

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Influencia del Injerto en el Rendimiento y Calidad de Fruto de Pimiento Morrón  
(*Capsicum annuum* L.) Cultivado en Fibra de Coco

Por:

**MARCO TULIO BAUTISTA BAUTISTA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Influencia del Injerto en el Rendimiento y Calidad de Fruto de Pimiento Morrón  
(*Capsicum annuum* L.) Cultivado en Fibra de Coco

Por:


**MARCO TULIO BAUTISTA BAUTISTA**

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

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Norma Angélica Ruiz Torres  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Neymar Camposeco Montejo  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Mayo, 2019.

## **AGRADECIMIENTOS**

A ti Dios, por permitirme vivir cada día y acompañarme en todo momento durante la travesía de esta etapa, tan importante de mi vida. Por oírme cada vez que te hable a través de mis oraciones, y darme la confianza para superar cada obstáculo puesto en mi camino y sobre todo por brindarme las oportunidades de aprender y conocer nuevos horizontes.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, mi “**Alma Terra Mater**” por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por su colaboración y asesoría para realizar este trabajo de tesis, así como su apoyo y amistad.

Al **Dra. Norma Angélica Ruiz Torres** por su participación y colaboración en este trabajo de tesis.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por la confianza, paciencia y asesoría que me brindó para realizar este trabajo, así como su enseñanza.

## DEDICATORIA

A mis padres **Martha Bautista Camacho y Raúl Bautista Jiménez**, por brindarme todo su esfuerzo, dedicación y esperanza para salir adelante, por creer en mí y apoyarme en todo momento.

A mi hermana **Valeria Lizeth**, por sus consejos y apoyo incondicional, para el bien y logro de este proyecto de vida, por ser el eje a seguir y enseñarme que todo es posible con empeño y dedicación.

A mis tíos, **Maleni Bautista Morales y Javier Heredia Mendoza, e hijos**, por apoyarme cuando más los necesite, y brindarme su confianza y hospitalidad.

A mi tía, **Edith Lugo Jiménez y familia**, por brindarme su apoyo y seguridad, en la etapa más memorable de mi carrera.

A mi tío, **Oscar Bautista Rosas**, al brindarme sus consejos, enseñanzas, paciencia y confianza.

A mis demás **familiares y seres queridos más cercanos** que en sus preocupaciones y oraciones se acordaron de mí.

A **Raymundo Acalco y Rafael Navarro**, amigos y paisanos, que me brindaron desde el inicio de mi carrera universitaria su apoyo y consejos, a **Magda Zúñiga** por brindarme su amistad, consejos y apoyo, a **Mayra Verónica, Gerardo Aragón, Beto y Flavio** que durante mi vida universitaria pase buenos momentos de apoyo, riza y convivencia.

A mis amigos de la FESC UNAM, **Dorys, Dulce, Mary, Esmeralda, Dalia y Eduardo**, amistades que, durante mi estancia, pasamos momentos de aprendizaje, viaje y experiencias.

# ÍNDICE

	Pág.
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Hipótesis.....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Importancia del pimiento a nivel mundial.....	3
2.2. Importancia del pimiento en México.....	5
2.3. Panorama de la agricultura protegida en México.....	7
2.4. Historia del injerto herbáceo.....	8
2.5. Tipos de injertos en hortalizas frutales.....	11
2.5.1. Injerto de púa.....	11
2.5.2. Injerto de empalme.....	12
2.5.3. Injerto de aproximación.....	13
2.6. Curación y aclimatación.....	14
2.7. Principales factores que influyen en la unión del injerto.....	15
2.8. Ventajas del injerto en hortalizas.....	16
2.9. Desventajas del injerto en hortalizas.....	17
2.10. El injerto en pimiento.....	17
2.11. Cultivo de pimiento morrón.....	18
2.11.1. Descripción botánica.....	18
2.11.2. Origen, domesticación y dispersión.....	19
2.11.3. Requerimientos.....	19

2.11.3.1 Climáticos.....	19
2.11.3.2 Lumínicos.....	20
2.11.3.3 Edafológicos.....	20
2.11.3.4 Nutricionales .....	20
2.12. Podas y aclareos .....	22
2.13. Tutorados.....	22
2.13.1. Tipo holandés.....	22
2.13.2. Tipo español.....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1. Área de trabajo .....	23
3.2. Material vegetal (híbridos) .....	23
3.3. Material vegetal (portainjertos) .....	24
3.4. Formación del injerto .....	24
3.5. Establecimiento .....	25
3.6. Manejo del cultivo .....	26
3.7. Evaluación de factores de estudio .....	26
3.7.1. Rendimiento del cultivo .....	26
3.7.1.1. Gramos de fruto por planta .....	26
3.7.1.2. Toneladas por hectárea .....	27
3.7.1.3. Número de frutos por planta .....	27
3.7.1.4. Peso promedio de fruto.....	27
3.7.2. Características morfológicas .....	27
3.7.2.1. Altura total de planta .....	27
3.7.2.2. Longitud y ancho de la hoja .....	27
3.7.2.3. Diámetro del tallo principal.....	27
3.7.3. Mediciones de calidad de fruto.....	27
3.7.3.1. Diámetro ecuatorial del fruto .....	28
3.7.3.2. Longitud del fruto .....	28
3.7.3.3. Grosor del mesocarpio.....	28
3.7.3.4. Firmeza del fruto .....	28
3.7.3.5. Sólidos solubles totales .....	28

3.7.3.6. Vitamina C .....	28
3.7.4. Análisis estadístico.....	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
4.1. Rendimiento del cultivo.....	29
4.2. Características morfológicas.....	33
4.3. Calidad de fruto .....	36
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1</b> Principales países productores de chiles y pimientos a nivel mundial.....	3
<b>Cuadro 2</b> Principales funciones de los nutrientes vegetales .....	21
<b>Cuadro 3</b> Absorción de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, CaO y MgO durante el ciclo de crecimiento de pimiento cultivado en suelo para un rendimiento estimado de 100 ton/ha .....	21
<b>Cuadro 4</b> Comparación de medias (Tukey P≤0.05) para las variables calidad de fruto.....	38



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Principales importadores de chiles y pimientos frescos 2017 .....	4
<b>Figura 2</b> Principales exportadores de chiles y pimientos frescos 2017 .....	5
<b>Figura 3</b> Estacionalidad de exportaciones de chiles y pimientos.....	6
<b>Figura 4</b> Injerto de púa .....	12
<b>Figura 5</b> Injerto de empalme.....	13
<b>Figura 6</b> Injerto de aproximación .....	14
<b>Figura 7</b> Comparación de medias (Tukey, $\leq 0.05$ ), de la variable gramos de fruto por planta entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. ....	29
<b>Figura 8</b> Comparación de medias (Tukey, $\leq 0.05$ ), de la variable toneladas por hectárea entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. ....	30
<b>Figura 9</b> Comparación de medias (Tukey, $\leq 0.05$ ), de la variable peso promedio de fruto entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. ....	31
<b>Figura 10</b> Comparación de medias (Tukey, $\leq 0.05$ ), de la variable número de frutos por planta entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. ....	32
<b>Figura 11</b> Comparación de medias (Tukey, $\leq 0.05$ ), de la variable altura total de planta entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. ....	33
<b>Figura 12</b> Interacción significativa de la variable longitud de la hoja, en la relación de portainjertos y variedades cultivados en fibra de coco.....	34
<b>Figura 13</b> Interacción significativa de la variable ancho de la hoja, en la relación de portainjertos y variedades cultivados en fibra de coco.....	35
<b>Figura 14</b> Comparación de medias (Tukey, $\leq 0.05$ ), de la variable diámetro del tallo principal entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. ....	36
<b>Figura 15</b> Interacción significativa de la variable longitud del fruto, en la relación de portainjertos y variedades cultivados en fibra de coco.....	37

## RESUMEN

El pimiento morrón es una hortaliza, que en las últimas décadas en México y otros países ha incrementado su producción, debido a la demanda que impone la creciente población. Con la necesidad del uso adecuado y optimización de los recursos, la eficiencia del cultivo, el mejoramiento del rendimiento y calidad del fruto, que son de gran relevancia. La Agricultura mundial ha tenido que desarrollar nuevas técnicas, como el injerto, que le permita alcanzar estos retos. Es por eso, que el objetivo del presente trabajo fue determinar y evaluar el efecto del portainjerto sobre el desarrollo, rendimiento y calidad de pimiento morrón cultivado en fibra de coco. Fueron 16 tratamientos resultantes de una factorial 4x4, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, los grupos fueron tres portainjertos (Foundation-F1, Yaocali-F1, CLX-PTX991-F1 (Ultron) y controles no injertados) y cuatro híbridos comerciales (Lambourghini, Bambuca, Dicaprio y Ucumari). Se evaluaron las variables: gramos de fruto por planta, toneladas por hectárea, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, altura total de planta, largo y ancho de la hoja, diámetro del tallo principal, diámetro ecuatorial del fruto, longitud del fruto, grosor del mesocarpio, firmeza del fruto, sólidos solubles totales y vitamina C. Se encontró diferencia significativa entre portainjertos, al mostrar que Yaocali y CLX-PTX991 tuvieron un incremento del 33% en los gramos de fruta por planta y  $t. ha^{-1}$ , también superaron en 27% el peso promedio de fruto respecto a los híbridos no injertados. El peso promedio y número de frutos, CLX-PTX991 mostro la mejor correlación, al incrementar el rendimiento y cantidad de frutos en un 33% y 15% respectivamente, manteniendo un mejor balance en comparación con los demás portainjertos. El híbrido Lambourghini superó significativamente en GFP y LH a Ucumari. Por lo que se concluye que el uso del injerto en pimiento morrón, cultivado en fibra de coco, puede mejorar el vigor y características de la planta, que se refleja al incrementar el rendimiento en más del 30%, siempre y cuando se tenga la correcta afinidad entre el portainjerto y variedad.

**Palabras claves:** *Capsicum annuum* L., injerto, cultivo sin suelo, rendimiento, calidad.

## I. INTRODUCCIÓN

En México la producción de Chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las actividades más importantes del sector hortícola, al ser considerado como el segundo de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica nacional; con una producción alrededor de 3.29 millones de toneladas en sus diferentes variedades, (SIAP, 2017). Esta cifra permite que nuestro país se posicione, solo por detrás de China, como el segundo productor del género *Capsicum* a nivel mundial (FAO, 2017). Permitiéndole satisfacer al 100% los requerimientos nacionales y destinar el 29.71% de su producción a los mercados internacionales como: Estados Unidos de América, Canadá, Reino Unido entre otros (SIAP, 2017). Postulándose como el principal exportador internacional de estos frutos.

En los últimos años el consumo del pimiento ha ido aumentando debido a la tendencia de cambios de hábitos alimentarios y de consumo de la población, al preferir productos frescos y benéficos para la salud. Actualmente, México ha exportado alrededor de 516.2 mil toneladas de pimiento morrón (ITC, 2017) teniendo un aumento del 27% en los últimos tres años; cantidad que representa el 49.76% de su exportación total de chiles y pimientos.

Hoy en día, con los cambios climáticos repentinos, además de los problemas de patógenos telúricos (Ferre y Marquina, 2006), y salíferos que dejan los cultivos sucesivos protegidos en el suelo (Angela *et al.*, 2008), junto con el objetivo de proporcionar y suministrar los vegetales que necesita una creciente población mundial, se ha tenido la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que permitan aumentar la productividad de los cultivos y mejora de la calidad de los productos. Una alternativa a la que se ha recurrido es a la técnica del injerto, que se caracteriza por ser un método de propagación vegetal, en el que una proporción de una planta con buena calidad de fruto (variedad) se ajusta sobre otra ya enraizada (portainjerto) con características de alto vigor y resistencia a enfermedades, de tal modo que ambas partes crezcan como un individuo autónomo.

Debido a que el uso de plántulas injertadas en la producción de pimiento morrón es relativamente nuevo en el país, tras la prohibición del bromuro de metilo en 1992 y su eliminación definitiva en 2015 (SEMARNAT, 2019), comúnmente utilizado como fumigante en la desinfección de suelos agrícolas; se han venido realizando diferentes ensayos al respecto, esto debido a que el cultivo del pimiento se ve afectado por patógenos del suelo, especialmente en sistemas de producción intensiva (Frances *et al.*, 2009). Con tales razones, surge la necesidad de examinar distintos materiales vegetales que se encuentran en el mercado, con el propósito de elegir un patrón que presente una correcta vinculación con la variedad comercial de pimiento y mejore de esta manera los resultados productivos y de calidad de los mismos.

### **Objetivo general**

Determinar la interacción de tres portainjertos injertados con cuatro híbridos de pimiento morrón cultivados en fibra de coco.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto del portainjerto sobre el rendimiento y calidad de fruto del pimiento morrón.
- Evaluar el efecto del portainjerto sobre el desarrollo de los híbridos cuando son cultivados en fibra de coco.
- Identificar los mejores portainjertos e híbridos para la producción de pimiento morrón en fibra de coco en el sureste de Coahuila.

### **Hipótesis**

Al menos una de las variedades injertadas se expresará mejor en sus caracteres agronómicos y de rendimiento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del pimiento a nivel mundial

El pimiento es una hortaliza, que en la última década su consumo ha ido aumentando debido a los cambios de hábito alimentario en la población, prefiriendo productos frescos, con alto contenido en vitaminas, minerales, antioxidantes y bajo en calorías.

La producción del género *Capsicum* en el mundo ha mostrado un crecimiento sustancial. En el año 2017 se obtuvieron alrededor de 34,497,462 toneladas cosechadas (FAO, 2017). Siendo los principales países: China con el 49%, México con el 9%, Turquía con el 7% e Indonesia con el 7% de la producción en el mundo (Cuadro 1).

