

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



El uso de Rizobacterias en la Producción de Tomate Injertado y Desarrollado en Invernadero

Por:

**JESÚS OMAR GARDUÑO ZACARÍAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

El uso de Rizobacterias en la Producción de Tomate Injertado y Desarrollado en  
Invernadero

Por:

**JESÚS OMAR GARDUÑO ZACARÍAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

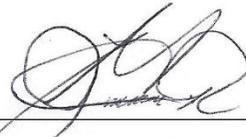
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal



Ing. César Daniel García Barradas  
Coasesor



Dra. Francisca Ramírez Godina  
Coasesor



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



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2019.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por otorgarme iluminación y salud a lo largo de mi vida, a si también darme el privilegio de concluir satisfactoriamente mi carrera universitaria.

Para la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme la oportunidad de pertenecer a ella, forjándome como un exente profesionista para enfrentar las diversas que se presentan en el campo laboral.

Para mis **profesores**, por compartir todos sus conocimientos, consejos y tener la paciencia necesaria para resolver dudas.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres**: por haberme dado la oportunidad y confianza para realizar este trabajo de investigación, además del apoyo y tiempo otorgado para mi formación profesional.

Al **Ing. César Daniel García Barradas**: por brindarme su apoyo y conocimiento durante el desarrollo de la investigación. A si como su amistad

A la **Dra. Francisca Ramírez Godina**: por tomarse el tiempo para formar parte de la investigación.

**Mc. Héctor Uriel Serna Fernández**, por darme su apoyo y consejos durante toda mi formación académica.

A mis **amigos**: Maximiliano López López, Bianca García Martínez, Zairy Ortega Che, Yazmín Martínez Martínez, Ivan Cuevas Julio, Martin Francisco Rocha, Marco Antonio Aguirre Vera, Osvaldo Alcántara Nazario, Adín Hernández Guillén, Jesús Alfredo Aguilar Santana, Cruzy Estrella Moreno Solano, Jesús Santiago Márquez

Segundo , Carlos Emanuel Vásquez Arrellano , Jesús Ruiz Escobar, Mario Martin Rodríguez Aguilar, Leonel Guadalupe Salinas Cortez, Cesar Alonso Gutiérrez Mojica, Francisco De Anda Rosales, Juan Fernando García García, Mario Escamilla Salvador, José Alfredo Guadarrama Guadarrama, Luis Armando Moreno Ibarra, por haber compartido esta etapa de mi vida.

## DEDICATORIAS

A mis padres: **Héctor Garduño Consuelo** y **Dolores Zacarías Benhumea**.

Quienes con su confianza, cariño y apoyo sin escatimar esfuerzo alguno, me han convertido en la persona de provecho, ayudándome al logro de una meta más; mi carrera profesional. Por compartir tristezas, alegrías, éxitos y fracasos, por todos los detalles que me han brindado durante toda mi vida muchas gracias.

A mis **Hermanos**: Octavio Garduño Zacarías, Hugo Osvaldo Garduño Zacarías y Sonia Garduño Reyes, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, los consejos y motivación para seguir adelante.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	VIII
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen del cultivo .....	4
2.2. Importancia en México y a Nivel Mundial.....	4
2.3. El Injerto .....	5
2.3.1. Origen e Historia del Injerto .....	6
2.3.1. Tipos de Injerto.....	7
2.3.2. Propósitos del Injerto en Hortalizas .....	10
2.3.3. Beneficios del Injerto .....	12
2.3.4. Condiciones Climáticas para Hacer los Injertos .....	13
2.3.5. Manejo de los Injertos y factores que Inciden en la unión del Injerto.....	13
2.4. El injerto en frutales .....	15
2.5. El injerto en Hortalizas .....	16
2.5. El injerto en el Cultivo de Tomate .....	18
2.6. Limitaciones y retos del injerto en tomate.....	19
2.6.1. Costos .....	20
2.6.2. Incompatibilidad .....	22
2.6.3. Resistencia incompleta .....	22
2.6.4. Efecto de los patrones sobre la calidad de la fruta .....	23
2.6.5. Retraso de la primera cosecha.....	23
2.7. Perspectivas de los Injertos en Tomate .....	24
2.8. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal.....	25
2.8.1. Mecanismos empleados por las RPCV .....	27

2.8.2. Ventajas y desventajas de las RPCV .....	28
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Localización de experimento.....	31
3.2. Material vegetal .....	31
3.3. Formación de los Injertos .....	32
3.4. Establecimiento del cultivo .....	33
3.5. Manejo agronómico del cultivo .....	35
3.6. Diseño de tratamientos y análisis estadístico .....	36
3.6. Variables evaluadas .....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. LITERATURA CITADA .....	47

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Factores climáticos durante el período de soldadura y aclimatación del injerto (López, 2015).....	13
<b>Cuadro 2.</b> Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, efectos y cultivos donde se han evaluado.....	28
<b>Cuadro 3.</b> Insecticidas utilizados.....	35
<b>Cuadro 4.</b> Fungicidas y bactericidas utilizados.....	36
<b>Cuadro 5.</b> Descripción de tratamientos .....	37
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias de variables agronómicas en el cultivo de tomate con portainjertos y rizobacterias.....	44
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias para variables de calidad de fruto.....	45

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Tipos de injerto en hortalizas. ABC: injerto de empalme; DEF: injerto de hendidura; GHI: injerto de aproximación.....	10
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo del proceso para la producción de tomate injertado .....	21
<b>Figura 3.</b> Elaboración de injertos.....	33
<b>Figura 4.</b> Establecimiento del cultivo .....	34
<b>Figura 5.</b> Comparación de medias para la variable rendimiento por hectárea....	39
<b>Figura 6.</b> Comparación de medias para la variable peso promedio de fruto en el cultivo de tomate injertado.....	39
<b>Figura 7.</b> Comparación de medias para la variable diámetro de tallo en el cultivo de tomate injertado y desarrollado en invernadero.....	40

## RESUMEN

En la producción de hortalizas se han desarrollado nuevas técnicas para incrementar el rendimiento y calidad de fruto, haciendo un uso óptimo de los insumos y recursos y reducción de los costos de producción. Actualmente la técnica del injerto ha contribuido significativamente al incremento del rendimiento y calidad del fruto. Otra alternativa de gran importancia es el uso de PGPR, principalmente los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* los cuales son capaces de estimular el crecimiento de las plantas. El objetivo de este trabajo fue estudiar la eficiencia del injerto y rizobacterias en la producción de tomate bajo invernadero. El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en un invernadero de baja tecnología. Los tratamientos consistieron en la combinación de 2 portainjertos y 2 híbridos de tomate y el uso de rizobacterias (*Azospirillum* y *Azotobacter*). El uso del injerto modificó la biomasa con incrementos significativos, lo cual también impactó positivamente en el rendimiento, al utilizar la combinación del porta injerto Silex con el híbrido Pai pai, se obtuvo un rendimiento de 353.65 ton<sup>-1</sup> ha, esto puede deberse a la mejora en la absorción de minerales por el portainjerto y además se mantiene el calibre de fruto al final de la producción.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum* L., Agricultura protegida, Injerto, Desarrollo radicular, PGPR.

## I. INTRODUCCIÓN

México es el principal proveedor de tomate a nivel mundial con una participación en el mercado internacional de 25.11% del valor de las exportaciones mundiales (SAGARPA, 2017). Para el 2017, la producción nacional de tomate fue del 56.3 %, siendo los principales estados productores Sinaloa 27.0 %, San Luis Potosí 9.8 %, Michoacán 7.3 %, Jalisco 6.3 %, y Zacatecas con 5.6 %. El estado de San Luis Potosí, registró un aumento en la producción con una tasa promedio anual de 11.0 % entre los años 2007 y 2017 (FIRA, 2019).

Para el año 2018, la producción anual de tomate en México fue de alrededor de 3.78 millones de toneladas (SIAP, 2019). Mientras que la producción mundial de tomate en el año 2017, tuvo un máximo histórico de 182.3 millones de toneladas, donde el 61.0 % de la producción se concentró en cinco países, dentro de los cuales China tuvo el 32.6 %, India 11.4 %, Turquía 7.0 %, Estados Unidos 6.0 % y Egipto 4.0 %. México se colocó en la novena posición con una participación en la producción de 2.3 % (FIRA, 2019).

Hoy en día, la agricultura moderna enfrenta nuevos desafíos para lograr mayores rendimientos de los cultivos y reducir los impactos sobre el ambiente. También para generar mayores rendimientos se han incrementado las dosis de fertilizantes, los cuales pueden provocar contaminación, daños a la salud y pérdida de la fertilidad de los suelos, convirtiéndose en una de las

preocupaciones más importantes en la producción agrícola (Moreno-Reséndez *et al.*, 2016).

Actualmente existen diversas limitantes para la producción de tomate, como altos contenidos de sales, presencia de patógenos, falta de agua, costos elevados de producción, entre otros. Así que se han desarrollado diversas alternativas que contribuyen a incrementar el rendimiento y la calidad del fruto, una de ellas es el uso del injerto, el cual se ha implementado en varios países, como una alternativa para el control de las enfermedades del suelo y los nematodos; además de inducir tolerancia a estrés por factores abióticos que representan una limitante en la producción de tomate (Velasco-Alvarado *et al.*, 2016).

Otra alternativa de gran importancia es el uso de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), debido a que son capaces de estimular el crecimiento de las plantas (Leos-Escobedo *et al.*, 2018). También el empleo de las RPCV como biofertilizantes son una opción bastante sustentable que favorece la disponibilidad de los elementos nutritivos, el crecimiento de las plantas y los rendimientos (Zahid *et al.*, 2015). Cabe mencionar que las RPCV también ejercen efectos benéficos en las plantas, a través de mecanismos directos e indirectos, o una combinación de ambos (Egamberdieva *et al.*, 2016).

