

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación del Rendimiento y Calidad Comercial de Frutos de Pimiento Morrón
Injertado y Estudio de la Viabilidad Económica

Por:

CARLOS LUIS RODRÍGUEZ SIGALA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación del Rendimiento y Calidad Comercial de Frutos de Pimiento Morrón
Injertado y Estudio de la Viabilidad Económica

Por:

CARLOS LUIS RODRÍGUEZ SIGALA

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Asesor Principal



Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2019



AGRADECIMIENTOS

A mi **Alma Mater**, a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por todos los conocimientos adquiridos y experiencias vividas durante mi formación profesional, durante cuatro años y medio fue mi casa de estudios y la cual nunca olvidaré y llevaré siempre orgulloso su nombre, poniéndolo siempre en alto.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo**, por la asesoría prestada y el apoyo en la realización de este trabajo, por la enseñanza que me brindó en esta carrera, por su sabiduría, humildad ante nosotros los alumnos y sobre todo por la gran amistad, apoyo y atención prestada.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres**, por formar parte del comité de Tesis, también por sus valiosas sugerencias y consejos y por dar el visto bueno en la revisión del presente trabajo.

A mis padres, **José Luis Rodríguez Ayala** y **Margarita Sigala Vega**, por haber dado la oportunidad de cumplir mis sueños, por apoyarme a cada instante, y por ser unas excelentes personas a las que nunca les voy a fallar.

A mi esposa **Ana Cristina Salinas Rodríguez**, por su apoyo incondicional y su paciencia, ahora si les dirás a tus papás –“Mi novio ya es Ingeniero”. A mis amigos de mil batallas **Mario Morales**, **Osvaldo Hernández**, **Miguel Beas**, **Marco Gómez**, **Pablo Llanes** y **Daniel López**, con quienes nació una gran amistad y convivencia y fueron de apoyo en momentos difíciles.

RESUMEN

Hoy en día la investigación agrícola debe estar encaminada a dar solución a problemáticas de producción, calidad, rendimientos, comercialización, economía y manejo sustentable de los recursos, haciendo un uso más eficiente del agua y evitar mermas por mal manejo del cultivo, por efectos de altas y bajas temperaturas, depreciación en el mercado, entre otros. La especie *Capsicum annuum* incluye al pimiento morrón, el cual tiene una gran demanda y gran potencial económico. Las necesidades de incrementar los rendimientos, calidad, uso racional de agroquímicos y mitigar la contaminación ambiental, han llevado al uso de nuevas técnicas de producción en este cultivo, como el uso de los injertos. La técnica del injerto se ha usado principalmente con el objetivo de prevenir o combatir enfermedades del suelo, pero a la vez se utiliza en diferentes condiciones, por ejemplo en suelos libres de enfermedades con la finalidad de favorecer una mayor absorción de nutrientes y agua, obtener plantas más vigorosas, mejorar el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de pimiento para obtener mayores rendimientos y calidad de producción con respecto a plantas sin injertar. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento agronómico y económico de cuatro variedades de pimiento injertadas con tres portainjertos, la densidad de plantación calculada fue de 36,000 plantas por hectárea. El estudio se realizó en un invernadero de mediana tecnología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, ubicada a 25°21'24.6"Norte 101°02'05.1"Oeste, a 1762 msnm, la región se caracteriza por una precipitación media de 400 mm y una temperatura media anual de 12 a 18° C. El experimento se condujo en suelo, los portainjertos fueron Foundation F1, Yaocali F1 y CLX-PTX991 F1 (Ultron), y los híbridos injertados fueron Lamborghini, Bambuca, Dicaprio y Ucumari, bajo un arreglo experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La comparación de medias de rendimiento señala que las mejores combinaciones entre portainjerto/variedad fueron Ultron/Dicaprio, Ultron/Lamborghini, Yaocali/Lamborghini, Dicaprio sin injertar, Foundation/Dicaprio y Ultron/Bambuca con 100.5, 95.0, 90.8, 88.9, 88.0 y 87.2 t.ha⁻¹ respectivamente, las primeras tres combinaciones superaron a sus respectivas variedades sin injerto en 13, 72 y 64%.