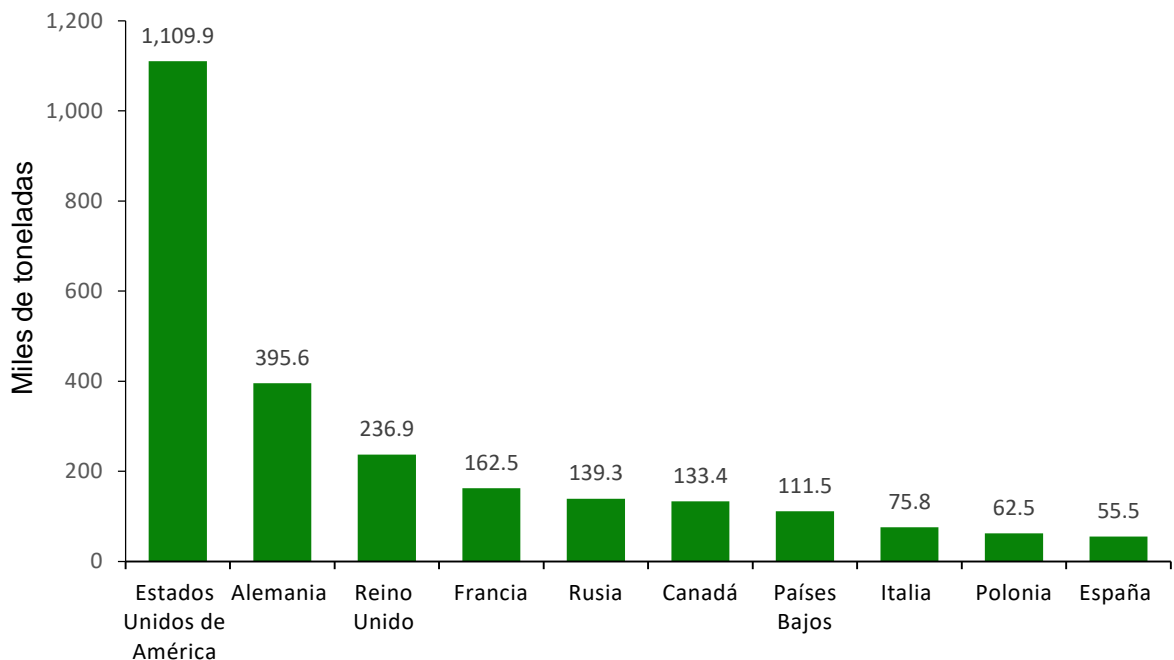
**Cuadro 1** Principales países productores de chiles y pimientos a nivel mundial

Posición	País	t. cosechadas
1	China	17,821,238
2	México	3,296,875
3	Turquía	2,608,172
4	Indonesia	2,359,441
5	España	1,277,908
6	Estados Unidos de América	962,679
7	Nigeria	748,559
8	Egipto	623,221
9	Argelia	614,922
10	Túnez	429,000

Fuente: Datos de la FAO ( 2017).

En tanto al comercio exterior, en el año 2017, los principales países que realizaron importaciones de productos frescos del género *Capsicum* (Figura 1). Fue encabezado principalmente por USA, demandando el 27.2 % del mercado global, teniendo un valor aproximado de importación de 1,429,995 \$USD. En segunda posición esta Alemania con un 15.8 % del mercado y en tercer lugar esta Reino Unido con el 8.4 % del mercado mundial de importación.

**Figura 1** Principales importadores de chiles y pimientos frescos 2017

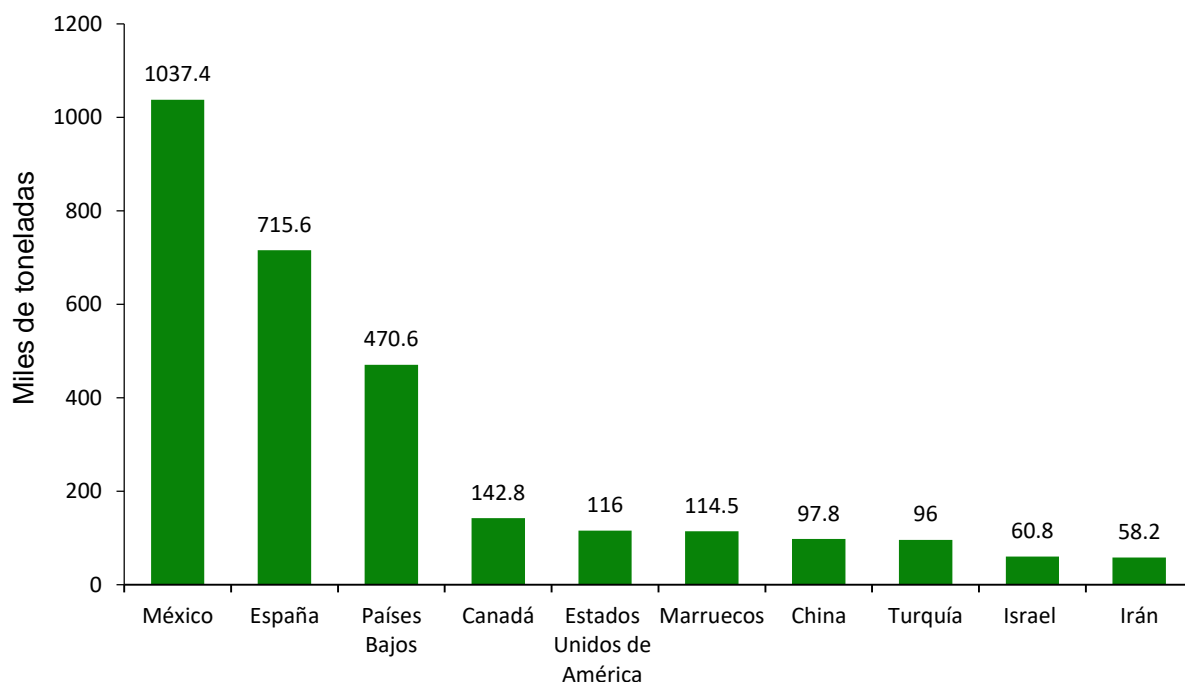


Fuente: Elaboración propia con datos fuente de UN COMTRADE e ITC, 2017.

En cuanto a la exportación internacional de chiles y pimientos frescos en el año 2017 (Figura 2). Fue encabezada por México con 1,037,394 toneladas, siendo uno de los principales proveedores, para los mercados de USA, Canadá, Reino Unido y otros países. En segundo lugar, se posiciona España con un aproximado de 715,574 toneladas, cubriendo parte de las demandas de: Alemania, Francia, Holanda, Reino Unido, Italia y Polonia. En tercer lugar, se encuentra Holanda con un aproximado de 470,557 toneladas, abasteciendo: Alemania, Reino Unido, Bélgica, Suecia, Estados Unidos de América, Polonia y Noruega.

Cabe destacar que México, según datos del ITC, en 2017, vendió 516.2 mil toneladas de pimiento morrón representando el 49.76% de su exportación total.

**Figura 2** Principales exportadores de chiles y pimientos frescos 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de UN COMTRADE e ITC, 2017

## 2.2. Importancia del pimiento en México

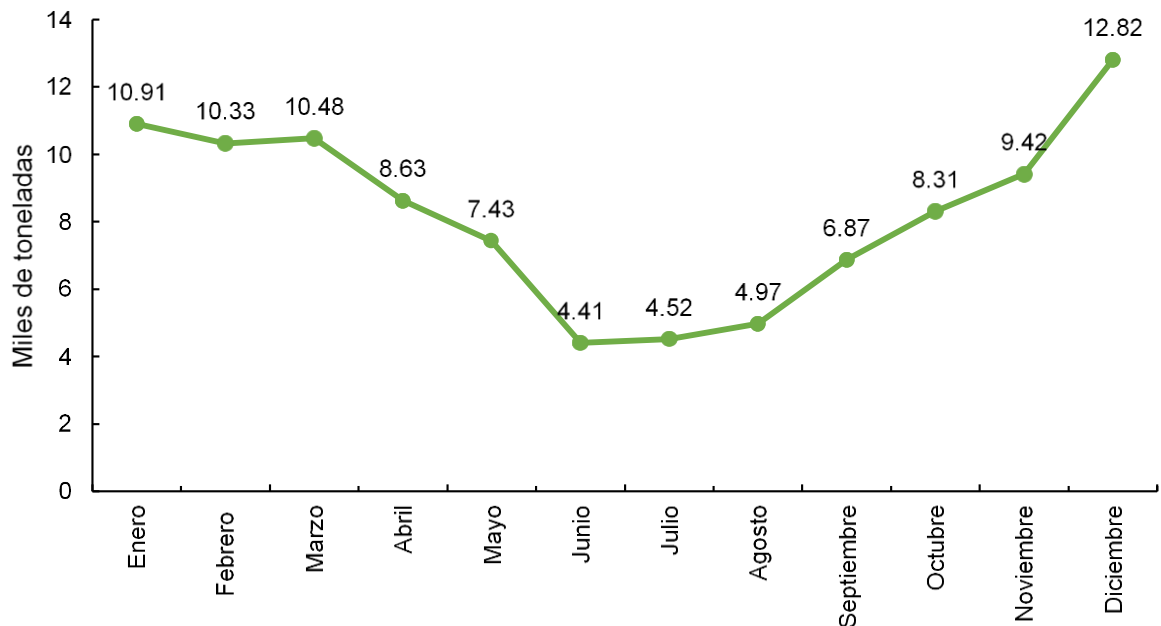
En México, los chiles y pimientos son de suma importancia al ser típicos de la gastronomía mexicana. Actualmente la producción anual de estos cultivos se eleva a las 3.29 millones de toneladas, valoradas en 29 mil 125 millones de pesos; con capacidad de satisfacer al 100% los requerimientos nacionales y producción interna. Dando al país, la alternativa de aprovechar el incremento de las importaciones mundiales y destinar el 29.71% de la producción total al mercado internacional. Representando el 3.50% del PIB agrícola nacional (SAGARPA, 2017a).

Las demandas de productos del género *Capsicum* en el mercado internacional, se ha incrementado en 20 países, integrantes del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), Acuerdo Estratégico Trans-Pacífico de Asociación Económica (TPP) y el Tratado de Libre Comercio del Triángulo del Norte (TLCTN). Además de países de la Unión Europea y otros con los que no tiene acuerdos de libre comercio, como son: Turquía, Brasil y Hong Kong (SAGARPA, 2017b). Actualmente

México es uno de los más grandes competidores en el mundo, al exportar a 43 países, postulándose como uno de los principales proveedores predilectos en el comercio de chiles y pimientos.

En cuanto al pimiento, es un cultivo producido en todo el territorio, que anualmente se ha ido intensificando debido a la demanda, logrando alcanzar en el año 2017 una producción de 609 mil toneladas. Es considerado como una opción económica muy atractiva durante los meses de noviembre a marzo (Figura 3), debido al elevado rendimiento, alta calidad del fruto y elevados precios que alcanza éste durante la época invernal, al alternar la producción nacional con la de Estados Unidos, beneficiando a los principales estados productores como: Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Baja California Sur, Jalisco y Querétaro (SIAP, 2017).

**Figura 3** Estacionalidad de exportaciones de chiles y pimientos promedio de 2011-2016.



Fuente: SIAVI, 2017



### **2.3. Panorama de la agricultura protegida en México**

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos (Moreno *et al.*, 2011). Teniendo como objetivo la obtención de cultivos más eficientes y productivos, la AP permite resolver los problemas asociados con la producción de hortalizas a campo abierto, al modificar del entorno natural para lograr un crecimiento óptimo (Jensen y Malter, 1995). Trayendo consigo múltiples beneficios, que permiten al productor tener la posibilidad de cultivar todo el año, intensificar la producción, aumentar los rendimientos por unidad, obtener productos de alta calidad, hacer uso eficiente de los recursos y tener mayor control de plagas, malezas y enfermedades (Pacheco y Bastida, 2011).

La superficie de la agricultura protegida en México (APM), año tras año se ha ido desarrollando considerablemente en sus diferentes tipos y niveles tecnológicos. De acuerdo, a datos de SAGARPA, en la década de 1970, se registró un área de 100 hectáreas de invernaderos (Tapia, 2017). Incrementándose en el año 2000, a 790 ha de agricultura protegida en todo el país (FND, 2015). Su rápido ascenso, llevo a obtener en 2004, una extensión de 2,545 hectáreas operando y 669 hectáreas en construcción (Deere, 2004). En 2010, la superficie total aumentó a 8,856 ha. Alcanzando en 2015, un área general de 23,251 hectáreas. Demostrando una rápida evolución, ya que para 2017, su superficie alcanzó las 42,525 ha, lo que representa un crecimiento de 41,735 ha en solo 17 años.

La Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC) estima que la agricultura protegida en 2017, acaparo 25,764 hectáreas de Horticultura Protegida, 14,408 hectáreas en cultivos de las frutas y 2,343 hectáreas en cultivos de floricultura. Concentrando el 56% de la superficie de la agricultura protegida principalmente en tres estados: Sinaloa (20%), Jalisco (20%) y Michoacán (16%). La horticultura protegida representa más de 3.2 millones de toneladas anuales, con un valor comercial superior a los 3,000 millones de dólares. Teniendo a los invernaderos y casas sombras como una de las economías más pujantes (AMHPAC, 2019).

La mayoría de las estructuras en la actualidad se emplean en cultivos de importancia como son: tomate rojo, pepino, melón, chile, fresa, frambuesa, arándano, rosa, crisantemo, gerbera, plantas ornamentales, entre otros. Así como, en la producción de plántulas hortícolas para el trasplante.

Con respecto a los chiles, la producción de pimiento morrón en los últimos años ha tenido un crecimiento importante, a tal grado de alcanzar en el año 2017, una superficie sembrada de 7,680.48 ha de las cuales 3,915 ha estuvieron bajo condiciones protegidas (SIAP, 2017). El establecimiento de (*Capsicum annuum* L.) en invernadero con hidroponía, en México, se inició hace cerca de 20 años. Adoptando sistemas de producción desarrollados en otros países, principalmente de Europa con condiciones climáticas y socioeconómicas favorables, que permiten cultivar plantas con un crecimiento indeterminado (Jovicich *et al.*, 2004).

#### **2.4. Historia del injerto herbáceo**

El origen del injerto data de la más remota antigüedad sin saber quién fue el primero que lo descubrió, quedando con la idea que el injerto pudo ser descubierto casualmente y enseñado a los hombres por la misma naturaleza, al encontrar ramas de árboles pegadas y unidas naturalmente por su corteza, observado frecuentemente en los bosques muy espesos (Boutelou, 2007). Generando en el hombre la inquietud de imitar, mejorar, ensayar y dominar lo que se conoce.

Se cree que el injerto en plantas leñosas fue empleado por los chinos hace 1000 años a.C. Aristóteles (384 a 322 a. C.), en su obra trata de los injertos con bastante detalle. En Roma varios autores escribieron sobre el injerto como práctica agrícola común. Marcus Porcius Cato (234-148 a.C.), en su famoso trabajo De agricultura, describió varios métodos de injerto que todavía se utilizan con diferentes cultivos frutales, Incluyendo hendiduras e injertos de aproximación. Marcus Terrentius Varro (167-27 a.C.) abordó el tema de los límites de compatibilidad de rizoma/vástago, basado en los experimentos de quienes injertaban en múltiples cultivos (Mudge *et al.*, 2009).