Es por ello que la presente investigación, se realizó con el objetivo de generar información sobre los beneficios que brinda la utilización de portainjertos y la

aplicación de RPCV en el cultivo de tomate. D tal manera que, los productores dispongan de nuevas técnicas de producción que les permita conocer las ventajas y desventajas al utilizar estas técnicas de producción.

### **Objetivo general**

Evaluar la eficiencia del portainjerto y rizobacterias en la producción de tomate bajo condiciones de invernadero.

### **Objetivos específicos**

Determinar qué influencia tienen diferentes portainjertos en la productividad del cultivo de tomate y concluir cual combinación resulta más eficiente.

Evaluar la efectividad de la inoculación de rizobacterias sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate.

### **Hipótesis**

El uso de injertos incrementará el rendimiento y calidad de frutos.

El uso de rizobacterias favorecerá el desarrollo y distribución de raíz en híbridos de tomate injertados.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen del cultivo

El tomate, es conocido en algunas regiones de México como 'jitomate', y las plantas más relacionadas con él tienen su centro de origen en los Andes, que comprenden a Perú, Ecuador y Chile (Peralta y Spooner, 2000). El lugar de domesticación fue el sur de México y el norte de Guatemala donde se tiene mayor grado varietal de la planta (CATIE, 1990). El tomate también es considerado como uno de los cultivos hortícolas más importantes y legado de México para el mundo, debido a su facilidad para combinarse bien con una amplia variedad de alimentos (PROFECO, 2017).

### 2.2. Importancia en México y a Nivel Mundial

El tomate es uno de los productos agrícolas con mayor valor económico a nivel mundial. México se ha consolidado como el primer exportador de tomate, ya que la producción de esta hortaliza en el país asciende a una producción de 3,349,154.20 toneladas con un valor de producción de \$ 23,871,403.99, en una superficie de 42,882.43 hectáreas. En el país existen distintas variedades de tomate rojo, entre las más importantes se encuentran el cherry, el saladette, tipo pera, bola (beef) y bola grande (SIAP, 2016).

En México la producción hortícola bajo condiciones protegidas, ha presentado un crecimiento considerable, en México para el año 2003 se

cultivaban 950 Ha, sin embargo para el año 2018 la superficie cultivada fue de 49,415.72 Ha (SIAP, 2019), de ésta superficie cultivada el 70% producen tomate generando oferta del producto durante todo el año. Sin embargo, la mayoría de la producción se exporta a Estados Unidos, Canadá y a algunos países europeos, en base en los altos estándares de calidad e inocuidad que han alcanzado los productores mexicanos (SAGARPA, 2018).

De acuerdo con datos presentados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), a lo largo del 2018, México produjo cerca de 3.78 millones de toneladas de tomate, con un valor de \$31.15 millones de pesos (SIAP, 2019).

México es el principal exportador de tomate fresco a nivel mundial, siendo Estados Unidos, Canadá y algunos países de Europa los principales consumidores; con lo cual las exportaciones ascienden a poco más de 20 mil millones de pesos. El país exporta alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales, que representan entre el 50 % y 70 % del volumen total de la producción, y tiene una participación del 25.11 % de las exportaciones a nivel mundial (SAGARPA, 2017).

### **2.3. El Injerto**

El injerto es el arte de unir dos piezas de tejido vivo de un determinado tipo de plantas, de tal forma que se junten y luego crezcan, y se desarrollen como una sola planta. El Injerto es una técnica de propagación asexual o

vegetativa artificial que permite unir dos partes vegetales, una el patrón que, por medio de su sistema radical, y eventualmente de una parte del tallo, suministra los elementos necesarios para el crecimiento de la nueva planta, por otro lado el injerto (variedad), la cual aportará las características del vegetal a multiplicar (Hartmann *et al.*, 2002).

### **2.3.1. Origen e Historia del Injerto**

El injerto es un método de propagación que consiste en unir una parte de una planta a otra que ya está establecida. El resultado es un individuo autónomo formado por dos plantas y variedades. La planta injertada está constituida por un portainjerto que es la planta que recibe a la porción de tejido llamada injerto. El portainjerto generalmente no tiene valor agronómico, pero genéticamente contiene genes de resistencia o tolerancia a estrés biótico (King *et al.*, 2010) o abiótico (Zhao *et al.*, 2011). La otra parte es el injerto o variedad comercial que es una porción de tallo o yema que se fija al portainjerto para que se desarrollen ramas, hojas, flores y frutos (Hartmann *et al.*, 1997).

El injerto tuvo sus inicios en Asia durante la década de 1920 en sandía, en países como Japón y Corea, actualmente este método ha ido en aumento en todo el mundo (Sakata *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010). Recientemente, en cultivos como la sandía, melón, pepino, tomate entre otros, son comúnmente injertados con patrones resistentes a patógenos del suelo (Sakata *et al.*, 2008). Originalmente el propósito de la técnica de injerto en cultivos hortícolas era evadir las enfermedades causadas por los patógenos del suelo (Louws *et al.*, 2010).

Actualmente se utiliza para evitar problemas de estrés abiótico, incrementar rendimientos y calidad de fruto, extender tiempo de cosecha de los cultivos así como para reducir las aplicaciones agroquímicas (Colla *et al.*, 2010; Schwarz *et al.*, 2010), En este sentido Chew *et al.*, (2012) señalan que, con el uso de injertos en tomate, el rendimiento se incrementa hasta un 35 %, mientras que Öztekin *et al.*, (2007) reporta incrementos de hasta el 47.5 %.

### **2.3.1. Tipos de Injerto**

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

#### **2.3.1.1. Injerto de empalme**

Este es uno de los métodos más sencillos y utilizados en tomate a nivel comercial. El diámetro de tallo recomendado para este método es 1.4 a 2.2 mm, que se alcanza entre 25 y 28 días después de la siembra, dependiendo del material. El portainjerto e injerto deben tener el mismo diámetro para facilitar el prendimiento. Se realiza un corte inclinado en 45°, en el portainjerto puede realizarse por arriba o por debajo de los cotiledones (Figura 1 A). En el injerto se realiza un corte similar en longitud e inclinación (Figura 1 B) por arriba de los cotiledones, de preferencia se debe realizar el corte en un solo movimiento con navajas filosas como las de afeitar (Hartman y Kester, 1984). Las superficies

cortadas se colocan juntas procurando poner en contacto a las regiones del cambium, por eso es necesaria la homogenización del diámetro de los tallos. Cuando el tallo de uno de los materiales es considerablemente más grueso o delgado, las zonas del cambium no quedan alineadas, por lo tanto, se reduce el prendimiento. El portainjerto e injerto se unen con pinzas especiales de silicón para agilizar el trabajo y mejorar el porcentaje de prendimiento (Figura 1 C).

### **2.3.1.2. Injerto de Hendidura**

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

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

### **2.2.1.3. Injerto de aproximación**

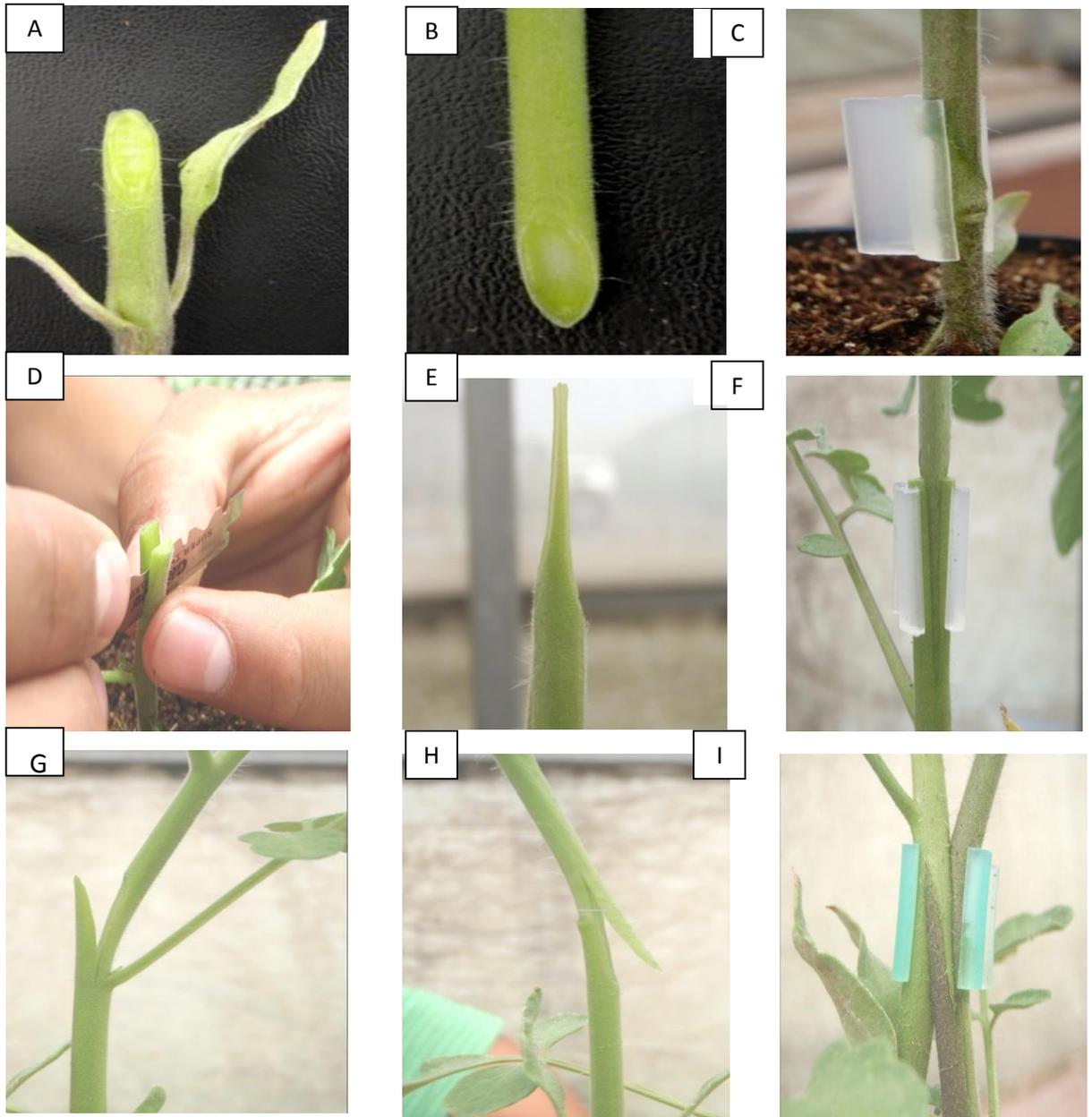
La característica que distingue a este método es que se injertan dos plantas independientes entre sí, cada una con su sistema radical (Hartman y

Kester, 1984). Es un método muy recurrido cuando el productor no cuenta con una cámara para la fase post-injerto, aunque es más laborioso que los otros dos métodos.