En cuanto a la clasificación se tiene que Yaocali/Lamborghini produce más frutos XL con 32.60 t.ha⁻¹, seguido de Ultron/Bambuca y Yaocali/Dicaprio con 30.38 y 28.27 t.ha⁻¹. En la clasificación de frutos de tamaño L destaca Ultron/Lamborghini con 29.29 t.ha⁻¹ de esta clasificación, le siguen Yaocali/Bambuca y Foundation/Dicaprio con 28.58 y 27.44 t.ha⁻¹ respectivamente. En la clasificación M se observó una tendencia similar a la clasificación L, en donde la combinación Ultron/Lamborghini, es sobresaliente y superó a Lamborghini sin injertar con 185%. Cabe mencionar que el tamaño de los frutos para su comercialización son los de tamaño XL y L, debido a que son los tamaños que se pagan a mejor en el mercado de exportación y nacional. En los ingresos por ventas totales, destacó el injerto de Ultron/Bambuca con \$2,134,344.30, le siguieron las combinaciones Ultron/Dicaprio con \$2,110,308.41 y Ultron/Lamborghini con \$1,940,424.58, sin embargo, al restarle a los ingresos totales los gastos por implementación de la técnica de injerto, se tiene que la mejor utilidad la obtuvo Dicaprio sin injertar con \$1,633,401.32, seguido de Ultron/Bambuca, Ultron/Dicaprio, Yaocali/Lamborghini, Ultron/Lamborghini y Foundation/Dicaprio con \$1,620,030.30, \$1,595,994.41, \$1,564,992.20, \$1,426, 110.58 y \$1,351,093.30 respectivamente, lo cual indica que en la variedad Dicaprio es mejor no injertar o bien injertar solamente con el portainjerto Ultron, para las variedades Bambuca y Lamborghini es mejor injertarlas con el portainjerto Ultron, ya que con estos se obtiene la mayor utilidad parcial, cuando son cultivados en suelo. Para Ucumari que es un pimiento de color naranja es mejor no injertarlo ya que así se obtienen los mejores rendimientos económicos.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L, injerto, portainjerto, análisis económico, enfermedades del suelo.

ÍNDICE

Contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos específicos	2
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen del Pimiento.....	4
2.2. Importancia del Pimiento a Nivel Mundial	5
2.3. Importancia del Pimiento en México	7
2.4. Importancia Comercial	10
2.5. Clasificación Taxonómica y Morfología del Cultivo	11
2.6. Características de la Planta de Pimiento	11
2.7. Requerimientos Edafoclimáticos del Pimiento	13
2.8. Requerimientos Nutricionales del Pimiento.....	17
2.9. Plagas y Enfermedades que Afectan el Cultivo de Pimiento	22
2.10. Origen, Importancia y Uso del Injerto	24
2.10.1. Importancia del Injerto.....	25
2.10.2. Origen de los Injertos en Hortalizas	27
2.10.3. Importancia de Utilizar Injertos en Hortalizas	28
2.10.4. Importancia del Injerto en Pimiento	29
2.10.5. Tipos de injerto utilizados en hortalizas.....	30
2.10.6. Tipos de injerto utilizados en pimiento	32
2.10.7. Factores que influyen en la unión del injerto	33
2.11. Rentabilidad de los injertos y la producción hortícola en invernadero	34
2.11.1. Importancia de hacer un estudio económico en la producción de hortalizas	35
2.11.2. Ventajas de hacer un análisis económico	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1. Ubicación del Experimento	39
3.2. Material Vegetal	39
3.3. Formación de los Injertos.....	42