El injerto herbáceo es un método de propagación vegetativo artificial en el que una porción de un tejido, procedente de una planta con muy buena calidad de fruto se une sobre otra ya enraizada (portainjerto) que tiene características de alto vigor y resistencias a enfermedades, de tal modo que el conjunto de ambos crezcan como un solo organismo (Seminis, 2018). El uso del injerto en este tipo de plantas tiene sus inicios en el este de Asia, esto para superar los problemas asociados con el cultivo intensivo (Kubota *et al.*, 2008). Lee y Oda (2003), menciona que se describió esta técnica en un libro antiguo escrito en China en el siglo V, con el fin de producir una fruta de calabaza más grande al aumentar el volumen radicular a través de múltiples injertos. La producción de plantas injertadas, como estrategia, comenzó por primera vez en Japón y Corea en 1920, al unir sandía (*Citrullus lanatus*) sobre rizomas de calabacín (*Cucurbita moschata Duch*), con el objetivo de aumentar el rendimiento, controlar las plagas y enfermedades del suelo. Este hecho permitió iniciar tendencias similares para el injerto de pepino (Sakata *et al.*, 2008), berenjena y tomate (Oda, 1999). Esta información se propagó rápidamente por Europa y otros países a finales del siglo XX junto con métodos de injerto mejorados adecuados para la producción comercial de plántulas de vegetales injertadas.

En la época de 1950, las compañías de semillas lograron enormes avances en la cría de portainjertos para la resistencia a las enfermedades, e introdujeron el injerto en muchos países a través de sus esfuerzos de marketing internacional. Israel fue uno de los primeros adaptadores de injertos comerciales de hortalizas. En Canadá, el injerto se introdujo en la década de 1990 para respaldar el rápido crecimiento de la industria de los invernaderos en Canadá y los Estados Unidos, y más tarde en México. Además de ser el principal país proveedor y distribuidor de plantas injertadas en toda América del Norte (Kubota, 2016b).

En los Estados Unidos se desarrolló una de las primeras innovaciones en el injerto de tomate. Al injertar plantas de tomate para superar los nemátodos de los nudos de la raíz; sin embargo, esta práctica se suspendió en parte debido al posible transporte de alcaloides a las frutas desde el patrón (Lowman y Kelly, 1946).

En México, en la década de 2000, el injerto se introdujo en parte a través de un esfuerzo de las Naciones Unidas para reducir el uso de bromuro de metilo en campos abiertos y en túneles (Martínez, 2019). Al reconocer en la Reunión del Protocolo de Montreal de 1992, que dicho compuesto, utilizado en este caso, como fumigante en la desinfección de suelos agrícolas, es una de las sustancias responsables del deterioro de la capa de ozono; iniciando en 1998 la eliminación calendarizada, para ser absoluta en 2015, en todo el país (SEMARNAT, 2019). Sin embargo, el rápido desarrollo de la industria del tomate en invernadero fue otra razón principal para el uso expandido del injerto vegetal y su adopción como práctica estándar en la industria del invernadero (Kubota, 2016b).

Con el objetivo de aumentar el rendimiento y la productividad, a fin de proporcionar los vegetales que necesita una creciente población mundial. El uso del injerto se ha ido implementando en los diferentes métodos de producción de cultivos protegidos, principalmente de solanáceas (tomate, pimiento y berenjena) y cucurbitáceas (melón, pepino y sandía) (González *et al.*, 2008). Debido a que los cultivos sucesivos pueden aumentar la salinidad, la incidencia de plagas y enfermedades transmitidas por el suelo (Angela *et al.*, 2008).

En los invernaderos hidropónicos, el injerto se ha convertido en una práctica estándar para aumentar el vigor y el rendimiento de las plantas. En los túneles altos, los cultivares de reliquia injertan en portainjertos modernos para superar las enfermedades transmitidas por el suelo (Kubota, 2016b).

Actualmente, las tecnologías de curación para la automatización de viveros se han desarrollado para abordar los problemas de altos costos laborales en las operaciones comerciales. Se ha intentado automatizar el injerto de hortalizas desde la década de 1990 (Kurata, 1994). En la industria de viveros comerciales de hortalizas de EE. UU. Se han utilizado varios tipos de automatización durante muchos años. Estas incluyen máquinas que mezclan el sustrato, las bandejas de relleno, las bandejas de semillas, las bandejas de transporte dentro de la instalación, las bandejas de irrigación y el control de las condiciones ambientales en las distintas etapas de la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas. Los viveros de injerto

pueden considerar la automatización adicional en dos categorías: 1) clasificar las plantas para uniformidad antes del injerto, y 2) injertar (cortar y unir el vástago y el patrón). Una máquina de clasificación desarrollada en los Países Bajos puede clasificar de 7,000 a 8,000 plántulas de tomate por hora en tres clases (Kubota, 2016).

## **2.5. Tipos de injertos en hortalizas frutales**

En el uso masivo de plantas injertadas, en las últimas décadas se han utilizado de manera frecuente tres tipos de métodos de injertos, utilizando cada uno para cierto tipo de plantas hortícolas. En la actualidad, en pimiento, se aplican dos tipos de injertos, de empalme y de púa, aunque es el de empalme el más utilizado.

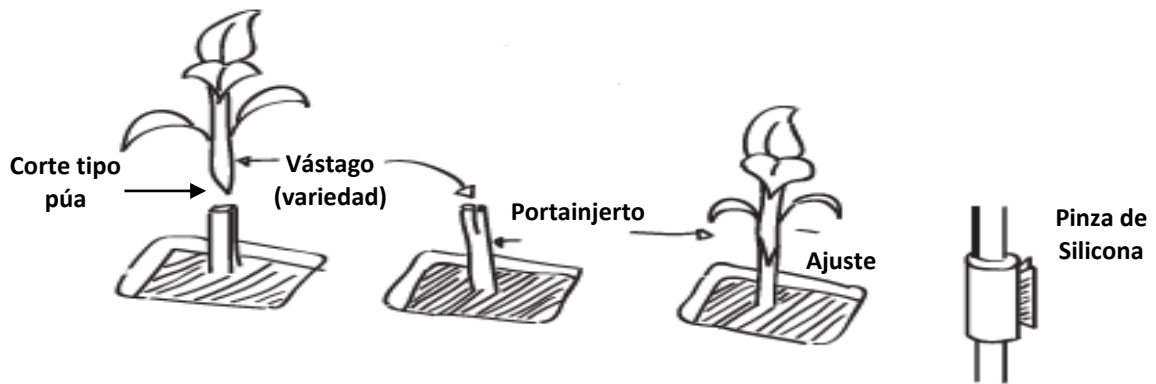
### **2.5.1. Injerto de púa**

Es el método más utilizado para el injerto de sandía y melón en China y Japón porque tiende a tener una alta tasa de éxito con un manejo relativamente mínimo durante el período de curación. También conocido como método de inserción de orificios. Donde las plantas del rizoma en semillero deben tener una hoja pequeña y verdadera, y las plantas del vástago en semillero deben tener solo los cotiledones o la primera hoja verdadera que está emergiendo. El diámetro del vástago del vástago debe ser más pequeño que el diámetro del vástago del rizoma para que el vástago pueda insertarse en un orificio hecho entre los dos cotiledones del rizoma (Miles *et al.*, 2017).

En el caso de pimiento y tomate. Debido a que el período de germinación y la tasa de crecimiento son dos factores a considerar, la variedad se siembra, en bandeja, 5-6 días después que el patrón. Se realiza el injerto cuando las plántulas que serán el rizoma y el vástago hayan desarrollado completamente de 2-4 hojas verdaderas, con un diámetro de tallo de 1.6-1.8 mm en el punto de escisión (Chen *et al.*, 2016). Iniciando (Figura 4) con un corte en forma de cuña de 1.5 cm en el tallo del vástago. Enseguida se hace un corte horizontal del tallo que será el portainjerto para eliminar la parte superior, haciendo un corte vertical de 1.5 cm sobre el diámetro del tallo. Se

ajustan los tallos del vástago y rizoma. Se coloca una pinza de silicona sobre la unión para que lo sujete de manera firme (González, 2011).

**Figura 4** Injerto de púa



### 2.5.2. Injerto de empalme

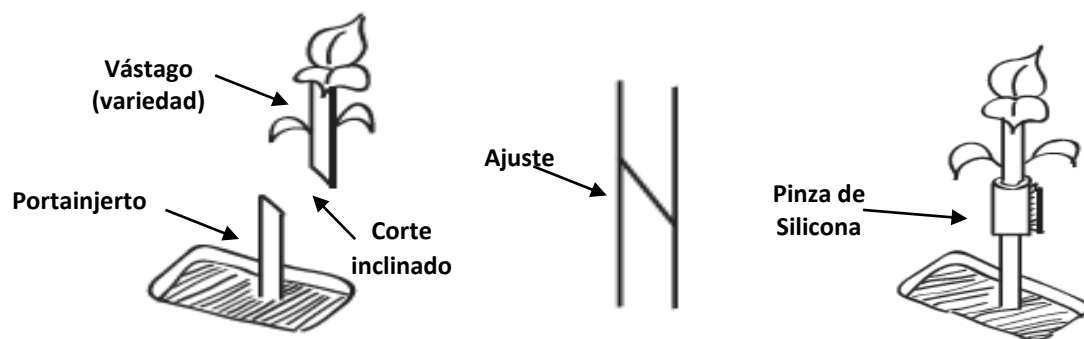
El injerto de empalme, también conocido como "topgrafting japonés" o "injerto de tubo", es la técnica más utilizada al injertar cultivos de *Solanáceas* (Roskopf *et al.*, 2017).

Es el método más popular utilizado para la sandía y los melones en Corea, Europa y América del Norte. Este método también se conoce como injerto de un cotiledón, desarrollado originalmente por ingenieros japoneses para su uso con injertos automatizados (Chen *et al.*, 2016).

Debido a que el período de germinación y la tasa de crecimiento son dos factores a considerar, la variedad se siembra, en bandeja, 5 a 6 días después que el patrón. Se realiza cuando las plántulas que serán el portainjerto y el vástago del injerto hayan desarrollado completamente de 2 a 4 hojas verdaderas, con un diámetro de tallo de 1.6 a 1.8 mm en el punto de escisión (Figura 5). Cortar el portainjerto: corte el tallo del rizal en un ángulo afilado de 30°, 1.5 cm por encima del cotiledón, o la primera hoja verdadera. Corte el tallo del portainjerto debajo del cotiledón siempre que el diámetro del tallo sea similar al del vástago. Cortar por debajo de los cotiledones evitará que los retoños se desarrollen desde el patrón. Cortar el vástago: corte el vástago en un ángulo de 30°, ligeramente por encima del cotiledón. Seleccione un lugar del tallo del vástago

para cortar y lograr el diámetro adecuado para que coincida con el diámetro del vástago del portainjerto. Uniendo el vástago y el patrón: Deslice un tubo de látex de 1 cm de largo (2 mm de diámetro interior, cortado en un ángulo de 30°) sobre el tallo del vástago. Asegúrese de que los ángulos de corte del tubo y el vástago sean paralelos. Empuje el vástago hacia la mitad del tubo y deslice el vástago que está equipado con el tubo de látex sobre el vástago del portainjerto. Nuevamente, asegúrese de que los ángulos de corte del tubo y el tallo del portainjerto sean paralelos. Empuje suavemente el vástago y el patrón raíz juntos para que los tallos del vástago y patrón estén en contacto completo entre sí (Chen *et al.*, 2016). En caso de pinzas de silicona verifique que los ángulos de corte tengan una correcta unión, y esté muy bien fijado con la pinza.

**Figura 5** Injerto de empalme



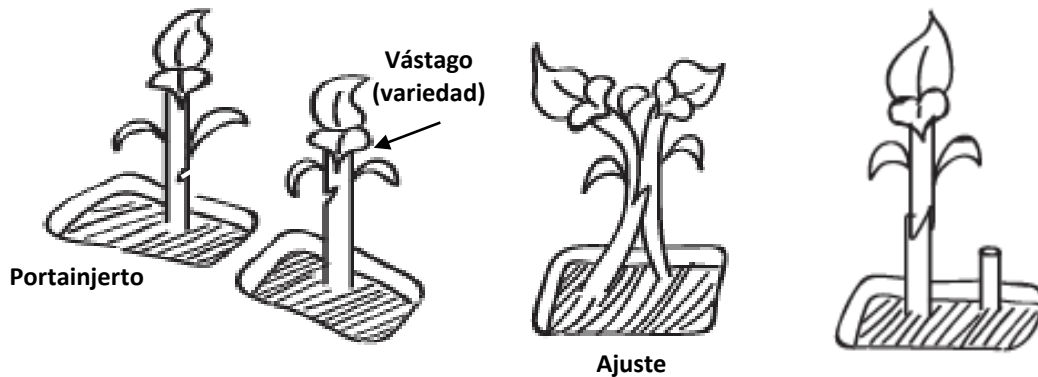
### 2.5.3. Injerto de aproximación

Este método de injerto es ideal para plantas cucurbitáceas (pepino, sandía, melón) debido a su alta tasa de supervivencia (Oda, 1999). También es utilizado en solanáceas (tomate, y berenjena), (Estrada *et al.*, 2013).

Se realiza cuando las plántulas que serán el portainjerto y el vástago del injerto hayan desarrollado completamente de 2 a 4 hojas verdaderas, (Figura 6). Se inicia quitando el meristemo apical de la planta que será el portainjerto para evitar que continúe crecimiento. Se corta en un ángulo de 45° hacia abajo a la mitad del hipocótilo del portainjerto por debajo de los cotiledones. Posteriormente se hace un corte igual, pero con un ángulo hacia arriba en el hipocótilo de la variedad, los cortes de los hipocótilos del vástago y el patrón se enganchan entre sí, se coloca una pinza de

silicona sobre la unión para que lo sujete de manera firme. El vástago del portainjerto se deja curar durante 3 a 4 días y se retira con los dedos. Finalmente, el hipocótilo de la variedad se corta o se aplasta (Estrada *et al.*, 2013).

**Figura 6** Injerto de aproximación



## 2.6. Curación y aclimatación

En el proceso de curación para pimiento: Las plántulas injertadas se deben mover inmediatamente a una cámara de injerto después de injertar. Los diseños de las cámaras varían de un país a otro, según la disponibilidad de materiales locales para la construcción. Siempre que se proporcionen las condiciones óptimas dentro de la cámara (baja intensidad de luz, temperatura del aire de 77 a 90 °F [25 a 32 ° C] y humedad relativa > 85%), el proceso de curación puede ser exitoso. Las plántulas injertadas pueden marchitarse inicialmente, pero se volverán verticales dentro de 3 días. El período de curación es de unos 4 a 5 días. Para inducir el endurecimiento inicial, se retira la capa superior de material de sombra para aumentar ligeramente la exposición a la luz solar. Se abre la puerta de la cámara para ventilación; asegurándose de mantener la pantalla cerrada para proteger las plántulas injertadas de la infestación de insectos. Este período es de unos 2 a 3 días. Para un desarrollo adicional y endurecimiento (7 a 8 días) se deben de mover las plantas injertadas fuera de la cámara y colóquelas en una cámara de exposición para exponerlas a más luz solar (Chen *et al.*, 2016).