Sobre el portainjerto se realiza un corte en forma de lengua hacia abajo (Figura 1 G), esta última recomendación es importante dado que el portainjerto es quien da el soporte a la planta.

Al injerto se le realiza un corte similar, pero en dirección contraria; es decir, hacia arriba (Figura 1 H). Del mismo modo que en los métodos anteriores, la unión se realiza tratando de hacer coincidir las partes cambiales (Figura 1 I).

Cuando la unión está completa, el injerto es cortado por debajo de la unión y la parte aérea del portainjerto se elimina para formar así una sola planta, en ocasiones este proceso se realiza de forma gradual (Boffelli, 2000; Hartman y Kester, 1984; Lee y Oda, 2003).



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

### 2.3.2. Propósitos del Injerto en Hortalizas

El auge de los injertos en hortalizas comienza a raíz de las restricciones en

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

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

- Resistencia a enfermedades en el suelo
- Resistencia a nematodos
- Tolerancia a altas temperaturas
- Tolerancia a bajas temperaturas
- Tolerancia a la salinidad
- Tolerancia a los suelos húmedos
- Incremento en el rendimiento
- Incremento en la calidad del fruto

- Incremento en el vigor de la planta
- Incremento en la absorción de los minerales y de la eficiencia de la fertilización.

### **2.3.3. Beneficios del Injerto**

En muchas regiones de México falta información sobre las ventajas económicas del injerto (Kubota *et al.*, 2008). Según Godoy y Castellanos (2009), la práctica del injerto es cada vez más frecuente como resultado de la eliminación gradual del bromuro de metilo. Por lo que varias instituciones de investigación han iniciado proyectos para evaluar las bondades del injerto, y algunas empresas de semillas están validando el posible efecto que pueda tener el patrón sobre la calidad del producto final.

Existen investigaciones recientes (Davis *et al.*, 2008); Mišković y Marković *et al.*, 2009), que reportan efectos en las variables: pH, sabor, color, contenido de azúcar, carotenoides y textura por efecto del tipo de injerto y de los patrones utilizados. Investigaciones recientes indican que la combinación del patrón y la variedad deben ser cuidadosamente elegidas para una óptima calidad del fruto. Además, es importante estudiar este tipo de combinaciones bajo distintas condiciones climáticas y geográficas (Davis *et al.*, 2008).

### 2.3.4. Condiciones Climáticas para Hacer los Injertos

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

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

### 2.3.5. Manejo de los Injertos y factores que Inciden en la unión del Injerto

Dentro de los factores que influyen en la cicatrización de la unión del injerto están las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa y oxígeno. La temperatura tiene un marcado efecto en la formación del tejido del callo y la diferenciación de nuevos haces vasculares; entre 4 y 32°C, la producción del callo aumenta linealmente con la temperatura. Con temperaturas sobre 29°C se obtiene una producción abundante de tejido calloso de tipo suave que se daña fácilmente, por otra parte, a menos de 20°C la formación de callo es lenta y bajo los 15°C, se inhibe totalmente, la temperatura óptima durante la fase de unión es de 25 a 28°C. El contenido de humedad del aire es muy importante para la unión del injerto, debido a que las células de parénquima que forman el tejido del callo son de paredes delgadas y sensibles a la deshidratación. Por lo tanto, el contenido de humedad del aire menor que el

punto de saturación inhibe la formación del callo y aumenta la tasa de desecación de las células. La presencia de una película de agua sobre la superficie de encalecimiento es más estimulante que mantener al 100% la humedad relativa. Debido a que la unión del injerto es un proceso en el cual se produce una división y crecimiento celular importante, acompañado de una respiración celular elevada, el oxígeno es altamente necesario para la optimización de este proceso, por esto, es importante que la ligadura del injerto permita el acceso de aire en la zona de unión (Hartmann *et al.*, 2002).

#### **2.3.5.1. Temperatura óptima para el éxito del injerto**

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

#### **2.3.5.2. Humedad óptima para el éxito del injerto**

Los contenidos de humedad del aire menores al punto de saturación, inhiben la formación de callo y aumentan la tasa de desecación de las células cuando disminuye la humedad. La presencia de una película de agua sobre la superficie de encalecimiento es más estimulante para la cicatrización que mantener al 100 % la humedad relativa. En el cultivo del tomate se recomienda

mantener una humedad relativa del 80 al 90 % (Gómez, 1997).

### **2.3.5.3. Oxígeno para el éxito del injerto**

Para la producción de tejido de callo es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto. La división y crecimiento de las células van acompañadas de una respiración elevada. Para algunas plantas puede bastar una tasa de oxígeno menor que la presente en el aire, pero para otras es conveniente que la ligadura del injerto permita el acceso del oxígeno a la zona de la unión (Hartmann *et al.*, 1991).

### **2.2.5.4. 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).

## **2.4. El injerto en frutales**

Según Calderón (1987), un injerto es la unión íntima que se efectúa entre dos partes vegetales de tal forma que ambas se sueldan, permanecen unidas y continúan su vida de esta manera, dependiendo una de la otra y formando una especie de simbiosis. Una de las partes generalmente forma el sistema radical

y constituye el llamado patrón o portainjerto; dando lugar la otra a la parte aérea y llamándosele injerto, vástago o variedad, pudiendo derivarse de una simple yema o de una púa.

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

Todos los tipos de injerto se hacen más fácilmente, y con mayor éxito, cuando el cambium está húmedo y activo. Existen muchos tipos de injertos, aunque en la práctica muchos de ellos no tienen interés y otros simplemente, se clasifican principalmente en dos tipos; Injertos de púa e injertos de yema. Los tejidos de la capa de cambium y el callo resultante se secan y destruyen muy fácilmente. Deben usarse ceras y vendajes para prevenir el secamiento. Se recomienda inspeccionar el injerto cada 2 o 3 días para asegurarse que no se haya agrietado o encogido.

## **2.5. El injerto en Hortalizas**

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

calidad del fruto y la mejora de la respuesta de la planta a estrés abiótico tal como la sequía, la humedad, la restricción de nutrientes, la temperatura extrema y la salinidad (King *et al.*, 2010). La horticultura intensiva tiene como característica primordial, la obtención de altos rendimientos. En este intento de lograr mejores cosechas se puede caer en problemas graves como la infestación del suelo con nematodos, infección por hongos fitopatógenos (*Fusarium*, *Phytophthora*, *Phytium*, *etc.*) y bacterias devastadoras como el *Clavibacter michiganensis*, causante del cáncer bacteriano en tomate. Estos problemas se atendieron por mucho tiempo mediante la desinfección del suelo con Bromuro de Metilo; sin embargo, por su alta toxicidad ha sido prohibido para este fin (Velasco-Alvarado *et al.*, 2018).

Hoy en día se usan productos de menor toxicidad, pero su mal manejo puede ocasionar daños severos al ambiente y a los seres vivos; además, se requiere tomar cuidados especiales para evitar la toxicidad de las plantas por su aplicación, se han presentado casos que por su uso incorrecto o no respetar los intervalos de seguridad se han perdido plantaciones completas. Otra alternativa viable para hacer frente a problemas por infestación de hongos fitopatógenos, nematodos y bacterias es el uso de injertos. Esta tecnología tiene como principal objetivo, no contaminar al ambiente e incrementar la tolerancia a altas y bajas temperaturas, la tolerancia a la salinidad del suelo y/o agua, tolerancia a condiciones de sequía, además incrementa el vigor de la planta y el rendimiento. Es por ello que el injerto conlleva una mayor absorción de nutrientes y contenido mineral en la parte aérea. Esta tecnología en hortalizas se ha llevado a cabo de

manera exitosa en cultivos como el tomate, pimiento, sandía, melón y berenjena (INTAGRI, 2013).

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

## **2.5. El injerto en el Cultivo de Tomate**

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

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

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

Para tomate se utilizan principalmente híbridos interespecíficos de *Lycopersicum esculentum* x *L. hirsutum* y *L. esculentum* x *L. pimpinellifolium*. También se emplea *Lycopersicum esculentum*, aunque no son tan vigorosos como los híbridos interespecíficos (De Miguel, 2011).

## **2.6. Limitaciones y retos del injerto en tomate**

La tecnología de los injertos hortícolas no ha sido ni es una panacea. Existen limitaciones y retos asociados con el crecimiento de tomates injertados que deben considerarse para optimizar las prácticas de manejo y garantizar los beneficios para el medio ambiente y la viabilidad económica.

