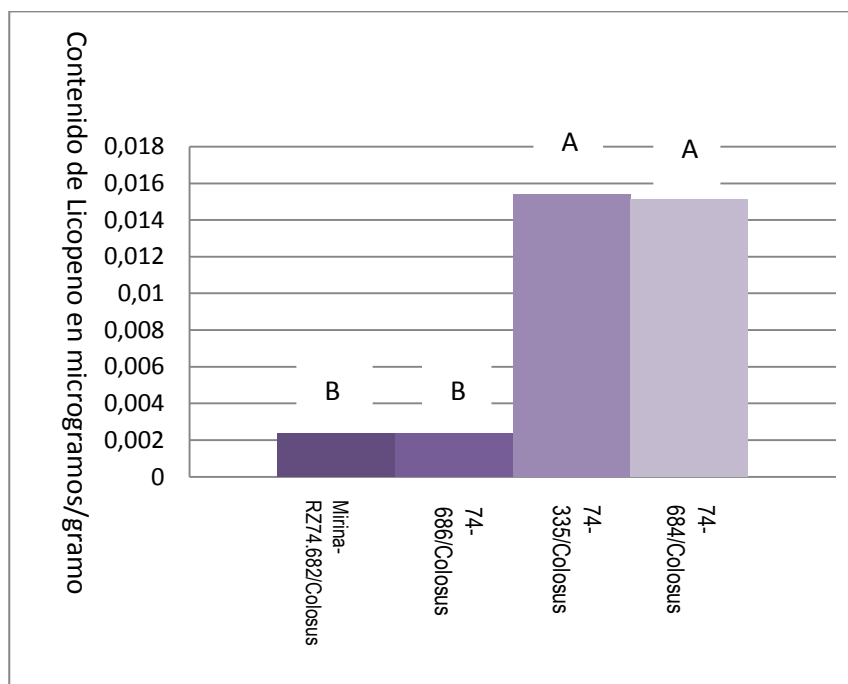


Figura 6. Comparación de medias para la variable contenido de licopeno de fruto en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

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

En el caso de esta variable se puede apreciar en la figura 7 que no existe diferencia alguna entre las diferentes combinaciones del patrón colosus con los 4 híbridos respectivos, ya que al realizar la comparación de medias respectiva, muestra claramente que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. A diferencia de lo señalado Endara y Víctor (2011), quienes encontraron que al cultivar con injerto se obtuvo mayor contenido de sólidos solubles, vitamina A y C,

entre otras características y que además se tuvo un mejor comportamiento durante el almacenamiento bajo las dos condiciones diferentes.

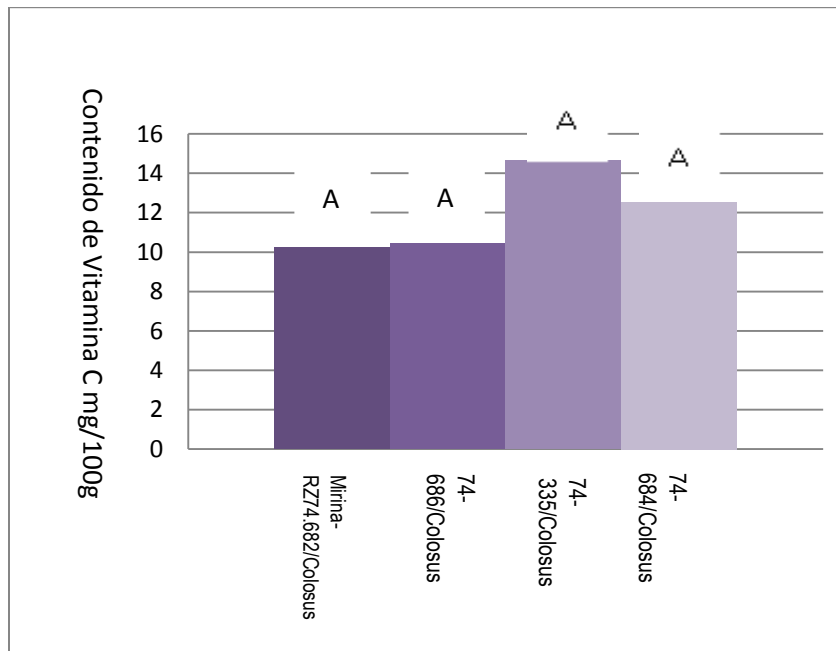


Figura 7. Comparación de medias para la variable contenido de vitamina C de fruto en híbridos de tomate injertados sobre el patrón Colosus.