3.4.	Establecimiento en Campo y Manejo del Cultivo	43
3.5.	Determinación de Rendimiento por Hectárea	44
3.6.	Determinación de calidad comercial	44
3.7.	Análisis Estadístico para Rendimiento por Hectárea	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1.	Rendimiento por Hectárea	46
4.2.	Clasificación Comercial Expresada en Porcentaje.....	47
4.3.	Clasificación Comercial Expresada en Toneladas por Hectárea	48
4.4.	Precios de Producto Comercial.....	51
4.5.	Ingresos por Ventas	53
4.6.	Presupuesto y utilidad parcial	55
V.	CONCLUSIONES.....	58
VI.	LITERATURA CITADA.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Evolución de la producción mundial de pimiento morrón.....	6
Cuadro 2. Temperaturas mínimas, máximas y óptimas para el pimiento en sus diferentes etapas de desarrollo del cultivo.....	14
Cuadro 3. Necesidades de radiación para el cultivo de pimiento.....	16
Cuadro 4. Consumo de nutrientes para pimiento en mmhol/L de agua.....	17
Cuadro 5. Porcentajes encontrados de acuerdo al sistema de clasificación comercial de frutos de pimiento morrón con diferentes combinaciones portainjerto/variedad.....	48
Cuadro 6. Clasificación comercial encontrada por hectárea encontrada en pimiento morrón con diferentes combinaciones portainjerto/variedad.....	50
Cuadro 7. Ingresos por ventas proyectadas de acuerdo al sistema de clasificación comercial en pimiento morrón con diferentes combinaciones portainjerto/variedad.....	55
Cuadro 8. Presupuesto y utilidad parcial por implementación de la técnica de injerto en cuatro variedades de pimiento morrón injertadas con tres portainjertos.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Principales países productores de pimiento morrón.....	6
Gráfico 2. Intensión de siembra proyectada para 2018/2019.....	9
Gráfico 3. Producción esperada en toneladas por estado productor para 2018/2019.....	9
Gráfico 4. Rendimiento promedio por hectárea en los estados productores de pimiento.....	10
Gráfico 5. Comparación de rendimiento por hectárea en el cultivo de pimiento morrón.....	46
Gráfico 6. Mejores rendimientos por hectárea obtenidos de cada clasificación de las variedades injertadas con respecto a las variedades sin injerto.....	51
Gráfico 7. Precio promedio \$MXN del pimiento morrón en los meses de Julio-Octubre en la central de abasto “Estrella” de San Nicolás de los Garza, Nuevo León (SNIIM, 2017).....	52
Gráfico 8. Precio promedio en \$MXN del pimiento morrón por cada tonelada de acuerdo a su clasificación comercial en la central de abasto “Estrella” de San Nicolás de los Garza, Nuevo León (SNIIM, 2017).....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A, B y C: Injerto de aproximación.....	31
Figura 2. D, E y F: Injerto de hendidura.....	31
Figura 3. G, H e I: Injerto de empalme.....	32
Figura 4. Ubicación del sitio experimental.....	39

I. INTRODUCCIÓN

El 74% de la producción mundial total de pimiento morrón se encuentra determinada sólo por cinco países que aportan la producción comercial, de la cual México junto con Indonesia, Turquía y España aportan el 24% de dicha producción e increíblemente China produce el 50% de esta. Aun así, México ocupa el segundo lugar en producción de pimiento morrón con más de 610,000 toneladas (SIAP-SAGARPA, 2017).

La producción anual de chiles en México es 3.28 millones de toneladas y ha tenido un crecimiento anual de 4.82% en el período 2003 a 2016, un promedio de 158 mil toneladas por año; de estos millones de frutos de gran calidad, el 29.71% se destina al mercado internacional. Actualmente, todo lo que se cosecha satisface por completo los requerimientos nacionales; de las 3.28 millones de toneladas (MMt) producidas, 2.33 MMt se consumen nacionalmente y fluye al extranjero aproximadamente 1 MMt, sobre todo durante los meses de noviembre a marzo (SIAP, 2017).

Por otro lado, una de las alternativas que le permite a los productores incrementar la productividad, reducir costos de insumos y hacer rentable el cultivo de algunas hortalizas como las solanáceas (tomate, pimiento y berenjena) y cucurbitáceas (melón, pepino y sandía) es la técnica del injerto, ya que es un método de propagación asexual que consiste en unir o insertar de forma natural o artificial, una parte de una planta (variedad o injerto) en otra ya asentada (patrón o portainjerto), de manera que queden soldadas para que se desarrollen juntas, dependiendo una de la otra, de esta forma, patrón/injerto crecen como una única planta desde el punto de vista estructural y fisiológico.

El injerto sobre patrones vigorosos y resistentes a patógenos del suelo, se han ensayado como una forma de control de *Phytophthora spp.* y *Meloidogyne sp.*, en los cultivos de pimiento (Ros *et al.*, 2004). Ensayos realizados con plantas

injertadas, mostraron que existe una alta correlación entre el vigor del patrón y la producción en plantas injertadas, sin causar efectos de pérdida de producción por el uso reiterado del mismo cultivo (Lacasa *et al.*, 2006).

Actualmente, los cambios en los estilos de vida de la sociedad y el incremento en la necesidad de obtener nuevos hábitos de consumo, ha ocasionado un incremento en el consumo de frutas y vegetales frescos en el mundo. Hoy en día, el pimiento es una hortaliza que goza de una gran aceptación por parte de los consumidores que buscan en gran medida aspectos benéficos para la salud, demandando productos de buena calidad y buen sabor (SAGARPA, 2017).