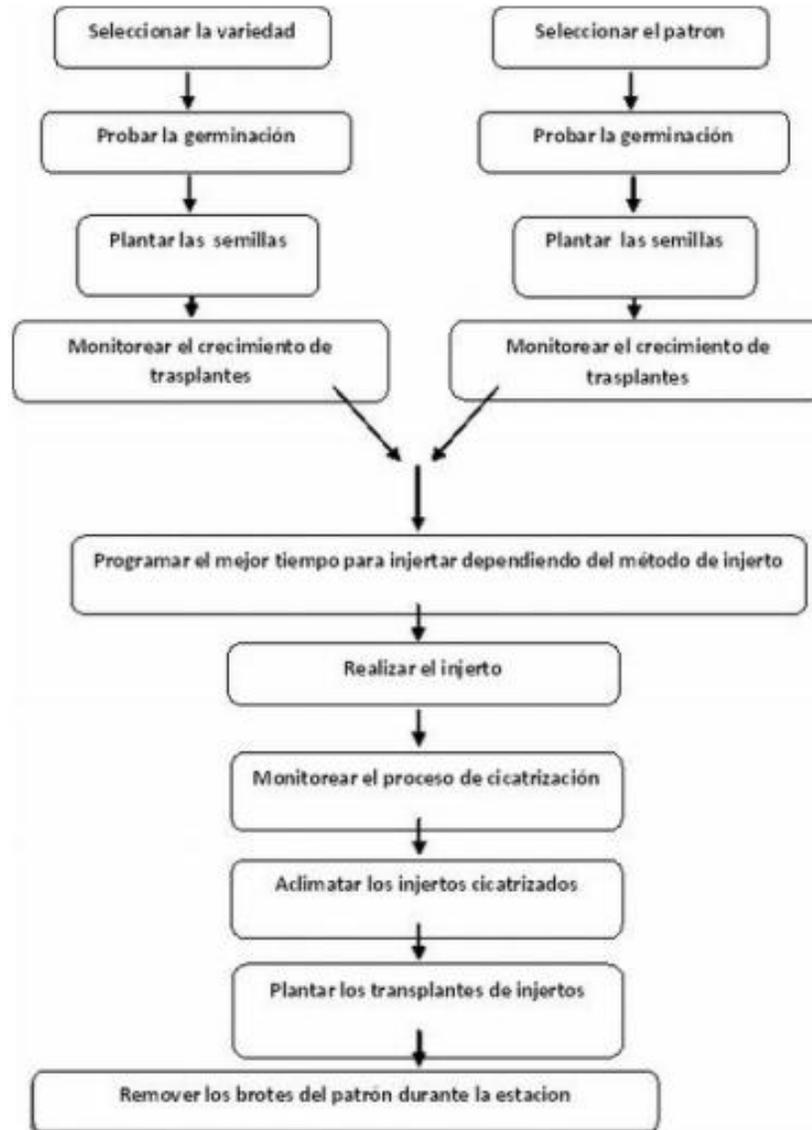
### **2.6.1. Costos**

El costo de la utilización de plantas injertadas en producción comercial, a menudo se percibe como un obstáculo para la amplia adopción de esta técnica. Una mirada a los procedimientos utilizados en la producción de tomate injertado revela un costo adicional de las semillas, espacio, suministros y mano de obra asociados con el injerto (Figura 2). Los actuales patrones de variedades de tomate han sido desarrollados fuera de los Estados Unidos, lo que resulta en un alto precio de las semillas y una disponibilidad limitada. Con el desarrollo de programas locales de mejoramiento genético en patrones de tomate, se espera una baja en los precios de las semillas de patrones.

Los principales métodos de injertos utilizados en tomates son de corte en diagonal o bisel, injerto de púas en V e injerto de aproximación o de lengüeta (Oda, 2007). Una persona puede injertar 125 a 150 trasplantes por hora, aunque actualmente están disponibles las máquinas de injertar y robots con una alta eficiencia con 300 a 1,200 injertos por hora (Lee, 2003).

La técnica y los sistemas de injertos han sido mejorados a lo largo de las últimas décadas y seguirá evolucionando hasta lograr una alta eficiencia y calidad. La comparación de tomates injertados con los tomates no injertados en diferentes condiciones de producción ayudará a determinar la rentabilidad del uso de injertos.

El análisis económico deberá tomar en consideración los costos de injerto, la reducción de los costos de fumigantes aplicados al suelo, el rendimiento potencialmente mayor de los tomates injertados y la contribución de los injertos a la protección del medio ambiente (Ozores-Hampton *et al.*, 2010).



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso para la producción de tomate injertado

### **2.6.2. Incompatibilidad**

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, 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.

### **2.6.3. Resistencia incompleta**

Aunque los patrones pueden ser muy resistentes a una variedad de patógenos del suelo, la resistencia completa a todas las enfermedades de la raíz y las cepas es inalcanzable. El éxito de la producción de tomates injertados en una región determinada dependerá en gran parte de una cuidadosa selección de los patrones para hacer frente a los patógenos prevalentes en el sitio. Además, las condiciones de microclima pueden afectar la expresión de la resistencia. Por ejemplo, los patrones de tomate resistentes a los nematodos de nódulos de la raíz podrían ser sensibles a la temperatura del suelo por encima de 28 °C.

Durante el establecimiento en el campo, la profundidad del trasplante debe ser tal que la unión del injerto de tomate se encuentre por encima de la superficie del suelo para reducir el riesgo de infección secundaria. Cuando el riesgo de infección es alto, variedades de tomate con resistencia a virus y agentes patógenos foliares se deben utilizar dado que no se sabe con certeza si los patrones actuales confieren resistencia a estas infecciones (Ozores-Hampton *et al.*, 2010).

#### **2.6.4. Efecto de los patrones sobre la calidad de la fruta**

Se han reportado algunos efectos adversos de determinados patrones sobre la calidad de la fruta en injertos de cucurbitáceas, como por ejemplo la forma y el sabor de frutas (Ozores-Hampton *et al.*, 2010). A pesar de que la calidad de la fruta de los tomates injertados en general es similar a la de los tomates no injertados, el análisis de la calidad de la fruta es necesario sobre todo cuando se utiliza un nuevo patrón.

#### **2.6.5. Retraso de la primera cosecha**

Los injertos pueden retrasar la primera fecha de la floración y la primera cosecha debido al estrés físico efectuados por el proceso del injerto (Khah *et al.*, 2006). Los productores de tomate deben estar plenamente conscientes de tales inconvenientes y programar cuidadosamente el injerto y la plantación para minimizar dicho efecto negativo. Sin embargo, los patrones que promueven

producción temprana podrían ser utilizados para contrarrestar tal efecto (Ozores-Hampton *et al.*, 2010).

## **2.7. Perspectivas de los Injertos en Tomate**

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

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

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

Las perspectivas del uso de injertos en tomate, y en la mayoría de las

hortalizas es que será más utilizado en combinación con otros componentes de manejo como solarización, biofumigación, uso de plasticultura, etc., debido a una mayor dispersión de enfermedades en el suelo y otras condiciones de estrés a las cuales serán sometidos los cultivos, a las disposiciones impuestas para evitar el uso de desinfectantes en agricultura, la rentabilidad del sistema y que es una tecnología amigable con el medio ambiente (Gaytán-Mascorro *et al.*, 2013).

## **2.8. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal**

La expresión Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) fue acuñada por J. W. Kloepper y M. N. Schroth en 1978, para describir las bacterias que habitan la rizósfera y que afectan positivamente el desarrollo de las plantas (Labra-Cardón *et al.*, 2012). Estas bacterias tienen la capacidad de colonizar activamente el sistema radicular para favorecer y/o mejorar su crecimiento y rendimiento (Berendsen *et al.*, 2012). Las RPCV representan alrededor del 2 al 5 % de las bacterias rizosféricas (Jha y Saraf, 2015).

Las siglas RPCV hacen referencia a todas las bacterias que son capaces de mejorar el crecimiento de las plantas a través de uno o más mecanismos. Los siguientes géneros de bacterias han sido reportados como RPCV: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*

y *Serratia* (Ahemad y Kibret, 2013).

Las RPCV ejercen efectos benéficos en las plantas a través de mecanismos directos e indirectos, o una combinación de ambos (Aguado-Santacruz *et al.*, 2016). Los mecanismos directos ocurren cuando las bacterias sintetizan metabolitos que facilitan a las plantas, o bien cuando éstas incrementan la disponibilidad de diferentes elementos nutritivos, requeridos para su metabolismo y para mejorar su proceso de nutrición (Gómez-Luna *et al.*, 2012).

Entre los mecanismos directos destacan: la fijación de nitrógeno (N); la síntesis de fitohormonas, vitaminas y enzimas, la solubilización de fósforo (P) inorgánico y la mineralización de fosfato orgánico, la oxidación de sulfuros, el incremento en la permeabilidad de la raíz, la producción de nitritos, la acumulación de nitratos, la reducción de la toxicidad por metales pesados y de la actividad de la enzima ACC desaminasa, la secreción de sideróforos, la reducción de los niveles de etileno en los suelos, y el incremento de la permeabilidad de las raíces (Esquivel- Cote *et al.*, 2013).

Mientras que, los mecanismos indirectos se caracterizan porque las RPCV ocasionan la disminución o eliminación de microorganismos fitopatógenos, ya sea a través de la producción de sustancias antimicrobianas o de antibióticos, de enzimas líticas o una combinación de éstas; por competencia de nutrimentos o de espacio en el nicho ecológico, así como por

estimulación de las defensas naturales de la planta mediante mecanismos de biocontrol; la inducción de resistencia sistémica (IRS) a un amplio espectro de organismos patógenos y la producción de sideróforos, como mecanismo para secuestrar el Fe disponible en los suelos y con esto limitar el desarrollo y la presencia de dichos fitopatógenos; producción de antibióticos y cianuros de hidrógeno que impactan sobre los fitopatógenos; hidrólisis de moléculas como el ácido fusárico generado por éstos para liberar 1-3-glucanasa, con la cual se inhibe el desarrollo de la pared fúngica de hongos como *Phytium ultimum* y *Rhizoctonia solani* (Esquivel-Cote *et al.*, 2013).

Una de las limitantes de las RPCV es que el efecto benéfico que promueven sobre una determinada especie vegetal no es el mismo para otras plantas. En relación a lo anterior, Xu *et al.*, (2011) señalan que el empleo combinado de agentes de biocontrol, generalmente no debe recomendarse en la práctica sin contar con una clara comprensión de sus principales mecanismos de control y de su competitividad relativa.

Para evitar lo anterior, a la fecha existe un sinnúmero de reportes que clarifican acerca del tipo de RPCV, su efecto y los cultivos donde éstas se pueden aplicar.