Cuando se realiza un injerto, es importante aumentar las posibilidades de que los haces vasculares del vástago y el portainjerto entren en contacto completo (Oda *et al.*, 1994), maximizando el área de las superficies cortadas que se unen y presionando las superficies cortadas. Las superficies cortadas no deben dejarse secar. Después del injerto, mantener las plantas injertadas a aproximadamente 30° C y con más del 95% de humedad relativa durante tres días de curación promueve la tasa de supervivencia, gradualmente, la humedad relativa disminuye y la intensidad de la luz aumenta. Durante la curación y la aclimatación, es importante mantener una temperatura constante del aire en el túnel, a fin de mantener la humedad alta. Si se observa marchitamiento, la fumigación foliar de plantas injertadas con agua es efectiva para ayudarlas a sobrevivir. Los materiales de sombreado y las películas deben ajustarse de acuerdo con el clima diario, con más sombra en un buen día (Oda, 1999).

## **2.7. Principales factores que influyen en la unión del injerto**

**Temperatura:** Muñoz (2005), menciona que la consolidación del injerto requiere una determinada temperatura que oscile entre los 24 a 27°C durante el proceso de prendimiento que puede durar entre dos y cuatro días (dependiendo del tipo de planta). A menos de 20°C se genera la producción de callo y por debajo de 25°C no existe.

**Humedad.** Hartmann y Kester (1991), indican que las células muy turgentes son capaces de dar un callo abundante, en comparación de aquellas que están en condiciones de marchites. Es por eso que después del injerto este factor es absolutamente necesario mantenerla del 90 al 100% para evitar la deshidratación de las células de parénquima que forman el tejido y promover una buena cicatrización.

**Superficie de contacto:** Miguel *et al.*, (2007) menciona que un buen contacto depende de la uniformidad que exista entre en el diámetro de los tallos del portainjerto y la variedad, además del número y disposición de los haces conductores en las dos plantas que se injertan, así como la disposición de las zonas de corte que están en conexión. Los cortes de 1 a 1.5 cm son los más idóneos, según Hartmann y Kester, (1991) una reducida superficie de contacto puede producir el colapso de la planta

injertada, aunque la cicatrización haya sido buena, debido a la falta de movilidad de agua, este efecto se es visible cuando la planta tenga un desarrollo importante.

**Compatibilidad:** Según Moore (1984), los injertos de plantas genéticamente próximas son compatibles, debido a que hay una similitud bioquímica entre ambas y, por lo tanto, las sustancias elaboradas por una, no son tóxicas para la otra.

**Oxígeno:** Muñoz (2005), señala que en la producción de tejido de callo es necesaria la presencia de oxígeno en la zona de unión, debido a que hay un gran número de células en división y crecimiento que van acompañados de una respiración elevada.

**Actividad de crecimiento del patrón:** La actividad cambial se debe al estímulo de auxinas y giberelinas producidas por las yemas en crecimiento (Muñoz, 2005).

## 2.8. Ventajas del injerto en hortalizas

En múltiples artículos de investigaciones sobre la combinación de portainjertos y vástagos realizados en algunas especies de hortalizas frutales, han permitido conocer que es posible, en algunos casos, la reducción o eliminación del uso de contaminantes en la agricultura, además del mejoramiento en la producción y calidad del futo. De manera fitopatológica se ha mostrado, que las raíces vigorosas del portainjerto presentan una excelente tolerancia a enfermedades graves transmitidas por el suelo, como las causadas por *Fusarium*, *Verticillium*, *Pseudomonas* (Lee, 1994) y nemátodos (Delgado y Morales, 2017); además de vástagos resistentes al mosaico del tabaco (Yamakawa, 1983), mildiu y oídium (Gaytan *et al.*, 2013). Este tipo de método ha permitido aumentar el rendimiento y mejorar la calidad del fruto, licopeno y vitamina C (El-Gazzar *et al.*, 2016). Mejorar el aprovechamiento de agua y nutrientes (Angela *et al.*, 2008). Aumentar la resistencia a la salinidad y tolerar temperaturas bajas y altas (Lee, 2007). Incrementar la síntesis de hormonas endógenas (Dong *et al.*, 2008) y mejorar la tolerancia a la alcalinidad (Colla *et al.*, 2010).

## **2.9. Desventajas del injerto en hortalizas**

Durante el desarrollo de esta técnica, surgieron problemas que limitaban esta tecnología, como es la incompatibilidad entre patrón y variedad, costos económicos y disponibilidad de mano de obra capacitada. Que hoy en día han sido resueltas a través de múltiples investigaciones durante las últimas décadas.

En los últimos años se ha detectado un brote de enfermedad bacteriana transmitida por las semillas en la formación de injertos, alertando a los productores para prevenir y evitar la introducción accidental de enfermedades y virus mediante el transporte de semillas y plántulas (Kubota *et al.*, 2008).

La contaminación de las heridas de la injertación, debido a bacterias y hongos que causan la pérdida del injerto (Muñoz, 2005). Cuando en su proceso no se tiene el adecuado cuidado de limpieza y desinfección de las áreas de trabajo e instrumentos.

## **2.10. El injerto en pimiento**

El injerto en plantas de pimiento puede resultar una técnica capaz de mejorar los resultados productivos del mismo si se elige un patrón que presente una correcta afinidad con la variedad comercial. Además, la técnica del injerto permite la posibilidad de utilizar algunos patrones tolerantes al estrés hídrico capaces de dar rendimientos comerciales similares en condiciones de riego deficitario y control (Calatayud *et al.*, 2015).

La utilización de plantas injertadas complementa la acción de la desinfección del suelo (Biosolarización), en cultivos de pimiento ecológicos, al proporcionar control de *Phytophthora* y *Meloidogyne* (Ros *et al.*, 2006).

En Almería, España. Valencia, (2014) menciona que el injerto de Bily sobre Serrano de Morelos 2 y Jalapeño presenta una cierta incompatibilidad en las variedades al presentar una disminución en el porte de la planta y calidad de los frutos, además de presenciar un suave picor en el sabor de los frutos injertados, argumentando que se produce un paso de capsicina de los portainjertos picantes al pimiento dulce.

En el noroeste de Chihuahua, México. Ávila *et al.*, (2012) encontraron que, en las variedades comerciales de selección tradicional, el grosor del tallo del criollo Morelos (CM 334) fue más compatible con el chile tipo jalapeño y con el tipo chilaca y fue muy distante con el grosor del tallo del tipo de chile Cayene.

En México se ha reportado el injerto de chile del tipo ancho, evaluando de manera *in vitro* la resistencia a *Phytophthora capsici* en el cultivar tipo serrano Criollo de Morelos 334 (CM 334) y de cuatro patrones comerciales. Determinado que el CM 334 como patrón mostró la más baja incidencia (1%) de la enfermedad, indicando que tiene potencial para producir chile aun en zonas con alta incidencia de *P. capsici*. (Rodríguez *et al.*, 2010).

Marín *et al.*, (2016) concluye que el portainjerto no solo aporta mejora sanitaria frente a nemátodos, sino que aumenta la producción del cultivo y por lo tanto la rentabilidad obtenida.

## **2.11. Cultivo de pimiento morrón**

### **2.11.1. Descripción botánica**

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las Solanáceas. La planta se caracteriza por tener tallos erectos, herbáceos y de crecimiento determinado o indeterminado llegando a medir hasta 2 m en caso de híbridos cultivados en invernadero (Mármol, 2010), con un diámetro que puede variar entre 0.5 y 1.5 cm, además de 2 a 3 ramificaciones en forma de cruz de color verde oscuro cuando la planta llega a una edad madura (Casilimas *et al.*, 2012).

El sistema radicular es pivotante con múltiples raíces adventicias, que según el tipo de suelo donde se desarrolle, puede llegar a profundidades de 70 a 120 cm. Las hojas son planas, enteras y lanceoladas con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo poco aparente de forma ovoide alargada. El haz es liso y suave al tacto, de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. Sus flores

aparecen de forma solitaria por cada nudo del tallo insertadas en las axilas de las hojas, son pequeñas y poseen una corola blanca (Casilimas *et al.*, 2012).

Sus frutos son bayas huecas de sabor no picante, que de acuerdo a la variedad pueden ser: cubico, cónico o esférico, con 2 a 4 lóculos, semi cartilagosos y deprimida, de tamaños variables, que pueden pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos, de colores (verde, amarillo, naranja, morado, café y rojo). De interior dividido de dos a cuatro costillas verticales interiores que portan las semillas, de color amarillo pálido.

### **2.11.2. Origen, domesticación y dispersión**

Su origen botánico se especifica en América del sur, particularmente en la región de Perú y Bolivia, desde donde se expandió al resto de Centro América y Meridional. Es una planta cultivada antiguamente por los indios americanos que Colon encontró en su primer viaje y llevada a España en (1493), extendiéndose durante el siglo XVI por varios países (Moroto,1983).

Actualmente, el pimiento se cultiva en los cinco continentes, principalmente en países de clima tropical y subtropical, aunque se puede encontrar en cualquier área que reúna las condiciones ambientales adecuadas (Djian *et al.*, 1999).

### **2.11.3. Requerimientos**

#### **2.11.3.1. Climáticos**

El pimiento es una planta de estación cálida y sensible a las heladas, las temperaturas para la planta en sus etapa vegetativa y producción oscila entre 15 y 30 °C, siendo temperaturas óptimas entre 20 y 25 °C. Teniendo complicaciones en el amarre y desarrollo del fruto cuando las temperaturas son inferiores a 15 °C o superiores a 32 °C, (FAO, 1994).

La humedad relativa requiere de una atmosfera moderadamente húmeda, con un óptimo entre el 50 y 70%. Valores por encima del 80 %, unidos a una vegetación exuberante, favorecen ataques de *Botrytis* y provocan deficiente fecundación floral. Humedades relativas bajas hacen que prosperen los ataques de ácaros.

### **2.11.3.2. Lumínicos**

La planta de pimiento es muy exigente en la luminosidad sobre todo en los primeros estadios de su desarrollo y durante la floración, la poca luminosidad provoca el alargamiento de los tallos y debilitamiento de los mismos, además del exceso de follaje incita la caída floral afectando de manera negativa el rendimiento del cultivo (Rodríguez, 2017; Serrano, 2009).

### **2.11.3.3. Edafológicos.**

Tolera diversos tipos de suelo con profundidad moderada de 35 a 50 cm, de textura franco-arenosos, sueltos y bien drenados. Con un rango de pH entre 5.5 y 7.0, con un óptimo de 6.2 (FAO, 1994), relativamente sensible a la salinidad. Demanda un aporte regulado de agua, ya que es muy sensible a la desecación y al encharcamiento del suelo produciendo caída de flores y frutos, con una importante disminución de productividad.

### **2.11.3.4. Nutricionales**

El pimiento es una planta con alta demanda de nutrientes y se debe comenzar con una buena fertilización basal. Las cantidades de fertilizantes variarán significativamente en función factores como disponibilidad de nutrientes en el suelo, calidad del agua de riego, tipo de suelo y clima. La absorción de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P, K,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , depende del estado de desarrollo de la planta (Álvarez y Pino, 2018).

La mayor absorción de nutrientes se produce en los primeros 60 días de crecimiento, y después de la primera extracción de la fruta. Por lo tanto, la planta requiere una alta aplicación de nitrógeno al principio de la temporada de crecimiento con aplicaciones complementarias después de la etapa de inicio de la fruta. Al menos el 50 al 90% del nitrógeno total debe aplicarse en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), (Haifa, 2018).

**Cuadro 2** Principales funciones de los nutrientes vegetales

Nutritivo	Funciones
Nitrógeno (N)	Síntesis de proteínas (crecimiento y rendimiento).
Fósforo (P)	División celular y formación de estructuras energéticas.
Potasio (K)	El transporte de azúcares, el control de las estomas, el cofactor de muchas enzimas, reduce la susceptibilidad a las enfermedades de las plantas y los estreses a-bióticos, contrarresta la salinidad
Calcio (Ca)	Un bloque de construcción importante en las paredes celulares, y reduce la susceptibilidad a las enfermedades.
Azufre (S)	Síntesis de aminoácidos esenciales cistina y metionina.
Magnesio (Mg)	Parte central de la molécula de clorofila.
Hierro (Fe)	Síntesis de clorofila.
Manganeso (Mn)	Necesario en el proceso de fotosíntesis.
Boro (Br)	Formación de la pared celular. Germinación y alargamiento del tubo polínico. Participa en el metabolismo y transporte de azúcares.
Zinc (Zn)	Síntesis de auxinas.
Cobre (Cu)	Influencias en el metabolismo del nitrógeno y de los hidratos de carbono.
Molibdeno (Mo)	Componente de las enzimas nitrato-reductasa y nitrogenasa.

Fuente: Haifa, (2018)

**Cuadro 3** Absorción de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO y MgO durante el ciclo de crecimiento de pimiento cultivado en suelo para un rendimiento estimado de 100 ton/ha

Periodo (días)	Kg/ha/día					Kg/ha/periodo				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
0-35	0.05	0.009	0.10	0.06	0.025	2	0	3	2	1
35-55	0.35	0.07	0.80	0.35	0.17	7	1	16	7	3
55-70	1.20	0.23	2.25	0.98	0.45	18	3	34	15	7
70-85	1.30	0.23	2.60	0.98	0.41	20	3	39	15	6
85-100	2.60	0.78	4.82	2.80	1.41	39	12	22	42	21
100-120	2.75	0.57	5.50	1.12	1.16	55	11	110	22	23
120-140	3.75	1.08	4.82	1.40	1.00	75	22	96	28	20
140-165	3.15	0.78	4.80	1.68	1.19	79	19	120	42	30
<b>Total, en 100 t. ha<sup>-1</sup></b>						<b>294</b>	<b>73</b>	<b>491</b>	<b>173</b>	<b>111</b>

Fuente: adaptado de SQM (2007).

## **2.12. Podas y aclareos**

Las plantas de pimiento con crecimiento indeterminado establecidas bajo invernadero presentan un crecimiento vegetativo continuo durante todo el ciclo. Las podas permiten controlar el balance entre crecimiento y producción (Rea *et al.*, 2008). Además de mejorar la calidad de los frutos y la ventilación entre plantas, evitando el aborto de flores y el desarrollo de enfermedades.

La poda de formación se realiza aproximadamente dos o tres semanas después del trasplante, eliminando la flor que se genera en la primera horqueta de la planta y los brotes laterales que se forman por debajo de esta sobre el tronco principal. Generando en la planta la movilización de todos los nutrientes a las ramas principales. El aclareo de las hojas de las ramas principales que presentan tonalidades distintas al verde de la clorofila o con aspecto no saludable (por enfermedad o daño por plaga), se deben de eliminar. Así como, los primeros frutos que salen cercanos a la cruz de las plantas, cuando estas no presentan un desarrollo vigoroso, permitiendo obtener una producción más homogénea (Agronómica, 2013).