Sin embargo, debido a la tendencia de hacer mayor uso de la técnica del injerto en las áreas de producción, surge la necesidad de probar distintos portainjertos que se encuentran en el mercado, con el fin de encontrar la combinación ideal portainjerto/variedad de acuerdo a cada una de las zonas de cultivo, para satisfacer los volúmenes de producción que demandan los consumidores, además de los parámetros de calidad que demanda el mercado y así mismo determinar la rentabilidad que tiene el uso de portainjertos para recomendar su uso. Es por ello que se realizó el presente trabajo, con el objetivo evaluar el efecto del portainjerto sobre el rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón, utilizando portainjertos y variedades comerciales, con el fin de encontrar la mejor combinación y determinar así mismo la viabilidad de su uso y la rentabilidad.

1.1. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres portainjertos en cuatro variedades de pimiento morrón, sobre el rendimiento y calidad comercial de frutos de pimiento cultivado en invernadero de mediana tecnología y determinar el rendimiento económico.

- Determinar el efecto de tres portainjertos sobre el rendimiento agronómico y calidad comercial de frutos de cuatro variedades comerciales de pimiento Morrón.
- Determinar la rentabilidad y viabilidad económica del uso de portainjertos en invernadero de mediana tecnología.
- Definir la estructura económica mediante los cálculos de costos de producción adicionales e ingresos por ventas proyectadas en pimiento Morrón injertado.
- Encontrar la combinación adecuada portainjerto/variedad para las condiciones edafoclimáticas de la zona de Saltillo Coahuila.

1.2. Hipótesis

Al menos una de las variedades injertadas sobre un portainjerto de pimiento Morrón, tendrá una mayor rentabilidad derivada del rendimiento agronómico y calidad comercial de los frutos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del Pimiento

El origen del género *Capsicum* es América, ya que las especies cultivadas se desarrollaron en tres distintos centros de origen: *C. annuum* L., en México; *C. chinense* Jacq. y *C. frutescens* L., en la cuenca del Amazonas y *C. baccatum* L. y *C. pubescens* Ruiz Pav. en la región de Bolivia y Perú; todas ellas fueron domesticadas, en los últimos 6 mil años. El centro de origen y/o domesticación de *C. annuum* es México y Guatemala, la cual es la especie más conocida y de mayor importancia económica de los chiles cultivados, ya que presenta una distribución mundial (Montes *et al*, 2010).

En México, se han domesticado cinco especies del género *Capsicum*, de las cuales *C. annuum* es la especie más ampliamente distribuida en México y la que presenta mayor variabilidad morfológica en tamaño, forma y la mayor variabilidad genética (Hernández-Verdugo *et al*, 2001a). Las especies que se han domesticado son *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq, *C. frutescens* L. y *C. pubescens* Ruiz Pav (Kraft *et al*, 2014). Los restos de chiles más antiguos se obtuvieron del estrato pre-cerámico de las cuevas de Coaxatlán, en el Valle de Tehuacán, Puebla y las cuevas de Romero y Valenzuela, en Ocampo, Tamaulipas hace más de 7 a 9 mil años de antigüedad, junto con restos de otros cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus spp*) y calabaza (*Cucurbita sp*) (Kraft *et al*, 2014). Éstos restos de *C. annuum* pudieran llegar a ser aún más antiguos que los de maíz, frijol y calabaza (Hernández-López *et al*, 2013). En México, se ha llevado a cabo una exploración, colecta, identificación y conservación *in situ* y *ex situ* del germoplasma silvestre y del que ya se ha domesticado de *Capsicum*, en especial de sus especies cultivadas: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*. Esto ha conllevado a la formación de bancos de germoplasma en distintas instituciones con los es el INIFAP, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, entre otras (Pérez *et al*, 2015).

2.2. Importancia del Pimiento a Nivel Mundial

El pimiento morrón es de gran importancia mundial, ya que se encuentra extendido de manera general en las regiones templadas y cálidas, además ocupa el 5° lugar en la producción y superficie cultivada entre las principales hortalizas (Hernández *et al.*, 2010).

El cultivo de pimiento tiene gran importancia a nivel mundial ya que ocupa el tercer lugar en superficie cultivada en invernadero, después del tomate y pepino, pero el segundo en importancia económica. México es segundo con mayor superficie bajo cubierta e importancia económica. Este se puede establecer en explotaciones de diferentes niveles tecnológicos, desde sistemas convencionales en campo abierto, bajo malla sombra, en invernadero de baja, media y alta tecnología. El rendimiento promedio varía de acuerdo al sistema de cultivo llegando a alcanzar hasta más de 28 kg/m² en invernaderos de alta tecnología con adecuado control climático (Cruz *et al.*, 2016).