### **2.8.1. Mecanismos empleados por las RPCV**

Los mecanismos de acción de las RPCV, a través de los cuales favorecen el incremento de la productividad agrícola de diferentes regiones,

desde un enfoque sustentable, se describen en los siguientes apartados.

**Cuadro 2.** Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, efectos y cultivos donde se han evaluado.

RPCV	Efecto	Cultivos
<i>Azospirillum</i> spp., <i>Azotobacter</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., <i>Burkholderia</i> spp., <i>Gluconacetobacter</i> spp., <i>Herbaspirillum</i> spp.	Biofertilización Fijan N <sub>2</sub>	Maíz, arroz, trigo, sorgo, caña de azúcar.
<i>Bacillus</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Streptomyces</i> spp., <i>Paenibacillus</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Azospirillum</i> spp.	Biocontrol (enfermedades, patógenos e insectos)	Tomate, tabaco, pepino, pimiento morrón, maní, alfalfa, garbanzo, frijol, ciruelo.
<i>Methylobacterium</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., <i>Alcaligenes</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Variovorax</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Azospirillum</i> spp., <i>Rhizobium</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp.	Elongación, crecimiento	Nabo, clavel, canola, soya, frijol, maíz, judías, chicharos.
<i>Aeromonas</i> spp., <i>Agrobacterium</i> spp., <i>Alcaligenes</i> spp., <i>Azospirillum</i> spp., <i>Bradyrhizobium</i> spp., <i>Comamonas</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Rhizobium</i> spp., <i>Paenibacillus</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Bacillus</i> spp.	Productoras de fitohormonas [ácido-3-indol-acético (AIA), citoquininas, giberelinas]	Arroz, lechuga, trigo, soya, rábano, colza, aliso.

**Fuente:** Parray *et al.*, 2016

## 2.8.2. Ventajas y desventajas de las RPCV

### Ventajas

Moreno-Reséndez *et al.*, (2016) mencionan que las principales ventajas del uso de RPCV son:

- El suministro de elementos nutritivos es más balanceado, y ayuda a mantener la salud de las plantas.
- Ayudan a incrementar la actividad biológica del suelo, con lo cual se mejora la movilización de elementos nutritivos y la descomposición de

sustancias tóxicas.

- Incrementan la estructura del suelo, favoreciendo un mejor crecimiento radicular
- Aumentan el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, con lo cual se mejora la capacidad de intercambio catiónico, incrementan la retención de humedad, promueven la formación de agregados y amortiguan cambios bruscos contra acidez, alcalinidad, salinidad, pesticidas y metales pesados tóxicos.
- Liberan de forma gradual o lentamente elementos nutritivos y contribuyen a la reserva residual de N y P orgánicos del suelo, reduciendo las pérdidas de N por lixiviación y la fijación de P y también pueden suministrar micro elementos nutritivos.
- Favorecen el crecimiento de lombrices y microorganismos benéficos.
- Ayudan a suprimir enfermedades y parásitos transmitidas por organismos nativos del suelo.

### **Desventajas**

- Comparativamente, con respecto a los fertilizantes sintéticos, presentan

un reducido contenido de elementos nutritivos, por lo cual se requiere el empleo de grandes volúmenes para cubrir la demanda nutritiva durante el crecimiento de los cultivos.

- La velocidad de liberación de los elementos nutritivos es demasiado lenta para cubrir los requerimientos de las plantas, por lo que en éstos puede ocurrir alguna deficiencia nutritiva.
- Los macro elementos primarios pueden no estar en cantidades suficientes en los fertilizantes orgánicos para soportar el máximo crecimiento de los cultivos.

Una desventaja adicional es que en varios países, preferentemente en las áreas rurales, se ha dificultado o retrasado el empleo de los biofertilizantes, en gran parte por la idiosincrasia de sus habitantes, ya que la renuencia básica a usar bacterias, como microorganismos benéficos se debe a que en estas regiones, aún permanecen asociados con enfermedades humanas y de animales (Grageda-Cabrera *et al.*, 2012).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización de experimento

El estudio se realizó de Septiembre del 2018 a Mayo del 2019 en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas del área donde se realizó el experimento son 32°44'41" Longitud N. y 129°52'25" Longitud O. a 1,742 msnm.

#### 3.2. Material vegetal

El material vegetal utilizado fueron los híbridos Moctezuma (Harris Moran), Pai pai de (Enza zaden) y los porta injertos Silex (Fito Seeds) y Maxifort (Seminis).

**Moctezuma.** Híbrido, tipo Roma. Es una planta vigorosa de producción precoz, con frutos de excelente firmeza y vida de anaquel, de tamaños extra grandes con alto rendimiento, sobre saliente cuaje en calor y un amplio paquete de resistencias y Tolerancia: AR: V/Ma/Mi/Mj/ToMV/Fol: 1-3/Ff1-5; RI: TSWV/TYLCV.

**Pai pai.** Planta F1, fuerte, compacta, con entrenudos cortos, con excelente cobertura foliar. Los amarres son continuos, fruto de tamaños XL y L durante todo el ciclo, con alta firmeza, maduración y alta vida de anaquel.

Resistencia/Tolerancia: AR: ToMV: 0-2/Fol: 1, 2/Va/Vd; RI: TSWV/Ma/Mi/M.

**Silex.** Es un portainjerto de vigor medio bajo, con alta tolerancia a nematodos. Otorga a la planta un porte abierto, poco vegetativo, favorece a la aireación y entrada de luz en invierno. De vigor medio-alto y trasplantes tardíos. Resistencia a: HR ToMV / TSWV / For / Fol: 0, 1,2 / PI / Va/Vd, IR Ma / Mi / Mj.

**Maxifort.** Es un portainjerto utilizado para tomate y berenjena, con alto vigor, mayor comportamiento a bajas temperaturas y a condiciones de elevada salinidad. Tiene mejor respuesta al combinarlo con variedades de poca vegetación, vigor, de menor tamaño y en condiciones extremas de cultivo. Resistencia a Enfermedades: ToMV/Fol: 0,1/For/PI/Va/Vd/Ma/Mi/Mj.

### **3.3. Formación de los Injertos**

Para la formación de las plantas injertadas, el portainjerto y la variedad se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando Peat moss y perlita en una proporción 70:30 respectivamente. Los híbridos (Moctezuma y Pai Pai) fueron sembrados 7 días después que los portainjertos (Silex y Maxifort), para lograr una adecuada sincronización en el grosor del tallo.

El proceso de injerto se realizó 25 días después de haber sembrado el portainjerto, el tipo de injerto utilizado fue el de púa, cuyos cortes se realizaron con una navaja cúter nueva y desinfectada con cloro a 20 ppm, en cada planta

injertada se usaron clips de soporte de 2.5 mm (Figura 3).

Las plantas injertadas fueron llevadas a una cámara de prendimiento, con microclima a una temperatura de 22 a 25°C y humedad relativa de 80 a 90 %, las primeras 48 horas en oscuridad total y los siguientes 6 días ciclos día-oscuridad, 15 días después se obtuvo el prendimiento de los injertos y las plantas injertadas fueron llevadas a invernadero para adaptación y aclimatación en un ambiente de 23 a 27 °C, con humedad relativa entre 75 y 85%, durante 15 días más.



**Figura 3** Elaboración de injertos.

### 3.4. Establecimiento del cultivo

El cultivo se estableció en un invernadero de baja tecnología de 45 m de

largo por 30 m de ancho. Se formaron tres camas de 1.60 m de ancho y 15 m de largo, donde el trasplante de las plántulas de tomate se llevó a cabo el 10 de septiembre de 2018, en bolsas de polietileno de 10 litros, utilizando como sustrato Peat Moss y Perlita en una proporción 70:30, respectivamente. De los híbridos injertados, se trasplantaron cuatro repeticiones con 4 plantas por repetición, de las cuales, se utilizaron 4 tallos centrales de cada repetición para tomar los datos de las variables evaluadas (Figura 4). Todas las plantas se mantuvieron en dos tallos para una densidad de 27 000 tallos ha<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Establecimiento del cultivo

### 3.5. Manejo agronómico del cultivo

#### Riego y Fertilización

Se utilizó una solución nutritiva (SN) completa de Steiner (1961) de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, con una conductividad eléctrica de 2.5 dS/m, ajustada a un pH de 5.8. Los riegos con solución nutritiva se realizaron todos los días, permitiendo un drenaje del 30% para evitar la precipitación de sales en el medio de crecimiento de la raíz.

#### Control de plagas

Las aplicaciones químicas se realizaron de manera preventiva, en la etapa de plántula a una dosis de 0.5 ml y/o 0.5 g L<sup>-1</sup>, y para el resto de las etapas se aplicó una dosis de 2 ml y/o 2 g L<sup>-1</sup>. Estas aplicaciones se realizaron de manera foliar y por drench.

#### Cuadro 3. Insecticidas utilizados

Insectidas	
Nombre comercial	Ingrediente activo
Confidor	Imidacloprid
New leverage	Imidacloprid+ deltametrina
Muralla Max	Imidacloprid+Betacyflutrin
Oberon	Spiromesifen
Unikum	Tiametoxam
Movento	Spirotetramat
Lannate	Metomilo
Envidor	Spirodiclofen

## Control de enfermedades

Las aplicaciones químicas se realizaron de manera preventiva, en la etapa de plántula a una dosis de 0.5 ml y/o 0.5 g L<sup>-1</sup>, y para el resto de las etapas se aplicó una dosis de 2 ml y/o 2 g L<sup>-1</sup>. Estas aplicaciones se realizaron de manera foliar.