## **2.13. Tutorados**

### **2.13.1. Tipo holandés**

Consiste en elegir de los tres brotes que emergen de la cruz, dos opuestos, suprimiendo el tercero, por encima de una hoja que hará función de tira-savias, estos dos brotes se llevan en forma de V hacia el emparrado superior guiado por rafia, este tipo de tutorado, es utilizado en gran parte en cultivos sin suelo (Gamayo, 2011), dado que mejora la aireación en la planta, ayuda al aprovechamiento de la radiación, favorece en las labores culturales, corrige la calidad del fruto y da mayor control de las enfermedades.

### **2.13.2. Tipo español**

Se tutora horizontalmente con hilos longitudinales que guardan una distancia en altura de unos 20 a 25 cm, uniendo cada dos hilos paralelos con otro hilo transversal a una altura de 1.5 a 2 m , de modo que la planta no vuelque hacia los lados (Gamayo, 2011).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de trabajo

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Departamento de Horticultura, ubicado en Saltillo, Coahuila, (Coordenadas: 25°21'13" N, 101°01'56" O, 1762 msnm). El experimento se estableció en un invernadero con una pared húmeda y extractores para climatización y 30% de sombreo. El ambiente en su interior fue controlado automáticamente por medio de sensores para temperatura con un valor mínimo de 16 °C y máximos de 32 °C, con registros de 60 a 90% humedad relativa y una intensidad de luz de 800 a 1300 w.m.<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Se registraron mediante un registrador de datos WatchDo 1450 de Spectrum Technologies Inc. (Aurora, IL, EE. UU.).

#### 3.2. Material vegetal (híbridos)

- **Lamborghini F1:** Descripción no disponible.
- **Dicaprio F1:** Es un pimiento con una planta vigorosa, de excelente producción, con frutos de 4 lóbulos, color amarillo "limón", de calibre XL-L, calidad homogénea, tolerante al rajado de fruto. Resistente a: HR Tm:0-3, TSW:0 (Enza Zaden, 2019a).
- **Bambuca ZR F1:** Es un pimiento con planta vigorosa y de porte alto. Frutos con forma blocky, de color amarillo brillante, con tamaños de L a XL, con alta vida de anaquel, tolerante a skin cracking. Resistente a HR Tm: 0-3 (Rijk Zwaan, 2019a).

- **Ucumari F1:** Planta fuerte, de producción continua y altos porcentajes. Frutos con forma blocky, calibre XL-L, de color naranja brillante con firmeza en sus paredes, larga vida de anaquel lo que le da una condición de empaque de calidad superior. Resistente a Tm:0-2 (Vitalis, 2019).

### 3.3. Material vegetal (portainjertos)

- **Foundation ZR F1:** Portainjerto de pimiento, de vigor medio, con sistema radicular potente, confiere a la variedad un porte compacto y un alto poder generativo. Resistente a: HR- PVY:0,1/TM:0, IR-Pc/Ma/Mi/Mj, Nemátodo, hongos de raíz y cuello (Rijk Zwaan, 2019b).
- **Yaocali:** Portainjerto de pimiento, de alto vigor, ideal para cultivos en suelo o hidroponía donde debido a condiciones adversas de producción, sus resistencias y vigor son ideales para mantener una producción constante, conservar tamaño y calidad de fruta a lo largo del ciclo de producción. De fácil balance, ideal para cultivos a tres tallos, debido a la fortaleza de su sistema radicular, presenta tolerancia a *Phytophthora* y salinidad (Enza Zaden, 2019b).
- **CLX-PTX991 (Ultron):** Descripción no disponible (material genético de Harris Moran, HM CLAUSE. SA. Rue Louis Saillant ZI La Motte 26800 Portes-Les-Valence France)

### 3.4. Formación del injerto

Para la formación de las plantas injertadas, las semillas para portainjertos y vástagos, se sembraron en bandejas de propagación de poliestireno de 200 cavidades. Utilizando una mezcla de turba ácida/perlita 70/30 para la germinación. Las semillas para los vástagos se sembraron el 5/04/2017. Dejando tres días para sembrar las semillas para los portainjertos, con el fin de sincronizar los diámetros del tallo. Una vez que las plantas alcanzaron un diámetro de tallo de 2 a 2.4 mm, se utilizaron ambos materiales vegetales. Haciendo uso del método de injerto empalme. Los tallos de portainjerto y variedad se cortaron a 45° con una navaja cutter nueva y desinfectada con alcohol etílico al 70%. Los tallos cortados se unieron con clips de silicona de 2.5

mm para proporcionar apoyo. El espacio de trabajo se mantuvo de 22 a 28°C, 80 a 90% de humedad relativa, todos los injertos se realizaron en mesas desinfectadas con cloro a 50 ppm. Las plantas injertadas se mantuvieron en una cámara con 22 a 25 °C, y 80 a 90% de humedad relativa. Durante las primeras 48h, se mantuvieron en total oscuridad para evitar la oxidación celular en el sitio de la unión y favorecer el proceso de cicatrización y unión del injerto. Los siguientes seis días (24 h/día) fueron ciclos diurnos y nocturnos normales. Posteriormente, las plantas injertadas fueron llevadas al invernadero a una temperatura de 18 a 28 °C y humedad relativa de 79 a 90% para adaptación y aclimatación.

### **3.5. Establecimiento**

Las plantas fueron trasplantadas 20 días después del injerto, dejando las pinzas de silicona por unos días más para proporcionar mejor soporte. Tanto los híbridos injertados como los híbridos no injertados se cultivaron en boli de fibra de coco, con 15 cm de separación entre plantas (la densidad real de la fibra de coco fue de 1.48 g.cm<sup>-3</sup> y 76% para capacidad de retención de agua; el espacio poroso total fue del 92%; respecto a las características químicas, el pH fue de 5.2, la conductividad eléctrica del extracto de saturación osciló entre 1,5 y 2 dSm<sup>-1</sup>). Dichos bolis fueron establecidos sobre surcos de suelo a una distancia de 1.80 m, cubiertos con acolchado de plástico negro.

Se realizó en el ciclo Primavera-verano de 2017, bajo un arreglo experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental con 8 tallos útiles con competencia completa. El sistema de cultivo, se distribuyó de la siguiente manera: los portainjertos (Foundation F1, Yaocali F1, CLX-PTX991 F1 (Ultron) y los controles híbridos no injertados) son el primer factor, y los híbridos (Lamborghini F1, Bambuca F1, Dicaprio F1 y Ucumari F1) son el segundo factor, lo que da como resultado una matriz de diseño experimental 4×4.

### **3.6. Manejo del cultivo**

El manejo del cultivo se realizó utilizando el tutorado tipo holandés, además los procesos estándar de podas. El riego fue localizado utilizando estacas de goteo, conectadas en línea en mangueras de polietileno. La solución nutritiva fue tipo Steiner (1984) con niveles de: N-NO<sub>3</sub>, 12.17 meq/l; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1.40 meq/l; K, 7.98 meq/l; Ca, 155.05 meq/l; Mg, 31.23 meq/l; SO<sub>4</sub>, 0.46 meq/l; Na, 137 ppm; Fe, 22.5 ppm; Zn, 6.3 ppm; Mn, 3.04 ppm; Cu, 0.41 ppm; B, 1.68 ppm y pH 7.0, dicha solución fue suministrada nueve ocasiones por día. Y fue de la siguiente manera; 50% al inicio del cultivo, 75 % a los 30 días después del trasplante y 100% iniciada la floración y fructificación hasta el término del ciclo, se utilizó drenaje de solución de 20%.

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron algunas plagas como mosca blanca (*Bemisia tabaci Gennadius*) y trips (*Frankliniella occidentalis Pergande*), que fueron controladas con la aplicación alternada de Spirotetramat al 15.3%, Spiromesifen al 23.1%, Imidacloprid 17% + cylvutrin 12% a razón de 1 ml/L<sup>-1</sup> y metomilo 90%, a razón de 1 gr/L<sup>-1</sup>. Al final del ciclo se observó la presencia en menor grado de cenicilla (*Leveillula taurica*), por lo que fue controlada con la aplicación de azufre elemental al 52% a razón de 1.5 ml/L<sup>-1</sup>, dirigido al follaje.

### **3.7. Evaluación de factores de estudio**

Para fines de este estudio, durante la etapa del cultivo, se contabilizó, midió y pesó, el rendimiento, calidad y características morfológicas.

#### **3.7.1. Rendimiento del cultivo**

##### **3.7.1.1. Gramos de fruto por planta**

Se estimó pesando todos los frutos de cada parcela útil en una balanza digital SARTORIUS modelo TS 1352Q37 y dividiendo ese dato entre el número de plantas tomas en cuenta. A los primeros 90 días después del trasplante se realizó la primera cosecha de once efectuadas durante el ciclo de producción, recolectando frutos con más del 60% de colorido.

### **3.7.1.2. Toneladas por hectárea**

Se extrapolo rendimiento total por hectárea, multiplicando el rendimiento por planta por el total de plantas que corresponde a cada tratamiento probado que fue 36,000 plantas.

### **3.7.1.3. Número de frutos por planta**

Después de pesar los frutos se contaron los frutos de cada planta que se cosecharon de cada unidad, sumándolos a la cuenta por cada cosecha.

### **3.7.1.4. Peso promedio de fruto**

Se calculó dividiendo el peso total de los frutos de cada unidad entre número total de frutos.

## **3.7.2. Características morfológicas**

### **3.7.2.1. Altura total de planta**

Se estimó midiendo cuatro plantas al azar por cada unidad, con una cinta métrica.

### **3.7.2.2. Longitud y ancho de la hoja**

Se estimó midiendo al azar cuatro hojas completamente desarrolladas por unidad, a una altura de 50 cm por encima del suelo y con una cinta métrica.

### **3.7.2.3. Diámetro del tallo principal**

Se estimó midiendo al azar cuatro plantas a 5 cm por encima del suelo, utilizando un vernier digital marca Autotec®.

## **3.7.3. Mediciones de calidad de fruto**

Las variables de calidad de fruto, se estimó midiendo ocho frutos al azar por repetición de tres cosechas, con intervalo de 21 días entre cada una.

#### **3.7.3.1. Diámetro ecuatorial del fruto**

Se determino con un vernier digital marca Autotec®, colocándolo en ángulo recto al eje longitudinal para medir la distancia entre las caras del fruto. Los datos se expresaron en milímetros.

#### **3.7.3.2. Longitud del fruto**

Se determino con un vernier digital marca Autotec®, colocándolo en línea paralela al eje longitudinal desde la base del pedúnculo al ápice del fruto. Los datos se expresaron en milímetros.

#### **3.7.3.3. Grosor del mesocarpio**

Para la cuantificación de esta variable se utilizó un vernier digital marca Autotec®. Y se expresó en milímetros

#### **3.7.3.4. Firmeza del fruto**

Se determinó con un penetrómetro Fruit Pressure Tester modelo FT-327 de 13 kg cm<sup>-2</sup> con una puntilla de 3 mm, para esto se introdujo la puntilla del penetrómetro sobre la cutícula del fruto de un solo impulso tomando una sola lectura.

#### **3.7.3.5. Sólidos solubles totales**

Se cuantifico colocando una gota de jugo extraído del fruto sobre el sensor óptico del refractómetro Atago N-1E®, expresada en (°Brix).

#### **3.7.3.6. Vitamina C**

Se determinó de acuerdo a la metodología oficial de la A.O.A.C (2000), método de titulación con 2,6 Dicloroindofenol-reactivo de Tihelmann expresado en miligramos de vitamina C por cada 100 gramos de peso fresco de fruto (mg 100g<sup>-1</sup>).

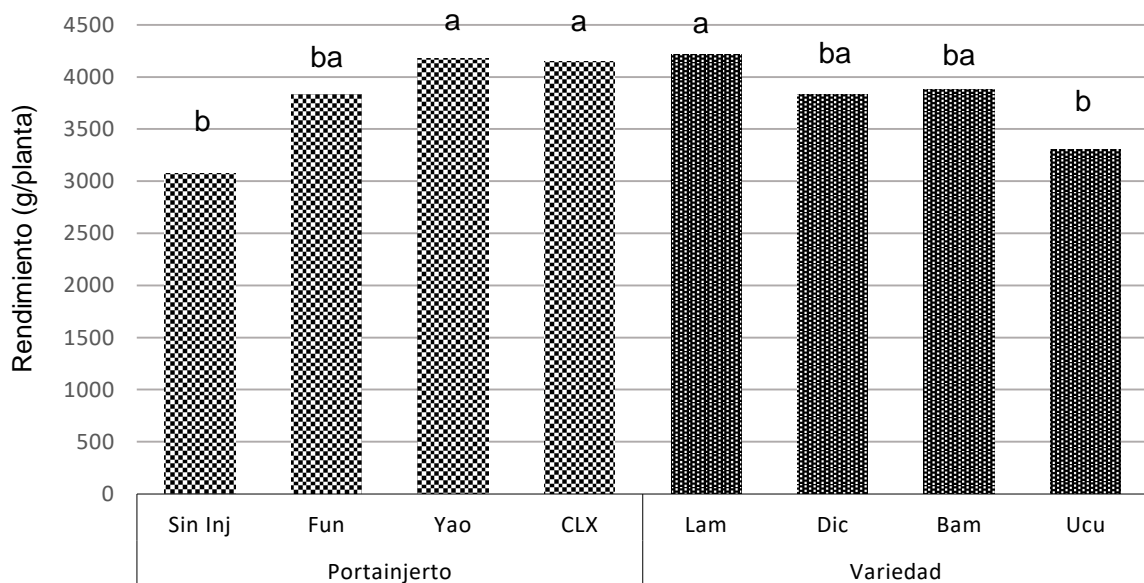
#### **3.7.4. Análisis estadístico**

El presente experimento, tuvo una matriz factorial de 4x4, con 16 tratamientos configurados en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron en un análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos (Tukey, P ≤0.05). Haciendo uso del paquete estadístico SAS, versión 9.1.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

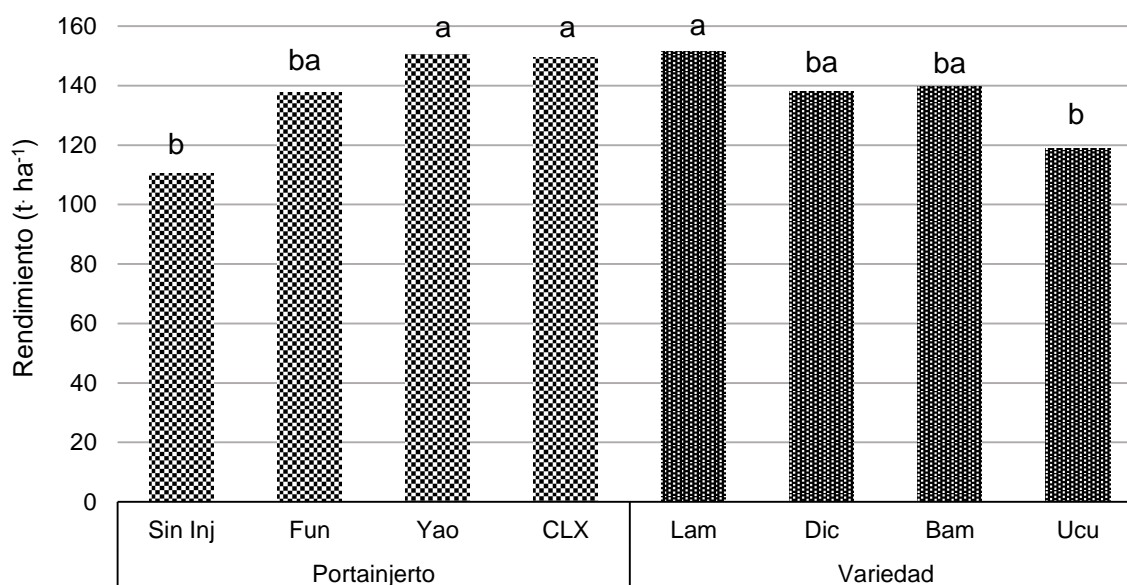
### 4.1. Rendimiento del cultivo

**Gramos de fruto cosechado por planta.** El análisis de varianza exhibió diferencias significativas entre portainjertos y variedades, la Figura 7 muestra que los portainjertos Yaocali y CLX-PTX991 reflejaron un aumento significativo ( $P \leq 0.05$ ), con respecto de las variedades no injertadas, lo cual indicó que ambos patrones son estadísticamente iguales y superaron a los no injertados en un 33%. Entre las variedades se encontró que Lambourghini tuvo el mayor rendimiento por planta, superando a Dicaprio y Bambuca en un 11%, y a Ucumari en un 22%. Caso similar al de Doñas *et al.*, (2014) al encontrar durante su evaluación de diferentes portainjertos en el cultivo de pimiento italiano, que el patrón Tesor injertado con Palermo (2.31 kg/planta) mejoró el rendimiento acumulado por planta a diferencia de cuando no se injertó el híbrido (1.39 kg/planta).