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es uno de los productos hortícolas que más se consumen entre la población mundial, por lo que tiene una gran importancia agronómica, nutricional y comercial. El pimiento es una hortaliza con bajo aporte calórico por su bajo contenido en grasas, sin embargo, es una importante fuente natural de antioxidantes como vitaminas A y C, por lo que su consumo le da un valor añadido por sus efectos benéficos para nuestra salud (Ormeño *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Evolución de la producción mundial de pimienta morrón.

Producción mundial de pimienta			
Año	Kg/m ²	Hectáreas	Toneladas
2007	1,595	1,719,296	27,427,879
2008	1,552	1,811,668	28,115,234
2009	1,534	1,874,769	28,757,813
2010	1,586	1,870,769	29,674,159
2011	1,591	1,901,197	30,242,853
2012	1,592	1,940,757	30,902,842
2013	1,621	1,928,257	31,257,079
2014	1,651	1,945,691	32,124,664
2015	1,765	1,885,215	33,279,809
2016	1,779	1,938,788	34,497,462

(Hortoinfo, 2018)

En el gráfico 1, se observa que el país que más produce pimienta en el mundo es China, le siguen México en segundo lugar y Turquía como tercer lugar, le siguen España, EE.UU., Nigeria, Egipto, Argelia y Túnez.

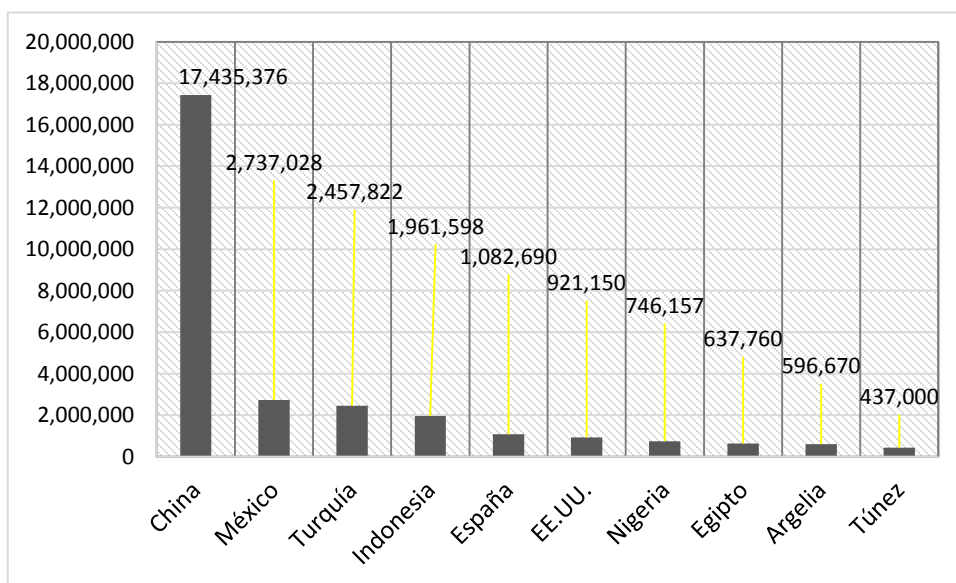


Gráfico 1. Principales países productores de pimienta morrón.

Hasta el 2016 la producción total mundial de pimienta alcanzó una producción de 34,497,462.00 toneladas. De las cuales China produce el 50% de la producción mundial; México junto con otros cuatro países producen sólo el 24%; y el 26% de la

producción es producida en conjunto por los países que tienen en su registro producción de pimienta.

CHINA	50.5410398
MÉXICO	
TURQUÍA	}
INDONESIA	
ESPAÑA	
OTROS	23.8833164
	25.5756438

2.3. Importancia del Pimiento en México

La producción anual mexicana de chiles y pimientos se eleva a las 3.28 millones de toneladas, y ha tenido un crecimiento por año de 4.82% en el período 2003-2016, de estos millones de frutos de gran calidad, el 29.71% se destina al mercado internacional. Actualmente, se cosecha satisfaciendo por completo los requerimientos nacionales. De las 3.28 millones de toneladas (MMt) producidas, 2.33 MMt se consumen nacionalmente, y fluye al extranjero aproximadamente 1 MMt, sobre todo durante los meses de noviembre y marzo (SEMINIS, 2018).

El pimiento morrón es uno de los principales chiles producidos en México a campo abierto después del jalapeño y el serrano. En términos económicos, la producción de pimiento morrón es una alternativa de producción muy atractiva durante el ciclo otoño-invierno de cada año, lo cual se debe a su elevado rendimiento ya que puede alcanzar un precio mayor de hasta cinco veces comparado con el obtenido en ciclo de producción primavera-verano, sobre todo si se comercializa hasta que el fruto toma el color secuencial característico de la variedad (verde, amarillo, naranja, morado, chocolate, rojo) (SAGARPA, 2015).