### Cuadro 4. Fungicidas y bactericidas utilizados

Fungicidas y bactericidas	
Nombre comercial	Ingrediente activo
Mancosol 80	Mancozeb
Previcur	Propamocarb+Fosetil:Etil hidrogenfosfonato
Derosal 500	Carbendazim
Uniform	Azoxystrobin + Metalaxil
Terrazole	Etridiazol
Final Bacter	Sulfato de Gentamicina + Clorhidrato de Oxitetraciclina

## Inoculación de rizobacterias

La inoculación se realizó 3 veces en el ciclo, la primera fue el día 17 de septiembre del 2018, una semana después del establecimiento del cultivo, y las otras dos aplicaciones se hicieron los días 1 y 15 de octubre. Se aplicaron 40 ml de la solución con las rizobacterias del género *Azospirillum spp.* Y *Azotobacter spp.* a una concentración de 10<sup>-6</sup> UFC. Se aplicaron en drench al pie del tallo.

### 3.6. Diseño de tratamientos y análisis estadístico

Se realizaron 12 tratamientos con 3 repeticiones, con 4 tallos útiles por repetición. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 3x2x2. Se realizó la prueba de medias de Tukey p≤0.05, con el software estadístico SAS versión 9.0.

### Cuadro 5. Descripción de tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	Moctezuma + RPCV ( $10^{-6}$ Ufc)
2	Moctezuma
3	Pai Pai + RPCV ( $10^{-6}$ Ufc)
4	Pai Pai
5	Maxifort + Moctezuma + RPCV ( $10^{-6}$ Ufc)
6	Maxifort + Moctezuma
7	Maxifort + Pai Pai + RPCV ( $10^{-6}$ Ufc)
8	Maxifort + Pai Pai
9	Silex + Moctezuma + RPCV ( $10^{-6}$ Ufc)
10	Silex + Moctezuma
11	Silex + Pai Pai + RPCV ( $10^{-6}$ Ufc)
12	Silex + Pai Pai

Los géneros de bacterias utilizados para la inoculación fueron *Azospirillum spp.* y *Azotobacter spp.*

### 3.6. Variables evaluadas

**Rendimiento total por hectárea.** Una vez estimado el rendimiento de fruto por parcela útil se estimó el rendimiento total por hectárea ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

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

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

**Altura de la planta.** Se midió desde la base del tallo hasta el ápice, con un flexómetro marca Truper® graduado en mm. Se midió el día 15 de Mayo del 2019.

**Peso fresco de raíz (PFR).** Se estimó en gramos con una balanza digital de precisión Sartorius modelo TS 1352Q37.

**Numero de racimos por planta (NRPP).** 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 por racimo (NFPR).** Se contó el número de frutos por corte a lo largo del ciclo del cultivo en cada uno de los racimos.

**Diámetro polar de fruto (DPF).** Fue estimado tomando al azar ocho frutos por parcela semanalmente, se hizo con un vernier digital marca Autotec® colocándolo en ambos polos del fruto.

**Diámetro ecuatorial de fruto (DEF).** Fue estimado tomando al azar ocho frutos por parcela semanalmente, se realizó con un vernier digital marca Autotec® colocándolo horizontalmente sobre el ecuador del fruto.

**Firmeza de fruto (FFF).** Se determinó con un penetrometro Fruit Pressure Tester modelo FT-327 de 13 kg con una puntilla de 6 mm.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento por hectárea

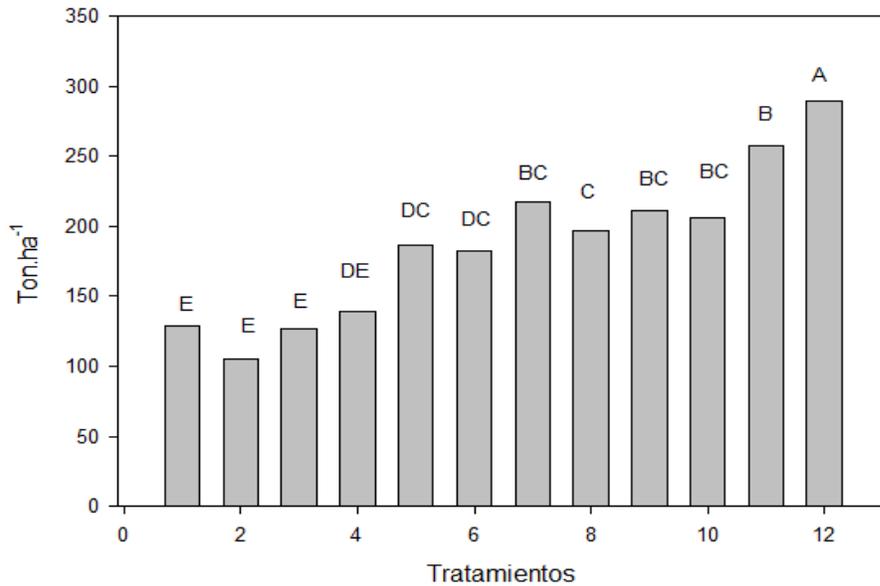
Para la variable rendimiento por hectárea se encontró diferencia significativa entre tratamientos, el 12, Silex + Pai pai, el que tuvo mejores resultados, con  $353.65 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$  superando a los tratamientos testigos (1 y 3) en 124.55% y 128.63% respectivamente (Figura 5).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado con Chew *et al.*, (2012), quienes reportan incrementos de 17.6 % en el NFPP en plantas de tomate injertado, esto se atribuye al vigor que otorga el injerto, además de que se tiene una mayor absorción de nutrientes y contenido mineral en la parte aérea (Velasco-Alvarado *et al.*, 2016)). Por el contrario, difiere de Moreno-Reséndez *et al.*, 2018 quienes mencionan que las RPCV tienen un potencial para aumentar el tamaño de fruto y el número de frutos por planta.

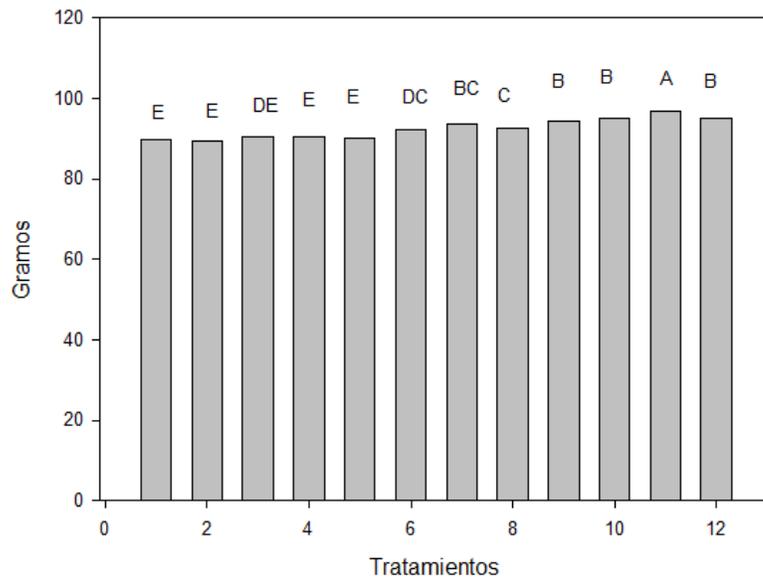
### Peso promedio de fruto

Para la variable peso promedio de fruto no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Chew *et al.*, (2012), reportan incrementos en el tamaño de fruto en plantas de tomate injertado, este efecto sobre el incremento de peso del fruto se debe a la mejora en la absorción de minerales por el portainjerto y además se mantiene el calibre de fruto al final de la producción (Velasco-Alvarado *et al.*, 2016). Por otra parte, Moreno-Reséndez *et al.*, (2018),

mencionan que las RPCV tienen un potencial para aumentar el tamaño de fruto y el número de frutos por planta.



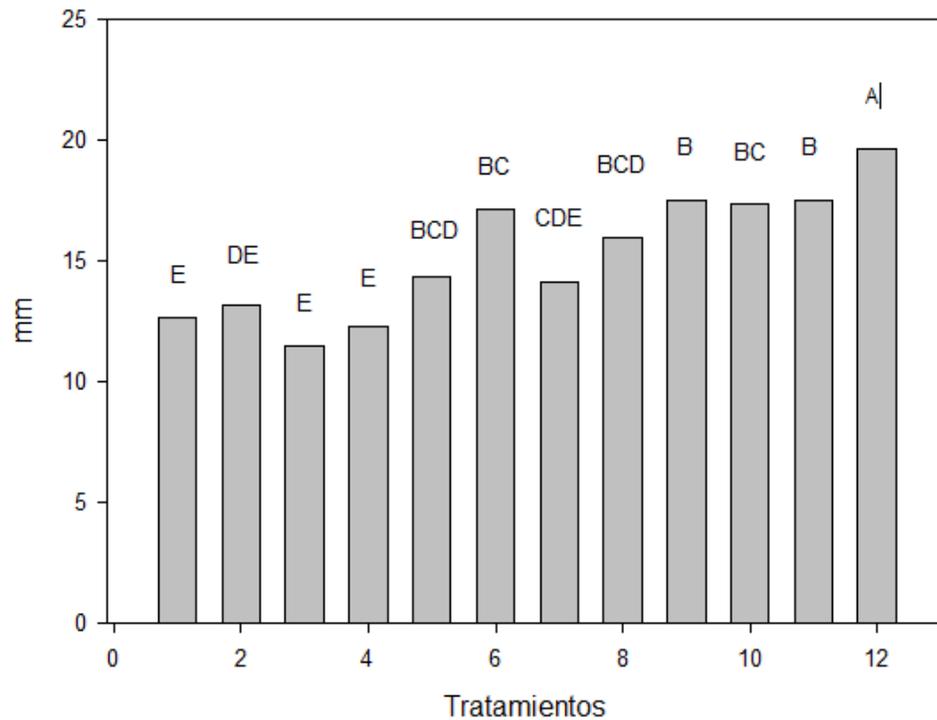
**Figura 5.** Comparación de medias para la variable rendimiento por hectárea.



**Figura 6.** Comparación de medias para la variable peso promedio de fruto en el cultivo de tomate injertado.

## Diámetro de tallo

El análisis de varianza realizado exhibió diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos para la variable diámetro de tallo. El tratamiento 12 mostró valores más altos, superando a los testigos (2 y 4) en 49.35% y 59.33% respectivamente (Figura 7). Esto coincide con Ricárdez *et al.*, (2016), quienes reportan mayor vigor al utilizar plantas injertadas pero difiere con Hassan *et al.*, 2014 reportan un incremento en vigor al inocular RPCV del genero *Azospirillum* y *Azotobacter*.