### 4.3. Análisis de raíz

#### 4.3.1. Masa y Distribución Radical

La figura 8 muestra que el área radicular del patrón es muy profunda y extensa, y también se observa como la mayoría de la masa radicular se encuentra en los primeros 15 cm que son las raicillas absorbentes las cuales aprovechan de manera más eficiente los nutrimentos y el agua para mejor transporte y asimilación. Además es importante aclarar que no existieron diferencias significativas entre los diferentes híbridos injertados con el mismo patrón por lo



que solo se presentó esta grafica para representar la distribución de la masa radicular del patrón.

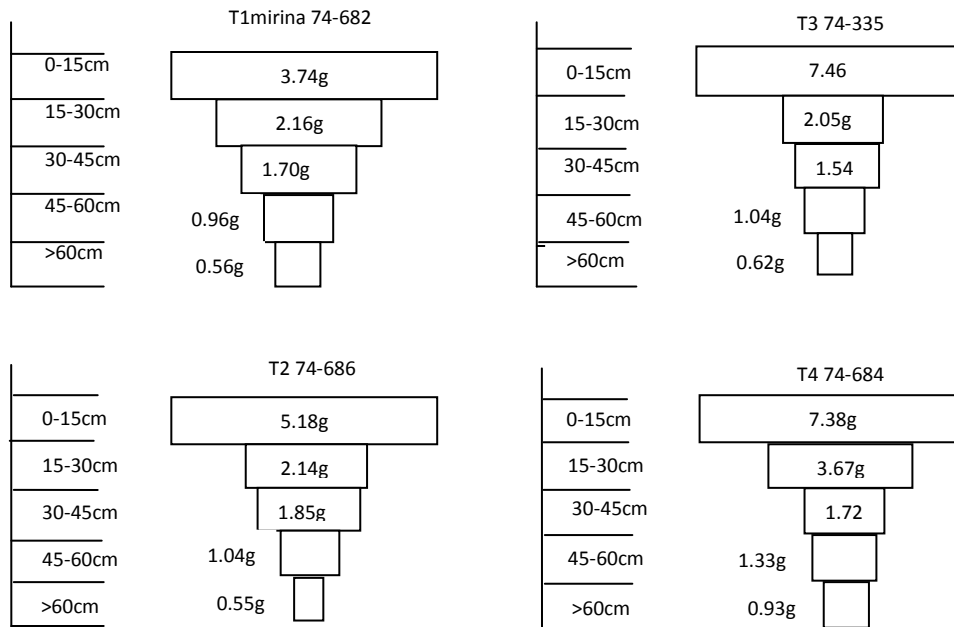


Figura 8. Distribución de la masa de raíz del portainjertos Colosus con cuatro diferentes híbridos como injertos.