En 2009 destacaron Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas como principales productores del cultivo con más de la mitad del volumen nacional en su conjunto. Cabe mencionar que el orden de importancia se modifica al comparar los rendimientos de estos tres estados. En el caso de Sinaloa, un estado con alto grado de tecnificación, se registró una cosecha de 40 toneladas por hectárea, en Chihuahua, 20 toneladas por hectárea, mientras Zacatecas, el de mayor superficie sembrada reportó siete toneladas por hectárea (InfoRural, 2010).

De acuerdo a información de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, SADER en Querétaro con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en 2018 repuntó el cultivo de chile verde y pimienta de exportación a Estados Unidos y Canadá, al pasar de 469 hectáreas sembradas en 2017 a 685 cosechadas este año, con un valor de producción estimado en 330 millones de pesos (SADER, 2018).

El importador más fuerte es Estados Unidos, pues representa más del 90% de las exportaciones totales que México y el 87% del pimienta que consumen los estadounidenses proviene de tierras mexicanas (SEMINIS, 2018).

2.3.1. Intención de siembra de pimienta en 2018/2019 para el ciclo otoño-invierno (OI)

La intención de siembra (Gráfico 2) se define como la superficie que el productor pretende sembrar de uno o varios cultivos, sujeta a la disponibilidad de agua, clima, insumos y comercialización. Se refiere a las expectativas de producción; superficie por sembrar, producción por obtener y rendimiento esperado (SIAP, 2018). En cuanto a la superficie cultivada de pimienta (Gráfico 3), es Sinaloa el estado que aporta la mayor superficie nacional cultivada de pimienta morrón, muy por encima del resto de los estados, ocupando el 43% de la superficie total.

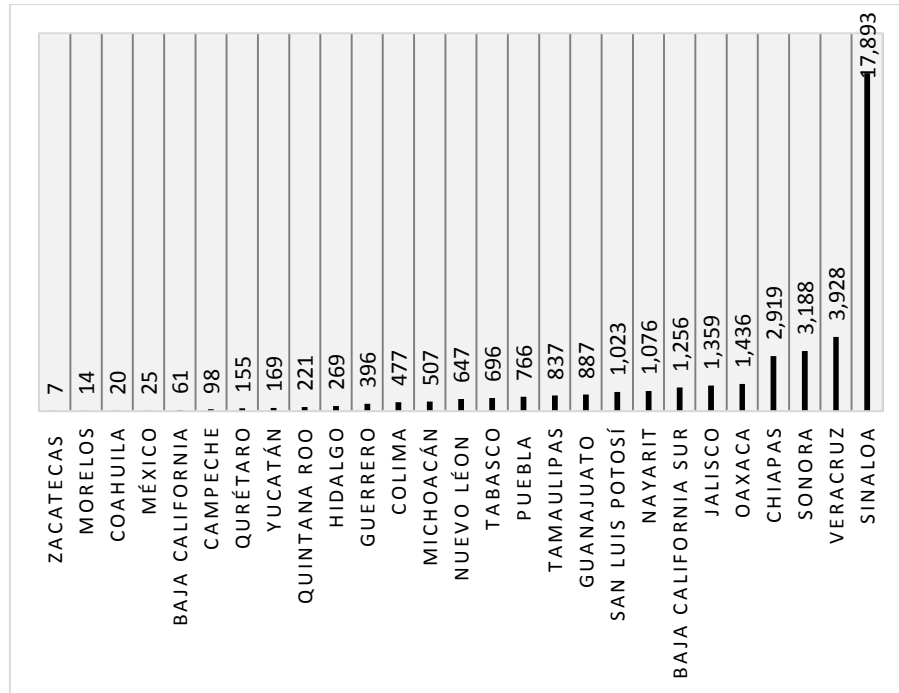


Gráfico 2. Intención de siembra proyectado para 2018-2019.

En cuanto a rendimiento por hectárea (Gráfico 4), Coahuila a pesar de ser uno de los estados con menor superficie, tiene los mejores rendimientos del país con 215 toneladas en promedio por hectárea, en comparación con Sinaloa que sólo rinde 54.51 t.ha⁻¹.