**Figura 7.** Comparación de medias para la variable diámetro de tallo en el cultivo de tomate injertado y desarrollado en invernadero.

En las variables que se muestran en el Cuadro 4, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto se procedió a realizar una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, encontrando que en la altura de planta los tratamientos del 5 al 12 fueron estadísticamente más altos que los primeros cuatro, lo cual indica que el uso de portainjertos si influyó en ésta característica. Para la variable altura de planta Ricárdez *et al.*, (2016) reportan mayor vigor al utilizar plantas injertadas, atribuyen este resultado a la mayor capacidad de absorción de nutrimentos que proporciona el portainjerto, por otra parte Hassan *et al.*, (2014) reportan un incremento en vigor al inocular RPCV del genero *Azospirillum* y *Azotobacter*.

En el peso fresco de raíz se observó que el mayor peso de raíz fue registrado n los tratamientos con portainjerto ya que los tratamientos del 6 al 12 tuvieron postainjerto y fueron los que fueron estadísticamente iguales y superiores a los tratamientos sin portainjerto, coincidiendo en gran medida con las mayores alturas de planta.

En cuanto al número de racimos por planta y número de frutos por racimo Alvarado *et al.*, (2019) mencionan que el uso de planta injertada genera un incremento significativo en estas variables, Moreno-Reséndez *et al.*, (2018) mencionan que las RPCV tienen un potencial para aumentar el número de frutos por planta, en este sentido en el cuadro 4, se observa que por lo menos un tratamiento en cada variable fue el que presentó los mayores valores indicando

que el uso de rizobacterias y portainjerto si influyen positivamente en éstas variables.

**Cuadro 6.** Comparación de medias de variables agronómicas en el cultivo de tomate con portainjertos y rizobacterias.

Tratamiento	Altura (cm)	PFR (g)	NRPP	NFPR
1	240 cd	269.17 b	11.67 b	5.96 bc
2	218.33 d	266.67 b	13.17 ab	6.44 abc
3	264.17 bcd	279.17 b	12.67 ab	5.96 bc
4	318.33 bcd	285.83 ab	17 ab	6.75 abc
5	408.33 a	267.83 b	16.17 ab	5.73 c
6	407.5 a	287.0 ab	13.83 ab	6.65 abc
7	405 a	483.83 a	17.33 ab	7.19 abc
8	365.83 ab	297.33 ab	16.5 ab	6.79 abc
9	385 ab	366.83 ab	19.5 a	7.58 ab
10	414.17 a	408.83 ab	18.17 ab	7.52 ab
11	356.67 abc	388.33 ab	16.5 ab	7.77 a
12	388.33 a	479.17 a	18.83 ab	7.85 a

Las variables de calidad de diámetro polar y ecuatorial de fruto se observaron diferencias significativas entre tratamientos y del tratamiento 7 al 12 todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales indicando que los tres factores de estudio influyeron en el tamaño de fruto, éstos fueron la variedad, el portainjerto y el uso de rizobacterias. Para las variables diámetro polar y ecuatorial de fruto los resultados obtenidos coinciden con lo obtenido por Velasco-Alvarado *et al.*, (2016) quienes reportan incrementos en el tamaño de

fruto en plantas de tomate injertado, y de Moreno-Reséndez *et al.*, (2018), mencionan que las RPCV tienen un potencial para aumentar el tamaño de fruto. Para la variable firmeza Userralde *et al.*, (2017) reportan mayores valores al utilizar plantas injertadas, Espinoza *et al.*, (2017) reportan que la firmeza es significativamente mayor en frutos de tomate proveniente de plantas inoculadas con RPCV, lo anteriormente indicado no coincide con lo encontrado en ésta investigación.

**Cuadro 7.** Comparación de medias para variables de calidad de fruto.

Tratamiento	DPF	DEF	Firmeza
1	61.75 d	51.85 c	6.83 a
2	62.87 cd	54.21 bc	7.27 a
3	64.1 bcd	54.24 bc	8.07 a
4	61.76 d	52.66 bc	5.6 a
5	64.47 bcd	54.11 bc	5.77 a
6	63.87 bcd	54.08 bc	5.87 a
7	65.82 abc	55.22 abc	6.03 a
8	64.77 abc	55.08 abc	7.0 a
9	65.01 bcd	54.64 abc	6.3 a
10	65.68 abc	55.16 abc	6.03 a
11	67.22 ab	56.17 ab	5.53 a
12	67.79 a	57.96 a	8.1 a

## **V. CONCLUSIONES**

El uso de injertos, en la combinación Silex + Pai pai, incrementó significativamente el rendimiento y calidad de fruto con relación al testigo, por lo tanto se recomienda esta combinación.

El uso de rizobacterias favoreció el vigor y crecimiento en híbridos de tomate injertados.

El uso de portainjertos en forma simple o combinada con el uso de variedades genéticamente superiores y con el uso de rizobacterias favorece el rendimiento y calidad de fruto.

## VI. LITERATURA CITADA

- Ahemad, M. & Kibret, M. (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1), 1-20. doi:10.1016/j.jksus.2013.05.001.
- Aguado-Santacruz, G. A., Moreno-Gómez, B., JiménezFrancisco, B., García-Moya, E. y Preciado-Ortiz, R. E. (2012). Impacto de los sideróforos microbianos y fitosideróforos en la asimilación de hierro por las plantas: Una síntesis. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(1), 9-21.
- Alvarado, M. D. J. V., Ortiz, R. L., Zavala, J. D. J. G., Castro-Brindis, R., Izquierdo, S. C., & Torres, T. C. (2019). Injertos interespecíficos entre *Solanum lycopersicum* L. y *S. habrochaites* Knapp & Spooner como alternativa para incrementar el rendimiento de fruto. *Agrociencia*, 53(7), 1029-1042.
- Báez V. E. P.; Carrillo F. J. A.; Báez S. M. A.; García E. R. S.; Valdez T. J. B.; Contreras M. R. 2010. Uso de portainjertos resistentes para el control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de Malla Sombra. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28(2):111-123.
- Barrett, C., Zhao, X., Sims, C., Brecht, J., Dreyer, E., Gao, Z. 2012. Fruit composition and Sensory Attributes of Organic Heirloom Tomatoes as Affected by Grafting. *Horttechnology* 22(6) 804-809.
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. & Bakker, P. A. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci*, 17(8), 478-486. doi:10.1016/j.tplants.2012.04.001.
- Boffelli Enrica. 2000. Guía Fotográfica de los injertos. DE VECCHI. Barcelona, España.
- Calderón, G., Sierra, B., José, E., & José, E. S. B.1987. Proyecto frutales para

exportación-CRI CARIBIA:(borrador preliminar) (No. Doc. 24105) CO-BAC, Bogotá).

Carrillo, J. C., Jiménez, F., Ruiz, J., Díaz, G., Sánchez, P., Perales, C., & Arellanes, A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1).

CATIE. 1990. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).  
Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba. Costa Rica. p.

Chew M. Y. LL.; Gaytan M. A.; Espinoza A. J. J.; Reta S. D. G.; Reyes J. I.; Chew M. R. G.; Ramírez F. R. 2012. Planta de tomate injertada bajo condiciones de invernadero: rendimiento y calidad de fruto. *Producción Agrícola-Agrofaz*. 12(3):31-38.

Colla G.; Roupheal Y.; Cardarelli M.; Salerno A.; Rea E.; 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environ. Exp. Bot.* 68:283- 291.

Davis, R., P. Perkins, R. Hassell, A. Levi, S. King and X. Zhang. 2008 Grafting Effects on Vegetable. *Quality HortScience*, October 43: 1670 - 1672.

De la Torre F. 2005. Injertos Hortícolas. En Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Ed. I. M. Cuadrado-Gómez, M. C. García-García y M. M. Fernández-Fernández. Curso de Especialización. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera -IFAPA- CIFA, Almería, España.

De Miguel, A., 2011. El injerto en plantas de tomate. Serie Documentos. Consultado 10- 10-2019 en: [www.poscosecha.com/es/publicaciones/](http://www.poscosecha.com/es/publicaciones/)

Edelstein, M. (2004). Grafting vegetable crop plants: Pros and cons. *Acta Hort.* 659: 235-238. España: Mundi Prensa, 125p.

- Espinosa Palomeque, B., Moreno Reséndez, A., Cano Ríos, P., Álvarez Reyna, V. D. P., Sáenz Mata, J., Sánchez Galván, H., & González Rodríguez, G. (2017). Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afroditas en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 169-178.
- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R. y Huante, P. (2013). Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 251-258.
- Ezziyyani M., Pérez S. C.; Requena M. E.; Sid A. A.; Candela M. E.; 2005. Efecto del sustrato y la temperatura en el control biológico de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anales de Biología* 27:119-126.
- F., Bolarín, M. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125. 211–217.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) 2019. Panorama Agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Tomate Rojo 2019. Consultado 11-12-19: <https://s3.amazonaws.com/inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/16171347/Panorama-Agroalimentario-Tomate-rojo-2019.pdf>
- Espinoza-Arellano, J. D. J., & Juárez, I. R. (2013). Uso de injertos en hortalizas. *Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia–Universidad de Juárez del Estado de Durango*:(37-52).
- Gebologlu, N.; Yılma E.; Çakmak P.; Aydın, M. y Kasap, Y. 2011. Determining of the yield, quality and nutrient content of tomatoes grafted on different rootstocks in soilless culture. *Sci.Res.Essays* 6(10):2147-2153.
- Godoy, H., J. Castellanos. 2009. El injerto de tomate. In: Manual de producción

de tomate en invernadero México. J. Z. Castellanos (Ed). Editorial Intagri, S.C. pp: 93-104.

Gómez, A. M. (1997). Injerto de hortalizas. Generalitat Valenciana.