## V. CONCLUSIONES

- La combinación del patrón Colosus con los 4 diferentes híbridos no tuvo diferencia significativa en cuanto al rendimiento de fruto.
- El tamaño de fruto si se vio afectado ya que presento diferencias significativas donde el híbrido Mirina-RZ-74.682 fue estadísticamente el que mostro el tamaño más grande ya que en caso del diámetro ecuatorial no hubo significancia.
- El híbrido 74-335, fue el que presento el mayor número de frutos y por lo tanto se considera que fue el híbrido con los frutos más pequeños al no haber diferencia estadística en cuanto al rendimiento.
- Los híbridos 74-335 al igual que el 74-684 fueron los que tuvieron el mayor valor nutraceutico, ya que tuvieron los mayores contenidos de licopeno.
- Mi punto de vista personal es que el uso de portainjertos no es muy recomendable cuando se quiere aumentar la producción en condiciones de suelos sin problemas, además que antes de usar una planta injertada debe hacer la elección adecuada tanto del portainjerto como de la parte superior para tener la mejor compatibilidad y de esta manera explotar al máximo su potencial genético.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abdelmageed, A. H. and N. Gruda. 2009. Influence of grafting on growth, development and some physiological parameters of tomatoes under controlled heat stress conditions. *Eur. J. Hortic. Sci.* 74: 16–20.
- 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.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Madrid, España; México, D.F. Ediciones Mundi-Prensa. pp: 25-35
- Chen, G.X., X.P. Fu, S.H. Lips and M. Sagi. 2003. Control of plant growth resides in the shoot, and not in the root, in reciprocal grafts of flacca and wild-type tomato 86 (*Lycopersicon esculentum*), in the presence and absence of salinity stress. *Plant Soil* 256: 205 -215.
- Colla, G., Y. Roupael, M. Cardarelli, O. Temperini, E. Rea, A. Salerno, and F. Pierandrei. 2008. Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum*, L.) grown under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 782:359-363.
- Corporación de fomento de la producción-universidad católica de Chile. 1986. Monografías hortícolas. Tomate, arveja, brócoli, zanahoria. Santiago, PUC-CORFO. 99p.
- 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.
- Dieleman, A. and E. Heuvelink. 2005. Gebruik van onderstammen bij vruchtgroenten. *Plant Res. Inter.* 367: 1-37.
- Edelstein, M., M. Ben-Hur, R. Cohen, Y. Burger and I. Ravina. 2005. Boron and salinity effects on grafted and non-grafted melon plants. *Plant Soil.* 269: 273–284.
- Fernández-García, N., V. Martínez and M. Carvajal. 2004c. Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 616–622.
- FISH, W. W.; PERKINS, P.; COLLINS, J. K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal Food Composites Annals* 15(3): 309–317.
- Flowers, T.J. and T.D. Colmer. 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytol.* 179: 945–963.
- Giovanucci E, Ascherio A, Rimm E.B. 1995. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J Nad Cancer Inst.* 87:1767-1776.
- 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.

- Guillen, R., & López, H. (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.
- Hansch, R. and R. R. Mendel. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Curr. Opin. Plant Biol.* 12: 259–266.
- Hartmann, H., D. Kester, R. Geneve. 2002. *Plant propagation, principles and practices*. 7th ed. Prentice Hall. NJ, USA. pp 411-460.
- He, Y., Z.J. Zhu, J. Yang, X.L. Ni, and B. Zhu. 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environ. Exp. Bot.* 66: 270–278.
- Heo, Y.C., 1991. Effects of rootstocks on exudation and mineral elements contents in different parts of Oriental melon and cucumber (in Korean with English summary). M. S. Thesis, Kyung Hee University, Seoul, South Korea, p. 53.
- Hunziker, A. T. (1979). South American Solanaceae: a synoptic survey. In: <>: 4985.
- J. N. M. Von Haeff, (1983). *Manuales para Educación Agropecuaria, Área: Producción Vegetal* (16), 1ª Edición, Editorial Trillas, D. F., México: 9-53.
- Jang, K.U., 1992. Utilization of Sap and Fruit Juice of *Luffa cylindrica* L. Res. Rpt. Korean Ginseng and Tobacco Institute, Taejon, South Korea, 116 p.
- Jiménez-Borjas, J. 2009. Manejo integral del cultivo de tomate en Invernadero. Ed. Universidad UNIVER del Pacífico NUEVA HORTITEC FERTRI Invernaderos y Casas sombras. Primera Edición.

- Johkan, M., K. Mitukuri, S. Yamasaki, G. Mori y M. Oda. 2009. Causes of defoliation and low survival rate of grafted sweet pepper plants. *Sci. Hortic.* 119: 103–107.
- Kakava, E. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato en greenhouse and open-field. *Journal of applied horticulture.* 8(1): 3-7.
- Kacjan-Marsic N., and J. Osvald. 2004. The influence of grafting of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta Agriculturae Slovenica.* 83(2):243-249.
- 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.
- Kawaguchi, M., A. Taji, D. Backhouse, M. Oda. 2008. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 83: 581–588.
- Kubota, C., M. McClure, N. Kokalis, M. Bausher y E. Rosskopf. 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. 1994. Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status, Grafting Methods, and Benefits *HortScience.* 29: 235 - 239.
- Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28: 61-124.