**Figura 7** Comparación de medias (Tukey,  $\leq 0.05$ ), de la variable gramos de fruto por planta entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco.

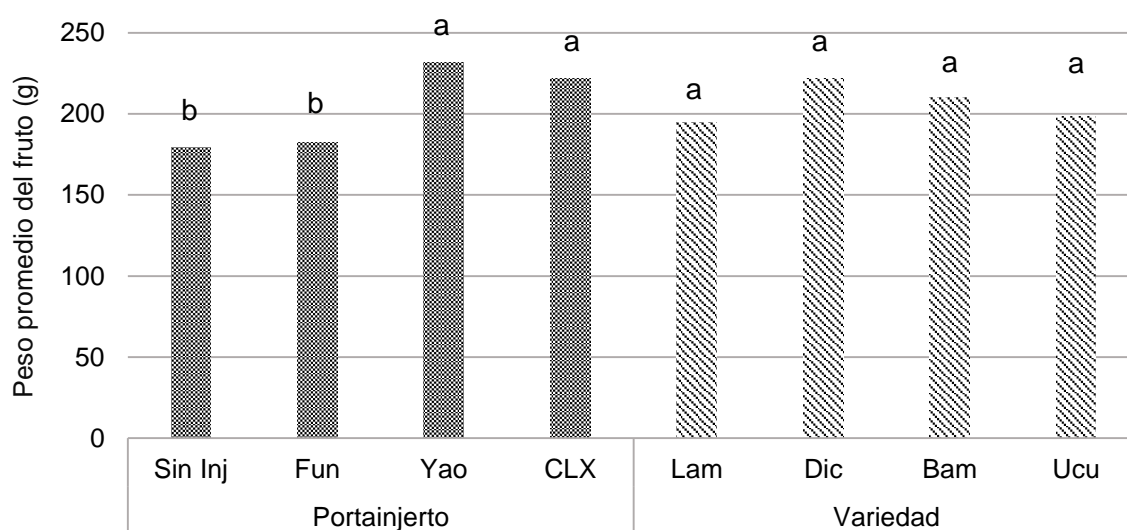
**Toneladas por hectárea.** El análisis de varianza presentó diferencias significativas entre los portainjertos e híbridos, la Figura 8, muestra que el rendimiento de los portainjertos Yaocali y CLX-PTX991, presentaron los más altos rendimientos, con un 33% más respecto a los híbridos no injertados. Las variedades, Bambuca y Dicaprio mostraron ser estadísticamente iguales entre sí, pero superaron en 14% a Ucumari. En cuanto a Lambourghini tuvo el mayor rendimiento, con un incremento del 25% ante Ucumari y 6% respecto a Bambuca y Dicaprio. En contexto Muñoz *et al.*, (2015) encontraron que entre las variedades Robusto y Sweet injertadas sobre Terrano existió una diferencia del 5.53%. Por otra parte Acevedo y Sánchez, (2017) encontraron que el uso del portainjerto permite aumentar la producción y el estado nutricional del pimiento morrón de las variedades Fascinato y Janette, por tanto, asumen que el uso de portainjertos podría ser una técnica viable en la horticultura sustentable del futuro. Por lo que se puede comprobar lo dicho por Zijlstra *et al.*, (1994) al mencionar que el portainjerto determina el rendimiento en las plantas injertadas.



**Figura 8** Comparación de medias (Tukey,  $\leq 0.05$ ), de la variable toneladas por hectárea entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco.



**Peso promedio de fruto.** El análisis de varianza exhibió diferencias significativas entre portainjertos, mas no entre variedades, la Figura 9 muestra que los portainjertos Yaocali y CLX-PTX991 superaron en un 28% a los híbridos no injertados. En relación Ruiz *et al.*, (1997) encontraron que el portainjerto de calabaza de la variedad Kamel injertado con las variedades de melón Yuma y Gallicum tuvieron mejor rendimiento de fruto que las que no fueron injertadas. Además, destacaron que, en los híbridos injertados, el rendimiento fue similar cuando se utilizó el portainjerto. Por otra parte Sánchez *et al.*, (2015) encontraron que el portainjerto Terrano injertado con las variedades Fascinato y Janette presentaron mayor peso del fruto en comparación a las mismas variedades sin injertar.

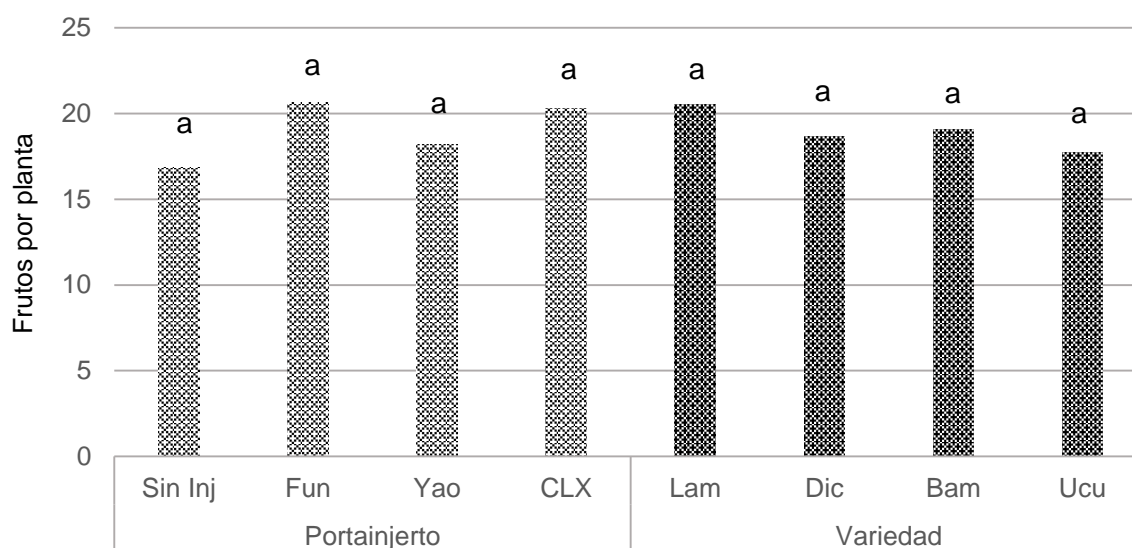


**Figura 9** Comparación de medias (Tukey,  $\leq 0.05$ ), de la variable peso promedio de fruto entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco.

**Número de frutos por planta.** El análisis de varianza no presentó diferencias significativas en cuanto a portainjerto y entre variedades, por lo tanto, la comparación de medias (Figura 10) indica que el número de frutos por planta, entre portainjertos y entre variedades son estadísticamente iguales. Coincidiendo con lo señalado por Antonio y Solís (1999), al encontrar que con el aumento del peso del fruto se reduce el número de ellos por planta, o viceversa, existiendo una correlación negativa. Por lo que en, nuestra investigación, se muestra que Yaocali como patrón injertado presentó

mayor PPF (231.50 g) (Figura 9) pero menor NFP (18.19) (Figura 10), en el caso de Fundación su relación fue inversa, ya que tuvo menor PPF (182.35 g), pero mayor NFP (20.63); en cuanto a CLX-PTX991 este portainjerto mostró tener altas medias en el PPF (222.02 g) y a la vez en el NFP (20.29) incrementando en un 33% y 15% respectivamente, en comparación con los no injertados, por lo que tuvo mayor incremento en rendimiento y cantidad de fruto.

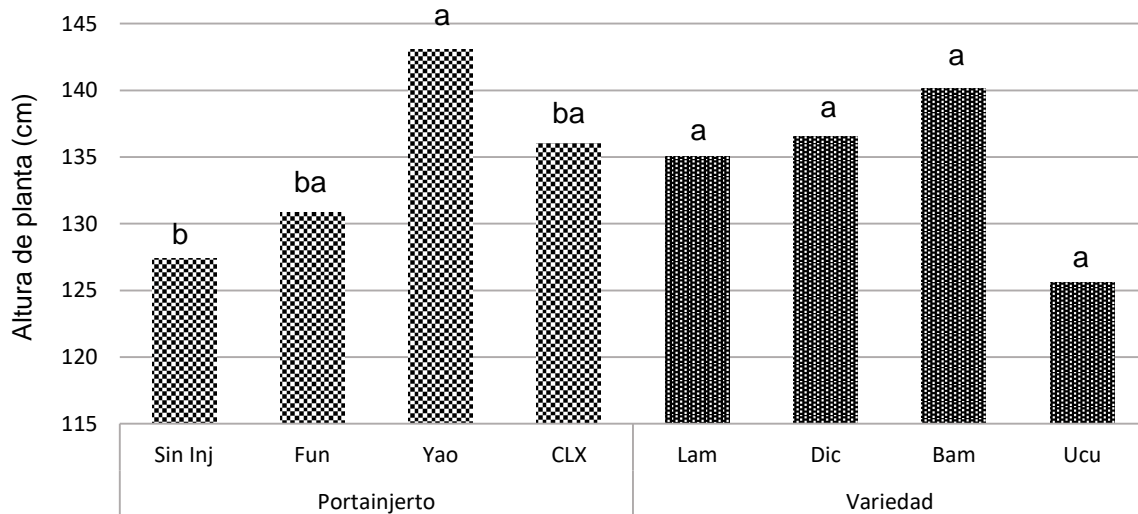
En cuanto a los híbridos, Dicaprio, Bambuca y Ucumari mostraron tener regularmente los PPF altos y a la vez los NFP bajos, en cuanto a Lambourghini este tuvo el menor PPF, pero el mayor NFP, el cual ayudo a incrementar su rendimiento en gramos/planta y por ende en toneladas por hectárea.



**Figura 10** Comparación de medias (Tukey,  $\leq 0.05$ ), de la variable número de frutos por planta entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco.

## 4.2. Características morfológicas

**Altura total de planta.** El análisis de varianza reflejó diferencia significativa únicamente entre portainjertos, mas no entre variedades; en la comparación de medias (Figura 11) se encontró que el patrón Yaocali mostró mayor longitud de planta, superando a CLX-PTX991, Foundation y a los híbridos no injertados en 6%, 10% y 13% respectivamente. En éste contexto Ergun y Aktas, (2018) encontraron que la altura de las plantas injertadas, fueron mayores que las de control. Por otro lado Na *et al.*, (2012) mencionan que las plantas injertadas presentan un incremento significativo de 39 %, con respecto de plantas sin injertar en dicha variable.

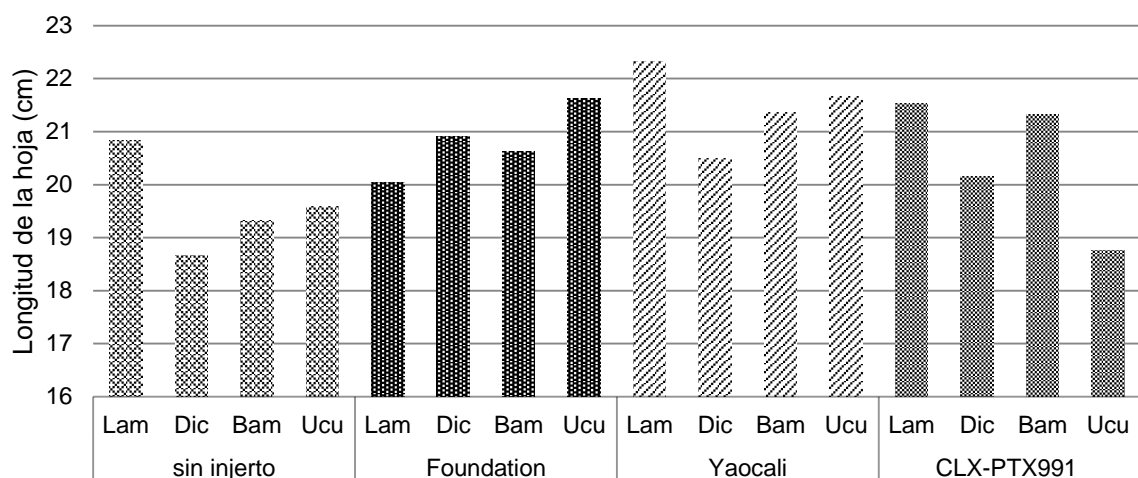


**Figura 11** Comparación de medias (Tukey,  $\leq 0.05$ ), de la variable altura total de planta entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco.

**Longitud y ancho de la hoja.** El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los portainjertos en la longitud de la hoja, mas no en el ancho de la misma; en cuanto a las variedades no se encontró diferencia significativa en la longitud foliar, sin embargo si en el ancho de la hoja.