Gómez-Luna, B. E., Hernández-Morales, A., Herrera- Méndez, C. H., Arroyo-Figueroa, G., Vargas- Rodríguez, L. y Olalde-Portugal, V. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). Ra Ximhai, 8(3), 97-102.

Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña- Cabriales, J. J. y Vera-Nuñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(6), 1261- 1274.

Hartman H T, D E Kester (1984) Propagación de Plantas. Continental, S.A. de C.V., México. 915 p.

Hartmann H. T.; Kester D. E.; Davies F. T.; Geneve R. L. 1997. Plant propagation. Ed.Prentice Hall. USA. 873 pp.

Hartmann H. T.; Kester D. E.; Davies F. T.; Geneve R. L. 2002. Plant propagation, principles and practices.7th ed. Prentice Hall. NJ, USA. pp 411-460.

Hartmann, H. T. Kester, D. 1991. Plant propagation; principles and practices. New Jersey: Regent-Prentice Hall.HortScience 27:1136.

HUNZIKER, A. T. 1979. South American Solanaceae: a Synoptic Survey. En: "Hawkes, J. G., Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, New York & London": p. 49-85.

Ibrahim A., Wahb-Allah M., Abdel-Razzak H., Alsadon A. 2014. Growth, yield, quality and water use efficiency of grafted tomato plants grown in greenhouse under different irrigation levels. Life Sci. J.;11(2):118- 126.

- INTAGRI. 2013. Ventajas del Injerto en Tomate y su Proceso Paso a Paso. Intagri, Gto. México. 2 p.
- Itagi, T., K. y S. Nakanisi Nagashima. 1990. Studies on the production system of the grafted seedlings in fruit vegetables. 1. 1990. Methodos of grafting, the kind of plug tray, conditions of acclimatization and the process during raising tomato plugs. jour. Japan. Japón. Soc. Soc. Hort. Sci. 59, 1: 294-295.
- Jha, C. K. & Saraf, M. (2015). Plant growth promoting Rhizobacteria ( PGPR ): a review. Journal of Agricultural Research and Development, 5(2). doi:10.13140/RG.2.1.5171.2164.
- Kakava, E. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato en greenhouse and open-field. Journal of applied horticulture. pp 3-7.
- Khah, E.; Kakava, E.; Mavromatis, D. y Goulas, C. (2006). Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. Journal Applied Hort. 8: 3-7.
- King S. R.; Davis A. R.; Zhang X.; Crosby K.; 2010. Genetics, breeding and selection of rootstock for solanaceae and cucurbitaceae. Scientia Horticulturae. 127:106-111.
- Kubota, C., M. McClure, N. Kokalis, M. Bausher y E. Roskopf. 2008. Vegetable Grafting: History, Use and Current Technology Status in North America. HortScience. 43: 1664-1669.
- Kurata, K. 1994. Cultivation of grafted vegetables II. Development of grafting robots in Japan. HortScience. 29: 240 - 244.
- Labra-Cardón, D., Guerrero-Zúñiga, L. A., Rodríguez- Tovae, A. V., Montes-Villafán, S., Pérez-Jiménez, S. y Rodríguez-Dorantes, A. (2012). Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria

- aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 7-16.
- Lee J. M.; Kubota C.; Bie Z.; Hoyos E. P.; Morra L.; Oda M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*. 127(2):93-105.
- Lee, J. M. (2003). Advances in vegetables grafting. *Chronica Horticulturae*. 46: 19-19.
- Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*. Vol. 29. pp. 235 - 239.
- Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28: 61-124
- Leonardi, C., & Giuffrida, F. 2006. Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 97-101.
- López G. S. 2015. Influencia del injerto y de dos soluciones nutritivas en parámetros de producción y calidad en tomate valenciano.
- López M. j.; Galvez L.; Porrás I.; Brotons M. J. M. 2012. Injerto en pimiento (*Capsicum annuum*): Beneficios y rentabilidad de su uso. *ITEA (en prensa)*. 20:1-20.
- Louws J. F.; Rivard L. C.; Kubota C.; 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. *Scientia Horticulturae* 127(2) 125-146.
- Martínez Palma, M. (2010). Evaluación de métodos de enjertación en genotipos de tomate (*Lycopersicon ssp.*) (Doctoral dissertation).
- Miguel, A. 2005. Injertos de hortalizas. Curso Internacional. INTAGRI. Jalisco.

México.

Mišković Ž. I. and V. Marković. 2009. Effect of Different Rootstock Type on Quality and Yield of Tomato Fruits. Faculty of Agriculture. The University of Novi Sad Serbia. 619-624.

Moreno Reséndez, A., Carda Mendoza, V., Carrillo, R., Luis, J., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68-83.

Morita, S. 1988. A new grafting method for fruit-bearing vegetables by the application of adhesives. *Agriculture and Horticulture* 63: 1190-1190.

Muñoz M. E.; Sánchez C. E.; Guevara A. A.; García B. M. L. 2011. Impacto del uso de portainjerto sobre el rendimiento en chile pimiento morrón. Cartel Área/Tema: Horticultura/Fisiología y Nutrición vegetal.

Nuez F., A. Rodríguez, J. Tello, J. Cuartero, B. Segura. 1995. El cultivo del tomate.

Nuez, F. 2001. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España.

Nuez, V. F. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España.

Oda, M. (2007). Vegetable seedling grafting in Japan. *Acta Hort.* 759: 175-180

Oda, M. 1995. New grafting methods for fruits bearing vegetables in Japan. *Agricultural Research Quarterly* 29: 187-194.

Oda, M. 2002. Grafting of vegetable crops. *Sci. Rep. Agr. and Biol. Sci. Osaka Pref. Univ.* 54:49–72.

Oda, M. y T. Nakajima. 1992. Adhesive grafting of chinese cabbage on turnip.

- Oda, M., K. Okada, K. Sasaki, S. y M. Akazawa Sei. 1997. Growth and yield of eggplants grafted by a newly developed robot. *HortScience* 32: 848-849.
- Oda, M., K. Tsuji, K. Ichimura y H. Sasaki. 1994. Factors affecting the survival of cucumber plants grafted on pumpkin plants by horizontal grafting at the hypocotyl level. *Bull. Bol. national Research Institute for Vegetables, Ornamental Plants and Tea* 9:52-60.
- Ozores-Hampton, M., Zhao, X., & Ortez, M. (2010). Introducción a la Tecnología de Injertos a la Industria de Tomate en la Florida: Beneficios Potenciales y Retos. *University of Florida, IFAS, Horticultural Sciences Department. HS1187.*
- Oztekin G.; Tüzel Y.; Gül A.; Tüzel I. H. 2007. Effects of grafting in saline conditions. *Acta Horticulturae*. 761, 349-355.
- Parray, J. A., Jan, S., Kamili, A. N., Qadri, R. A., Egamber-dieva, D. & Ahmad, P. (2016). Current Perspectives on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35(3), 877- 902. doi:10.1007/s00344-016-9583-4
- Peralta, I. E. y Spooner, D. M. 2000. Clasificación de wild tomatoes: a review. *Kurtziana* 28(1):45 – 54
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) (2017). Ponle color y sabor a tu vida, el jitomate. Consulta 10-11-2019 en: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/ponle-color-y-sabor-a-tu-vida-el-jitomate?state=published>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2000). Secretaría del Ozono. Consultado 10-11-2019 en: <http://www.unep.org/ozone>.
- Rick, C. M. (1986). *Genetics and Breeding*. pp 35-109.

- Rivard, C. L., & Louws, F. J. 2008. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. *HortScience*, 43(7), 2104-2111.
- Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M.; 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetable in Japan. *Acta Horticulturae*. 731:159-170.
- Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M.; 2008. The history of melon and cucumber grafting in Japan. *Acta Horticulturae*. 767:217-228.
- Sánchez C. E.; Torres G. A.; Flores C. M. A.; Preciado R. P.; Marquez Q. C. 2015. Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 15. 7(3):227 – 244.
- Schwarz D.; Rouphael Y.; Colla G.; Venema J. H.; 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, wáter stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*. 127:162-171.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2017) Consultado 12-11-2019 en
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2016) Consultado 12-09-19 en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2016/Paginas/2015B466.aspx>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017) Consultado 15-11-2018 en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC0351-17.aspx>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Consultado 15-11-2018 en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Consultado 09-09- 2017 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
- Steiner, A. A. (1966). The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant and Soil*, 24(3), 454-466.
- Turhan A., Ozmen N., Serbeci M.S., Seniz V., 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Hort. Sci. (Prague)*, 38: 142–149.
- Userralde, F. M. G., Morales, A. S. C., Hernández, M. G. R., Pulido, J. M. S., & Cabrera, I. M. (2017). Comportamiento de portainjertos sobre el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) En condiciones protegidas. *Agrotecnia de Cuba*, 41(1).
- Van de Voren, J.G.; Welles, W.H.; HAYMAN, G.1986. Glasshouse crop production. In: *The tomato crop*. Chapman and Hall. London, England. pp. 581-623.
- Velasco-Alvarado, M. D. J., Castro-Brindis, R., Avitia-García, E., Castillo-González, A. M., Sahagún-Castellanos, J., & Lobato-Ortiz, R. (2017). Proceso de unión del injerto de empalme en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1051-1058.
- Xu, X. M., Jeffries, P., Pautasso, M. & Jeger, M. J. (2011). A numerical study of combined use of two bio- control agents with different biocontrol mechanisms in controlling foliar pathogens. *Phytopathology*, 101(9), 1032-1044. doi:10.1094/PHYTO-10-10-0267.
- Yamakawa, B. 1983. Grafting. In: Nishi (ed.). *Vegetable handbook* (in Japanese). Yokendo Book. Co., Tokyo. p. 141-153.
- Zahid, M., Abbasi, M. K., Hameed, S. & Rahim, N. (2015). Isolation and

identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (*Zea mays* L.). *Front Microbiol*, 6, 207. doi:10.3389/fmicb.2015.00207.

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