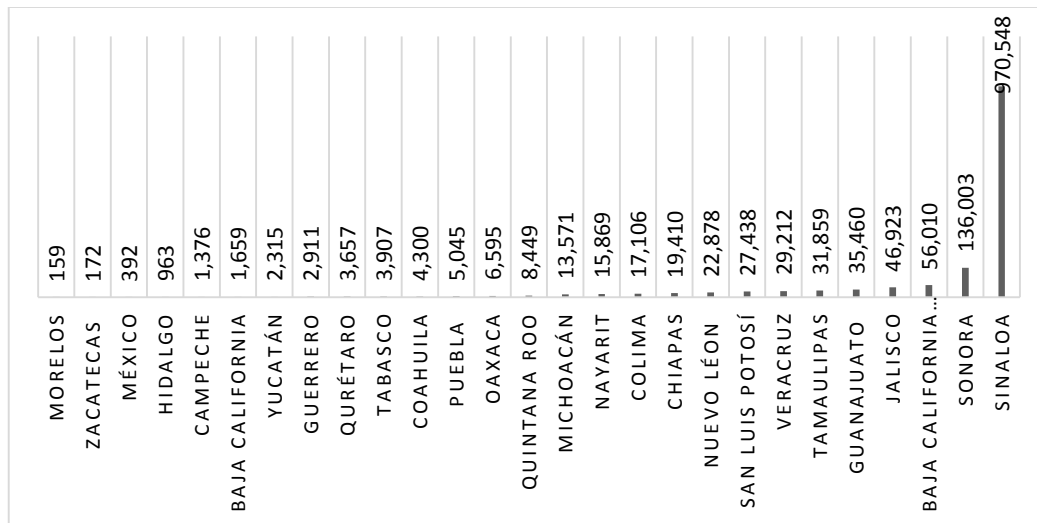


Gráfico 3. Producción esperada en toneladas por estado productor, para 2018-2019.

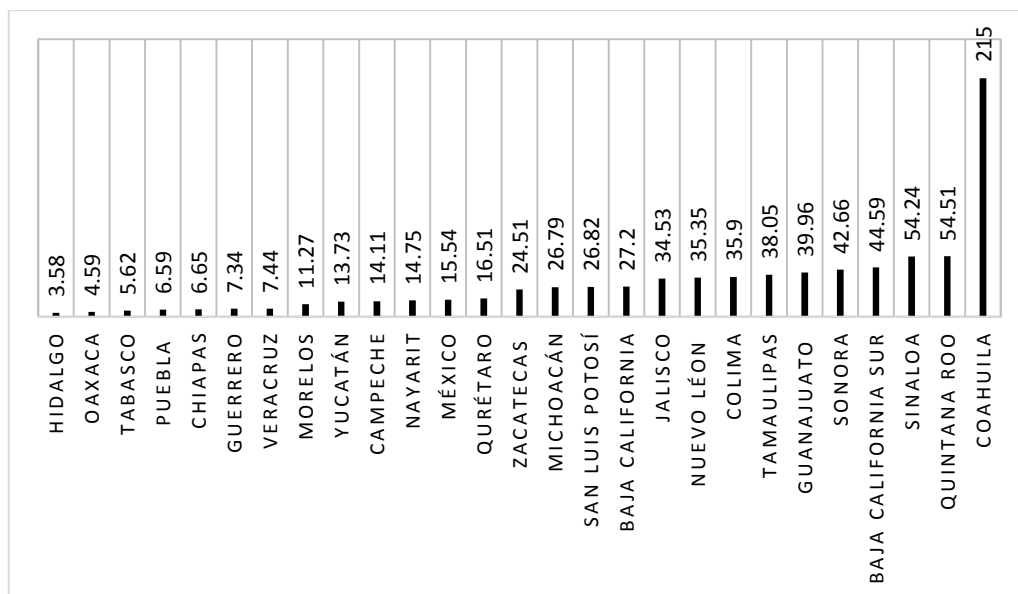


Gráfico 4. Rendimiento promedio por hectárea en los estados productores de pimienta.

2.4. Importancia Comercial

El incremento de la demanda de alimentos de calidad, tanto comercial como nutracéutica, ha llevado a la implementación de nuevas formas de producción en los cultivos hortícolas, tal es el caso del pimienta, que es una de las hortalizas de consumo en fresco más demandadas, donde se han reportado un total de 640,671 toneladas de pimienta exportadas de México a Estados Unidos (Sánchez *et al.*, 2017).