La Figura 12 muestra interacciones entre los portainjertos con los híbridos estudiados, la combinación de Ucumari/Yaocali, tuvo mejor resultado con 21.67 cm,

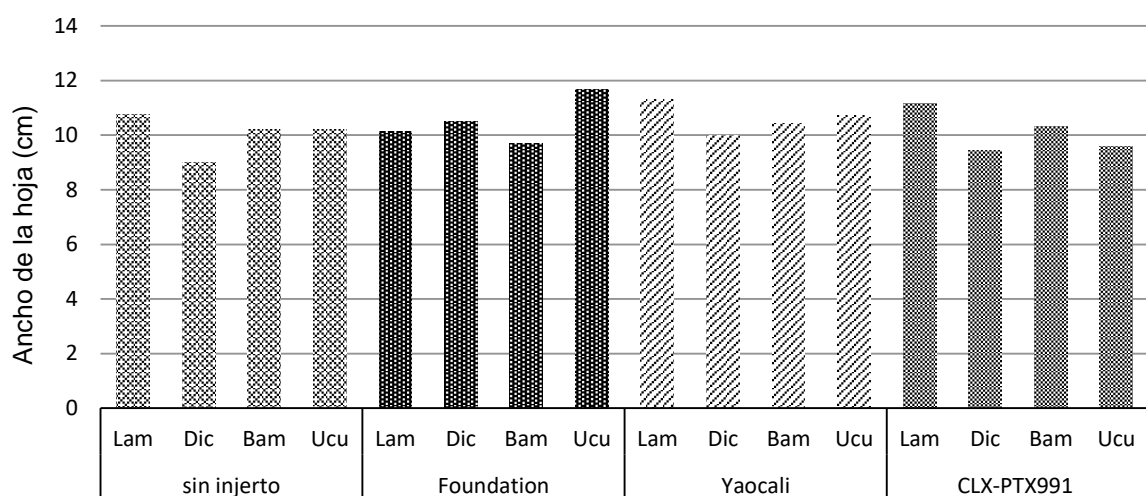
seguido por Lambourghini/CLX-PTX991 (21.54 cm), Dicaprio/Fundation (20.91 cm) y Lambourghini sin injerto (20.83 cm), por ende, el portainjerto Yaocali mostro tener la mayor influencia sobre la longitud foliar. Lee *et al.*, (2010) menciona que el portainjerto promueve el crecimiento vegetativo del injerto debido al sistema radical más vigoroso que presentan los portainjertos, los cuales son capaces de absorber eficientemente más agua y nutrientes que las plantas sin injertar. Por otro lado Velasco, (2013) reporta que las plantas injertadas de tomate conducidas a un tallo incrementaron 2.4 cm aproximadamente la longitud de hoja, comparado con plantas no injertadas conducidas a un tallo; a su vez, las plantas injertadas dirigidas a dos tallos incrementaron 3.6 cm la longitud, en relación a las plantas no injertadas conducidas a dos tallos.



**Figura 12** Interacción significativa de la variable longitud de la hoja, en la relación de portainjertos y variedades cultivados en fibra de coco.

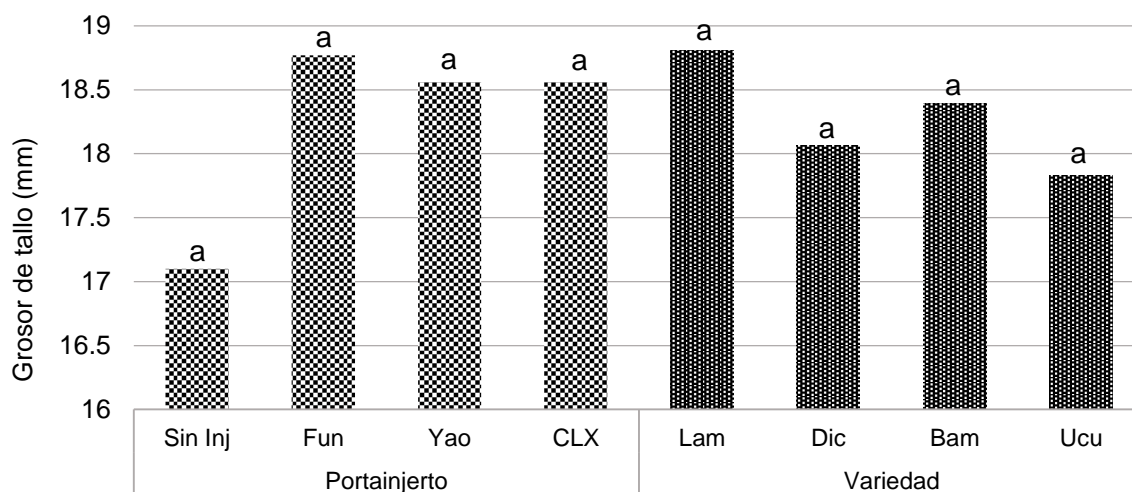
Así mismo en el ancho de la hoja (Figura 13) la combinación de Ucumari/Fundation, obtuvo mejor resultado con 11.66 cm, seguido por Lambourghini/Yaocali con 11.29 cm, Lambourghini/CLX-PTX991 11.16cm y Lambourghini sin injerto con 10.75 cm, por lo que el híbrido Lambourghini mostro tener mejor compatibilidad entre los portainjertos. Yetistir y Sari, (2003) en su evaluación de 10 portainjertos, encontraron que las plantas de sandía injertadas sobre *Lagenaria*, *Lagenaria* hybrid y *Cucurbita* hybrid, estas tenían áreas foliares más grandes que las plantas control. Heuvelink y Buiskool, (1995) mencionan que el aumento de área foliar

implica mayor intercepción de luz, la cual incrementa la tasa fotosintética, relacionada con mayor acumulación de biomasa. Lo que confirma Sánchez *et al.*, (2015) al señalar que el portainjerto confiere mayor vigor a las variedades injertadas.



**Figura 13** Interacción significativa de la variable ancho de la hoja, en la relación de portainjertos y variedades cultivados en fibra de coco.

**Diámetro del tallo principal.** El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre portainjertos y entre variedades. Lo que significa que portainjertos y variedades son estadísticamente iguales (Figura 14); a pesar a ello, las variedades Lambourghini y Bambuca, mostraron mayor grosor. Rodríguez *et al.*, (1984) refieren que el diámetro del tallo en tomate puede llegar a los 2.5 cm de tal forma que a mayor diámetro incrementa el transporte nutrimental y por ende el número de frutos y en consecuencia el rendimiento. Por otro lado González *et al.*, (2014) reportan que entre los portainjertos de *Cucurbita argyrosperma* K. Koch var. *Stenosperma*, *Cucurbita ficifolia* Bouché y *Luffa cylindrica* L., el pepino injertado en calabaza produjo el mayor diámetro de tallo y la mayor área foliar.

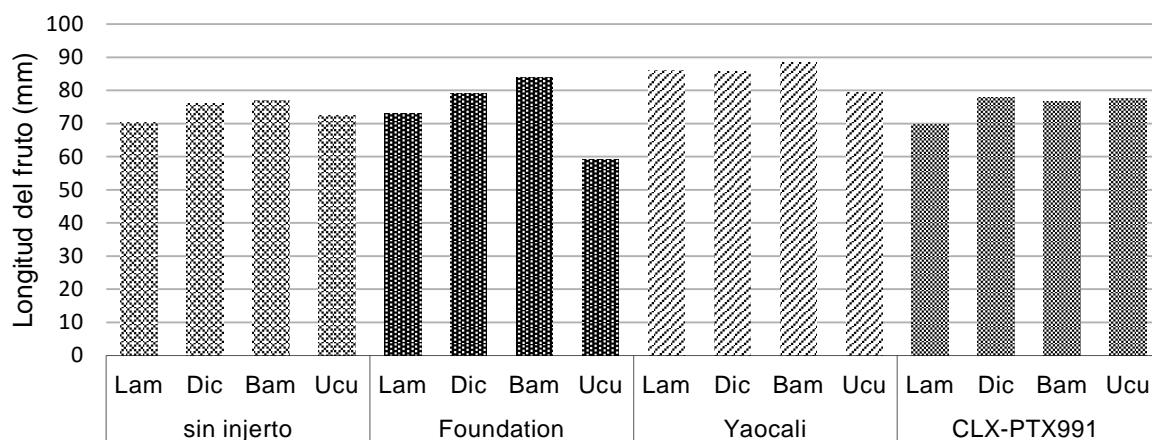


**Figura 14** Comparación de medias (Tukey,  $\leq 0.05$ ), de la variable diámetro del tallo principal entre portainjertos y variedades de pimiento morrón cultivado en fibra de coco.

### 4.3. Calidad de fruto

**Longitud y diámetro ecuatorial del fruto.** El análisis de varianza exhibió diferencias significativas entre portainjertos y variedades en la longitud de fruto (LF), pero no sobre el diámetro ecuatorial del fruto (DEF). Por lo que la comparación de medias (Cuadro 4), indica que el DEF son estadísticamente iguales entre portainjertos y variedades.

La Figura 15, muestra que la combinación de Bambuca/Yaocali, tuvo el mejor de los resultados con 88.48 mm, seguido por Lambourghini/Yaocali (86.08 mm) y Dicaprio/Yaocali (85.75 mm). En comparación con los resultados de los híbridos sin injertar, el híbrido Bambuca tuvo una diferencia del -28%, Lambourghini con -37%, y Dicaprio con -32%, en cuanto Ucumari sin injertar tuvo un resultado de 77 mm, combinado con Yaocali este mostro un resultado ligeramente superior (79.26 mm), sin embargo, la combinación Ucumari/Fundation, Lambourghini/CLX-PTX991 y Bambuca/CLX-PTX991 mostraron baja compatibilidad en la variable longitud del fruto. Por lo que el portainjerto Yaocali tuvo influencia positiva en la longitud del fruto de los híbridos utilizados.



**Figura 15** Interacción significativa de la variable longitud del fruto, en la relación de portainjertos y variedades cultivados en fibra de coco.

**Grosor del mesocarpio y firmeza del fruto.** El análisis de varianza no mostró diferencia significativa, por influencia de los patrones e híbridos sobre el grosor del mesocarpio (GM), en cuanto a firmeza del fruto (FF) entre los portainjertos no hubo diferencias significativas, a pesar de ello si entre las variedades. En la comparación de medias (Cuadro 4), GM y FF de portainjertos son estadísticamente iguales, sin embargo, en su observación numérica, el híbrido Yaocali presenta las medias más altas de ambos parámetros. En cuanto a las variedades, el híbrido Ucumari fue significativamente superior en un 5.8%, respecto a Dicaprio y Bambuca, las cuales estadísticamente fueron equivalentes entre sí. Esto pudiera deberse a que la variedad influye en los parámetros de diámetro, longitud, peso del fruto, firmeza, sólidos solubles totales (Palacio y Sánchez, 2017).

**Vitamina C y sólidos solubles totales** El análisis de varianza no detecto diferencia significativa por efecto de los portainjertos y variedades, sobre la Vitamina C, mientras que para sólidos solubles totales (SST) entre portainjertos no hubo diferencia significativa, sin embargo, si entre las variedades. En la comparación de medias entre los portainjertos (Cuadro 4), la cuantificación de Vitamina C y SST entre híbridos, son estadísticamente iguales, por lo que numéricamente, los híbridos sin injertar tuvieron

mayor asimilación de estas variables. Caso similar fue reportado por Sánchez *et al.*, (2015) al encontrar que las variedades sin injertar tuvieron los promedios más altos en sólidos solubles totales, probablemente por dilución, por la mayor absorción de agua de los portainjertos y mayor tamaño de fruto. Gisbert *et al.*, (2010) mencionan que los portainjertos Foc y Charlot no modificaron el contenido de vitamina C y minerales, por lo que podrían ser portainjertos de pimiento muy adecuados al tener ausencia de modificaciones negativas en los parámetros de calidad, lo que se traduce en estabilidad.

Respecto a las variedades, si hubo diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles totales, donde se refleja que el híbrido Ucumari cuantificó el mayor contenido de sólidos solubles, superando a Lambourghini y Dicaprio en un 14%, y a Bambuca en un 28.5% (Cuadro 4). En cuanto a la Vitamina C se aprecia que Ucumari, pimiento de color naranja, fue superior en un 7.1% a comparación de Bambuca, que fue un pimiento de color amarillo, Lambourghini superó a Ucumari en un 11.5%. En este sentido Lee, (1994) menciona que, en la producción de sandía y pepinos injertados, se puede apreciar el incremento en tamaño, pero a la vez se puede afectar la cuantificación de sólidos solubles, color, textura y color de la pulpa.

**Cuadro 4** Comparación de medias (Tukey  $P \leq 0.05$ ) para las variables calidad de fruto

Portainjerto	DEF (mm)	GM (mm)	FF (kg cm <sup>-2</sup> )	Vit. C (mg.100g)	SST (°Brix)
Sin injerto	88.40 a <sup>&amp;</sup>	6.67 a	15.91 a	149.99 a	5.99 a
Foundation	85.08 a	6.62 a	15.82 a	128.93 a	5.81 a
Yaocali	89.07 a	7.16 a	16.14 a	130.66 a	5.66 a
CLX-PTX991 (Ultron)	87.47 a	6.71 a	16.05 a	139.17 a	5.40 a
<b>Variedad</b>					
Lambourghini	87.16 a	6.97 a	16.31 ba	147.97 a	5.82 b
Dicaprio	89.72 a	6.90 a	15.49 b	134.12 a	5.31 cb
Bambuca	87.25 a	6.56 a	15.50 b	126.48 a	4.99 c
Ucumari	85.90 a	6.73 a	16.63 a	140.18 a	6.75 a
DMS	5.53	0.69	0.92	21.69	0.62

DMS: Diferencia mínima. <sup>&</sup>Medias con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales según las pruebas Tukey  $P \leq 0.05$



## V. CONCLUSIONES

El uso del injerto en el cultivo de pimiento morrón, cultivado en fibra de coco, puede mejorar el vigor y características de la planta, además de incrementar el rendimiento en más del 30%, siempre y cuando se tenga la correcta afinidad entre el portainjerto y variedad comercial, ya que no todas las combinaciones pueden lograr los resultados esperados.

Entre los portainjertos utilizados, CLX-PTX991 (Ultron), mostró mayor contribución hacia las variedades injertadas, al mostrar mayor rendimiento en gramos de fruto cosechado por planta, número de frutos por planta y por ende en toneladas por hectárea.

El desempeño de las variedades fue diferente en los parámetros de; diámetro, longitud, firmeza, saturación de sólidos y peso promedio del fruto, siendo mejor Lambourghini, Dicaprio y Bambuca respectivamente, por lo que la carga genética de cada variedad determina su desempeño en campo o bajo cubierta.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, C. J. y C. E. Sánchez. 2017. Eficiencia del uso de portainjerto sobre el rendimiento y dinámica nutricional foliar de macronutrientes en pimiento morrón. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(3):685-93.
- Agronómica. 2013. La poda del pimiento en el huerto. *Agromática*. Recuperado 2 de abril de 2019 (<https://www.agromatica.es/la-poda-del-pimiento-en-el-huerto/>).
- Álvarez, F. y M. T. Pino. 2018. Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. Pp. 41-57 en *Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- AMHPAC. 2019. Agricultura Protegida en México. Asociación Mexicana de Horticultura Protegida. Recuperado 22 de abril de 2019 (<http://www.amhpac.org/es/index.php/informacion/horticultura-en-mexico>).
- Angela, R. D., V. P. Perkins, Y. Sakata, G. S. López, J. V. Maroto, S. G. Lee, Y. C. Huh, Z. Sun, A. Miguel, S. R. King, R. Cohen, y J. M. Lee. 2008. Cucurbit Grafting. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 27(1):50-74.
- Antonio, A. y V. Solís. 1999. Evaluación rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en Chapingo, México. Tesis profesional, UACH, Chapingo, México.
- Ávila, O. P., A. J. Solís, F. S. Pavía, G. H. Hernández, Díaz, F. J. P. Margez, B. A. Ponce, y E. Olivas. 2012. Injertos en chiles tipo Cayene, jalapeño y chilaca en el noroeste de Chihuahua, México. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(4):739-50.
- Boutelou, Claudio. 2007. Tratado del Injerto. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de Andalucía.