- León-Gallegos, H. 2006, Manual para el Cultivo de Tomate en Invernadero. pp. 110-115 2da. Ed.
- Maroto, J. 1994. Horticultura Herbácea Especial. 4<sup>a</sup>. ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 611 p.
- Martínez-Rodríguez, M.M., M.T. Estañ, E. Moyano, J.O. García-Abellán, F.B. Flores, J.F. Campos, M.J. Al-Azzawi, T.J. Flowers and M.C. Bolarín. 2008. The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an 'excluder' genotype is used as scion. *Environ. Exp. Bot.* 63: 392–401.
- 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.
- Nuez F., A. Rodríguez, J. Tello, J. Cuartero, B. Segura. 1995. El cultivo del tomate. España: Mundi Prensa, 125p.
- PADAYATT, S. J.; DARUWALA, R.; WANG, Y.; ECK, P. K.; SONG, J.; KOH, W. S.; LEVINE, M. 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.
- Pogonyi, A., Z. Pek, L. Helyes, and A.Lugas. 2005. Effect of grafting on the tomato's yield, and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria* 34:453-462.
- Pulgar, G., G. Villora, D.A. Moreno and L. Romero. 2000. Improving the mineral nutrition in grafted melon plants: nitrogen metabolism. *Biol. Plant.* 43: 607–609.

Revelo Endara, V. H. (2011). Evaluación de la calidad poscosecha en genotipos mejorados e injertos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav). Pp

Rick, C. M. (1986). Genetics and Breeding. En <>: 35-109.

Rivero R. M., J. M. Ruiz, and L. Romero 2003c. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. Food, Agriculture, & Environment 1:70-74.

Rodríguez R., J. M. Tabares, J.A. Medina. 1984. El cultivo moderno del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. 552p.

Rouphael, Y., M. Cardarelli, E. Reab and G. Colla. 2008. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. Environ. Exp. Bot. 63: 49–58.

Ruiz, J. M., A. Belakbir, I. López-Cantarero and L. Romero. 1997. Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants: A model to evaluate the influence of rootstock genotype. Sci. Hort. 71:227-234.

Ruiz, J. M., A. Belakbir, and L. Romero. 1996. Foliar level of phosphorus and itbioindicators in *Cucumis melo* grafted plants: A possible effect of rootstocks. J Physiol. 149:400-404.

Ruiz, J.M. and L. Romero. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. Sci. Hortic. 81: 113–123.

Sagarpa 2010 <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>

Santa-Cruz, A., M. M. Martinez-Rodriguez, F. Perez-Alfocea, R. Romero-Aranda and M. C. Bolarin. 2002. The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. Plant Sci. 162: 825–831.



- Savvas, D., D. Papastavrou, G. Ntatsi, A. Ropokis, C. Olympus, H. Hartmann, and D. Schwarz. 2009. Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *HortScience* 44:1978-1982.
- Sivasankar, S. and A. Oaks. 1996. Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light. *Plant Physiol. Biochem.* 34: 609–620.
- Stamps RH (2009). Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience* 44: 239-241.
- Tagliavani, M., D. Bassi and B. Marangoni. 1993. Growth and mineral nutrition of pear rootstocks in lime soils. *Sci. Hortic.* 54: 13–22.
- Tanny J., M. Teitel, M. M. Barak. 2008: Effect of height on screenhouse microclimate preceedings of the international symposium on high technology for greenhouse system management Naples, Italy. *Acta Horticulturae* 801: 107-114.
- Uygur, V. and H. Yetisir. 2009. Effects of rootstock on some growth parameters, phos- phorous and nitrogen uptake by watermelon under salt stress. *J. Plant Nutr.* 32: 629–643.
- Varga A, J.Bruinsma.1986. Tomato. In: Monselise SP, editor. *CRC Handbook of Fruit Set and Development*. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 461–480.C. Picken, editor. *Translating and the Computer 7*. Aslib, London, 1986.
- Venema, J. H., B. E. Dijk, J. M. Bax, P. R. Van Hasselt, and J. T. Elzenga. 2008. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. *Environ. Exp. Bot.* 63: 359–367.