- Calatayud, A., C. Penella, V. Penella, J. Marsal, L. Bonet, S. G. Nebauer, A. San Bautista, y S. López-Galarza. 2015. Respuesta de las plantas injertadas de pimiento en condiciones de estrés hídrico: influencia del injerto y del patrón. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*. 34(381):84-86.
- Casilimas, C., O. Monsalve, O. R. Bojaca, R. Gil, E. Villagrán, L. A. Arias, y L. S. Fuentes. 2012. Manual de producción de pimiento bajo invernadero. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Chen, Y. W., J. L. Lin, C. G. Luther. 2016. Crop specific grafting methods, rootstock and scheduling. Pepper. en *Grafting manual: How to produce grafted vegetable plants*.
- Colla, G., Y. Rouphael, M. Cardarelli, A. Solerno, y E. Rea. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*. 68(3):283-91.
- Deere. 2004. La agricultura protegida en México. Recuperado 4 de febrero de 2019 (<https://www.deere.com.mx/es/nuestra-compañía/medios-y-noticias/nuestras-novedades/2018/jul/la-agricultura-protegida-en-mexico.html>).
- Delgado, L. E. P. y G. R. Morales. 2017. El injerto herbáceo en tomate: alternativa fitotécnica para el control de nematodos. *Universidad & Ciencia*. 6(1):10-18.
- Djian, C., L. Pijarowski, A. Januel, V. Lefebvre, A. Daubèze, A. Palloix, A. Dalmaso, y P. Abad. 1999. Spectrum of resistance to root-knot nematodes and inheritance of heat-stable resistance in pepper (*Capsicum Annuum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 99(3):496-502.
- Dong, H., Y. Niu, W. Li, y D. Zhang. 2008. Effects of cotton rootstock on endogenous cytokinins and abscisic acid in xylem sap and leaves in relation to leaf senescence. *Journal of Experimental Botany*. 59(6):1295-1304.

- Doñas, U. F., L. M. Jiménez, C. J. A. Góngora, M. D. Pérez, F. D. Verde, y F. F. Camacho. 2014. Influence of three rootstocks on yield and commercial quality of “Italian Sweet” pepper. *Ciência e Agrotecnología*. 38(6):538-45.
- El-Gazzar, T. M., K. K. Dawa, E. A. Ibrahim, y A. M. El-Awady. 2016. «Effect of Rootstocks and Grafting Methods on Watermelon (*Citrullus lanatus*) Production. Production. *J. Plant Production, Mansoura Univ.* 7(6):603-9.
- Enza Zaden. 2019a. Dicaprio. Productos y servicios. Recuperado 2 de febrero de 2019 (<http://www.enzazaden.com.mx/products-and-services/our-products/Dicaprio>).
- Enza Zaden. 2019b. Yaocali. Recuperado 2 de febrero de 2019 (<http://www.enzazaden.com.mx/products-and-services/our-products/Yaocali>).
- Ergun, V. y H. Aktas. 2018. Effect of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum Annuum* L.) grown under open field conditions. Grown under open field conditions. *Scientific papers-series b-horticulture*. 57(62):463-66.
- Estrada, E, R. K. Gallardo, Carol A. Miles, y S. R. Schaffer. 2013. Injerto de Verduras: Berenjenas y Tomates. Hoja Informativa de La Universidad Estatal de Washington (Fs052es).
- FAO. 1994. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO).
- FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Recuperado 10 de diciembre de 2018 (<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>).
- Ferre, F. C. y J. C. T. Marquina. 2006. Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas intensivos. Ediciones Agrotécnicas.
- FND. 2015. Invernaderos Protección Agroalimentaria. Recuperado 30 de diciembre de 2018 (<https://www.gob.mx/fnd/articulos/invernaderos-proteccion-agroalimentaria?idiom=es>).

- Frances, M. M. A., L. A. Plasencia, T. J. C. Marquina. 2009. Ecología de la microbiota fúngica de los suelos de los invernaderos de pimiento y su interés agronómico. 1.<sup>a</sup> ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gamayo, J. de D. 2011. El cultivo protegido de pimiento. 33-39.
- Gaytan, A., Y. Chew, D. Reta, J. Espinosa, y I. Reyes. 2013. Uso de injerto en hortalizas. Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia–Universidad de Juárez del Estado de Durango. 37-52.
- Gisbert, C., S. P. Torres, D. M<sup>a</sup> Raigón, y F. Nuez. 2010. Phytophthora capsici resistance evaluation in pepper hybrids: agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants. Journal of food, agriculture & environment. 8(1):116-21.
- González, A. de M. 2011. El injerto de plantas de tomate. Poscosecha - Biblioteca Horticultura. Recuperado ([www.poscosecha.com](http://www.poscosecha.com)).
- González, F. M., A. Hernández, A. Casanova, T. Depestre, y L. Gómez. 2008. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. 23(2):6.
- González, H. Z., S. J. Castellanos, E. P. Robles, M. T. León, y R. J. E. Pérez. 2014. Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. Revista Fitotecnia Mexicana. 37(1).
- Haifa. 2018. Crop Guide: Pepper fertilization recommendations. Haifa Group. Recuperado 26 de marzo de 2019 (<https://www.haifa-group.com/pepper-fertilizer/crop-guide-pepper-fertilization-recommendations>).
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1991. Propagación de plantas principios y prácticas. Trad. Antonio Marino Ambrosio. México, DF: C.E.C.S.A.
- Heuvelink, E. y R. P. M. Buiskool. 1995. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. Annals of Botany. 75(4):381-89.

- ITC. 2017. International trade center. Recuperado 10 de marzo de 2019 (<http://www.intracen.org>).
- Jensen, M. H. y A. J. Malter. 1995. Protected Agriculture: A Global Review. Washington, D.C: World Bank.
- Jovicich, E., D. J. Cantliffe, P. J. Stoffella, y D. Z. Haman. 2004. Bell pepper fruit yield and quality as influenced by solar radiation-based irrigation and container media in a passively ventilated greenhouse. *HortScience*. 42(3):642-52.
- Kubota, C. 2016a. Crop specific grafting methods, rootstock and scheduling. automation in vegetable grafting nurseries. en *Grafting manual: How to produce grafted vegetable plants*.
- Kubota, C. 2016b. Crop specific grafting methods, rootstock and scheduling. history of vegetable grafting. en *Grafting manual: How to produce grafted vegetable plants*.
- Kubota, C., M. A. McClure, K. N. Burrelle, M. G. Bausher, y E. N. Roskopf. 2008. Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North América. *HortScience*. 43(6):1664-69.
- Kurata. 1994. Cultivation of grafted vegetables 2. Development of grafting robots in Japan. (29):240-44.
- Lee. 2007. Production of high quality vegetable seedling grafts. *Acta Horticulturae*. 759(169):169-79.
- Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*. 29(4):235-39.
- Lee, J. M., C. Kubota, S. J. Tsa, Z. Bie, P. H. Echeverria, L. Morra, y M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*. 127(93):93-105.

- Lee, J. M., M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Pp. 61-124 en *Horticultural Reviews*. Vol. 28.
- Lowman, M. S. y J. W. Kelly. 1946. The presence of mydriatic alkaloids in tomato fruit from scions grown on *Datura stramonium* rootstock. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 48:249-59.
- Marín, J. L., A. Gálvez, I. P. Castillo, y J. M. B. Martínez. 2016. Injerto en pimiento (*Capsicum annuum*): Beneficios y rentabilidad de su uso. ITEA, Información Técnica Económica Agraria: revista de la asociación interprofesional para el desarrollo agrario (AIDA). 112(2):127-46.
- Mármol, R. J. 2010. Cultivo del Pimiento Dulce en Invernadero. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- Martínez, L. G. 2019. Horticultural grafting boosts Mexican women while saving the ozone layer. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Recuperado (<https://www.unido.org/news/horticultural-grafting-boosts-mexican-women-while-saving-ozone-layer>).
- Miguel, A., De la F. Torre, C. Baixauli, J. V. Maroto, C. Jorda, M. López, y J. García. 2007. Injerto de Hortalizas. 1.<sup>a</sup> ed. España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Miles, C., P. Devi, X. Zhao, y W. Guan. 2017. Crop specific grafting methods, rootstock and scheduling. watermelon and melon grafting. en *Grafting manual: How to produce grafted vegetable plants*.
- Moore, R. 1984. A model for graft compatibility – incompatibility in higher plants. *Amer. J. Bot.* 71(5):5-7.
- Moroto, J. 1983. Horticultura herbacea especial. P. 340 en, editado por Mundi Prensa.

- Mudge, K., J. Janick, S. Scofield, y E. E. Goldschmidt. 2009. A history of grafting. Pp. 437-93 en *Horticultural Reviews*, editado por J. Janick. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Muñoz, A. A. 2005. La técnica del injerto en plantas hortícolas. *Horticultura internacional*. (1):62-65.
- Muñoz, E., E. Sánchez, M. Flores, y J. Sida. 2015. ¿Puede el portainjerto incrementar la producción en variedades de pimiento morrón? *Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. 2015, Año internacional de los suelos: Crear conciencia en la sociedad para el manejo sostenible del suelo.
- Na, L., Z. Bao-li, H. Jing, L. Bo, y Z. Wei-min. 2012. Biological characteristics of grafted eggplant on tomato rootstocks. *African journal of agricultural reseearch*. 7(18).
- Oda, M. 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production. *Food & fertilizer technology center extension bulletin*. 480:1-11.
- 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. National Research Institute for Vegetables, Ornamental Plants and Tea*. (9):51-60.
- Pacheco, A. y A. Bastida. 2011. Agricultura protegida (ventajas y desventajas en el uso de invernaderos). *TecnoAgro*, 4-9.
- Palacio, A. y E. Sánchez. 2017. Influencia de la variedad, portainjerto y época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón. *Nova scientia*. 9(19):1-23.
- Rea, G. M. M., A. Baille, H. Liu. 2008. Influence of fruit load on dry matter and N-distribution in sweet pepper plants. *ScienceDirect*. 117(4):307-15.
- Reséndez, M. A., A. J. Durón, L. A. González. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios XV*.



- Rijk Zwaan. 2019a. BAMBUCA RZ F1 (35-240). Recuperado 2 de febrero de 2019 (<https://www.rijkszwaan.mx/find-your-variety/pimiento/bambuca-rz>).
- Rijk Zwaan. 2019b. FOUNDATION RZ F1 (52-03). Recuperado 2 de febrero de 2019 (<https://www.rijkszwaan.es/busca-tu-variedad/portainjertos/foundation-rz>).
- Rodríguez, Condés L. F. 2017. Pimiento. Pp. 471-506 en Cultivos hortícolas al aire libre, Serie Agricultura. España: Cajamar Caja Rural.
- Rodríguez, G. M. R., C. E. Almanza, L. P. D. Lara, G. H. Hernández, E. Pineda, P. J. L. Hernández, G. M. M. Chavira, y A. J. L. López. 2010. Producción de chile ancho injertado sobre criollo de Morelos 334 para el control de *Phytophthora capsici*. *Agrociencia*. 44(6):701-9.
- Rodríguez, R., R. Tavares, J. Medina. 1984. Cultivo moderno del tomate. Madrid, España: Ediciones Mandí Prensa.
- Ros, C., M. A. Martínez, F. Lozano, M. M. Guerrero, J. Torres, y A. Lacasa. 2006. Control de patógenos del suelo mediante el injerto en cultivos ecológicos de pimiento. In VII Congreso de la SEAE. III Congreso Iberoamericano de Agroecología. Zaragoza.
- Roskopf, E., C. Pisani, D. F. Gioia. 2017. Crop specific grafting methods, rootstock and scheduling. tomato. en *Grafting manual: How to produce grafted vegetable plants*.
- Ruiz, J. M., A. Belakbir, I. Cantarero, y L. Romero. 1997. Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*. 71(3):227-34.
- SAGARPA. 2017a. Chiles y Pimientos Mexicanos. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.
- SAGARPA. 2017b. Planeación Agrícola Nacional (2017-2030). Vol. I.

- Sakata, Y., T. Ohara, M. Sugiyama. 2008. The history of melon and cucumber grafting in Japan. *Acta Horticulturae*. 767:217-28.
- Sánchez, E., A. Torres, M. Flores, P. Preciado, y C. Márquez. 2015. Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Nova scientia*. 7(15):227-44.
- SEMARNAT. 2019. Plan nacional de eliminación del consumo de bromuro de metilo en México. Recuperado 20 de febrero de 2019 (<http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/index.html>).
- Seminis. 2018. Seminis tomates. (Versión 2). Aplicación Móvil. Descargado. Recuperado (<https://play.google.com/store/apps/details?id=mx.seminis.mx>).
- Serrano, M. A. 2009. Efecto de diferentes factores: fertilización, salinidad y procesado, sobre parámetros objetivos de calidad en pimiento. Tesis Doctoral, Universidad Católica San Antonio de Murcia.
- SIAP. 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado 28 de diciembre de 2018 (<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>).
- SQM. 2007. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimiento. Crop Kits. SQM, 104.
- Tapia, B. A. 2017. Evolución y situación actual de la agricultura protegida en México. en Sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas.
- Valencia, R. D. 2014. Efecto de los cv serrano de Morelos 2 y jalapeño utilizados como portainjertos sobre la producción del pimiento "Tipo California" cv Bily bajo invernadero. Universidad de Almería Escuela Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Experimentales, Almería, España.

- Velasco, A. M. de J. 2013. Anatomía y manejo agronómico de plantas injertadas en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Vitalis. 2019. Ucumari F1. Recuperado 2 de febrero de 2019 (<http://mx.vitalisorganic.com/products-and-services/our-products/Ucumari F1>).
- Yamakawa, B. 1983. Grafting. Nishi (ed). Pp. 141-53 en Vegetable handbook. Tokyo: Yokende Book Co.
- Yetistir, H. y N. Sari. 2003. Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. Article in Australian Journal of Experimental Agriculture. 43:1269-74.
- Zijlstra, S., S. P. C. Groot, J. Jansen. 1994. Genotypic variation of rootstocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding. HortScience. 56(3):185-96.