Wang, D., Qian, L., Xiong, H., Liu, J., Neckameyer, W.S., Oldham, S., Xia, K., Wang, J., Bodmer, R., Zhang, Z. (2006). Antioxidants protect PINK1-dependent dopaminergic neurons in *Drosophila*. *Proc.Natl.Acad. Sci. U.S.A.* 103(36): 13520-13525.

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

## VII. APÉNDICE

**Apéndice 1.** Análisis de varianza para la variable numero de racimos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modelo	6	40.980	6.830	3.95	0.0324
Error	9	15.570	1.730		
Total	15	56.550			
C.V = 7.911					

**Apéndice 2.** Análisis de varianza para la variable numero de frutos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modelo	6	1873.800	312.300	3.95	0.0324
Error	9	201.470	22.385	13.95	0.0004
Total	15	2075.270			
C.V = 8.999					

**Apéndice 3.** Análisis de varianza para la variable peso total de frutos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modelo	6	19033010.56	3172168.43	3.72	0.0385
Error	9	7682587.06	853620.78		
Total	15	26715597.62			
C.V = 10.909					

**Apéndice 4.** Análisis de varianza para la variable diámetro polar del fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modelo	6	1.579	0.263	3.33	0.0517
Error	9	0.711	0.079		
Total	15	2.289			
C.V = 4.735					

**Apéndice 5.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modelo	6	0.795	0.132	1.45	0.2948
Error	9	0.821	0.091		
Total	15	1.616			
C.V = 4.314					

**Apéndice 6.** Análisis de varianza para la variable contenido de licopeno en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modelo	5	0.00050044	0.00010009	159.93	<.0001
Error	6	0.00000376	0.00000063		
Total	11	0.00050419			
C.V = 8.979					

**Apéndice 7.** Análisis de varianza para la variable contenido de vitamina C en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	40.627	8.125	2.93	2.93
Error	6	16.658	2.776		
Total	11	57.285			
C.V = 13.917					

**Apéndice 8.** Comparación de medias para la variable numero de racimos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento Tukey	Racimos/planta	Tratamiento
A	19.1000	3
AB	16.9000	2
B	15.3500	1
B	15.1500	4

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

**Apéndice 9.** Comparación de medias para la variable numero de frutos por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento tukey	Frutos/planta	Tratamiento
A	68.650	3
B	55.600	2
C	43.800	1
C	42.250	4

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

**Apéndice 10.** Comparación de medias para la variable peso total de fruto por planta, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento tukey	Peso total de fruto/planta	Tratamiento
A	9431.9	3
A	8881.0	2
A	7920.6	1
A	7642.4	4

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

**Apéndice 11.** Comparación de medias para la variable diámetro polar de fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento Tukey	Diámetro polar de fruto	Tratamiento
A	6.3425	1
AB	6.0025	4
AB	5.8775	2
C	5.5175	3

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

**Apéndice 12.** Comparación de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento tukey	Diámetro ecuatorial de Fruto	Tratamiento
A	7.2275	4
A	7.1150	1
A	6.8700	2
A	6.7875	3

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

**Apéndice 13.** Comparación de medias para la variable contenido de licopeno en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento tukey	$\mu\text{g/gr}$	Tratamiento
A	0.0153767	3
A	0.0151267	4
B	0.0023767	1
B	0.0023633	2

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

**Apéndice 14.** Comparación de medias para la variable contenido de vitamina C en el fruto, para 4 diferentes variedades tratadas con un mismo portainjerto.

Agrupamiento tukey	$\text{g}/100\text{g}$	Tratamiento
A	14.652	3
A	12.540	4
A	10.441	2
A	10.256	1

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