De acuerdo a las estadísticas de consumo del servicio de investigación económica, del Departamento de Agricultura, el consumo per cápita de pimienta en 2012 subió de 3.7 a 5 kg en Estados Unidos de Norteamérica. La producción de chile en sus diferentes variedades en México alcanzó las 2.3 millones de toneladas, con un valor que rebasa los 22 mil 500 millones de pesos y junto con los pimientos se ubica en el quinto lugar dentro de los 20 principales productos que comercializa el país a nivel internacional. La dependencia federal destacó que el consumo per cápita de chile verde en México es de 16 kilogramos al año (SAGARPA, 2016).

Para cumplir con las exigencias de los consumidores es necesario dar un adecuado manejo al cultivo y una adecuada nutrición, donde la nutrición en la mayoría de los casos es de manera química, lo que incrementa el nivel de contaminantes. Aquí es donde recae la importancia de implementar el injerto.

2.5. Clasificación Taxonómica y Morfología del Cultivo

•**División**.....Angiospermae.

•**Clase**.....Dicotyledoneae.

•**Orden**.....Tubiflorae.

•**Familia**.....Solanaceae.

•**Género**.....*Capsicum*.

•**Especie**.....*Annuum*.

2.6. Características de la Planta de Pimiento

2.6.1. **Planta:** Es una planta herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0.5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

2.6.2. **Sistema radicular:** Tiene una raíz pivotante y profunda (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y un metro.

- 2.6.3. **Tallo principal:** Es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose de igual forma hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente).
- 2.6.4. **Hojas:** Las hojas son enteras y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.
- 2.6.5. **Flores:** Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.
- 2.6.6. **Fruto:** Es una baya hueca, semicartilaginosa, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros.

2.7. Requerimientos Edafoclimáticos del Pimiento

2.7.1. Temperatura

Se recomienda cultivar el pimiento en zonas donde la temperatura vaya desde los 18 a los 30° C. Temperaturas por debajo o encima de esto puede afectar negativamente a las plantas, provocando aborto floral o de fruto, baja calidad de producto, etc. (SEMINIS, 2018).

Para germinar en 9 o 12 días necesitan una temperatura de entre 20 y 30° C; para crecer y dar frutos, el rango puede ser de 16 a 32° C. Lo importante es que la temperatura no baje de 18° C, porque en este caso se detiene el crecimiento de la planta. Prospera bien desde el nivel del mar, hasta una altitud de 2,500 msnm (SIAP, 2016).

Del momento de la siembra hasta la emergencia de la semilla transcurren de 8 a 10 días. La temperatura óptima del suelo, para una rápida germinación, es de 18 a 24° C. Desde la emergencia hasta el momento del trasplante transcurren entre 42 a 56 días. Con temperaturas superiores a los 35° C, la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco.

Es una planta de clima cálido, se da bien en climas con temperaturas de 16 a 32° C, siempre evitando temperaturas inferiores a los 18° C, condición con la que se inicia la detención del crecimiento. Este tipo de hortaliza es muy sensible a las temperaturas bajas, sin embargo prospera entre 0 a 2500 msnm, siempre y cuando esté libre de heladas.

Cuadro 2. Temperaturas mínimas, máximas y óptimas para el pimiento en sus diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

Fases del Cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día)	15	32
	16-18(noche)		
Floración y Fructificación	26-28 (día)	18	35
	18-20 (noche)		

Los saltos térmicos ocasionan desequilibrios vegetativos. Las bajas temperaturas inducen la formación de flores con anomalías:

- Pétalos curvados y sin desarrollar.
 - Formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo.
 - Engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc.
- También:
- Formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones.
 - Reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos (InfoRural, 2010).

2.7.2. Humedad

En pimiento la humedad relativa óptima oscila entre el 50 y 70%, especialmente durante la floración y cuajado de frutos, es ideal para un

óptimo crecimiento. Durante las primeras fases de desarrollo precisa y tolera una humedad relativa más elevada que en fases posteriores.

La humedad relativa mayor puede traer problemas de enfermedades y humedad relativa menor con temperaturas altas pueden provocar excesiva transpiración y conducir a la caída de flores (Hortoinfo, 2018).

Una humedad relativa alta provoca:

- Problemas fitosanitarios.
- Favorable desarrollo del fruto en tamaño.
- Aumenta el número de semillas por fruto.
- Aumenta el número de flores polinizadas (Hortoinfo, 2018).

2.7.3. Luminosidad

Es una planta muy exigente en luz, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración. Al pimiento se le considera como una planta de día largo en cuanto al periodo de luz requerido.

La mayoría de los investigadores en horticultura miden la luz instantánea en micro moles (μmol) por metro cuadrado (m^2) por segundo (s^{-1}), o $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ de PAR (Radiación Fotosintética Activa). Esta unidad “cuántica” cuantifica el número de fotones (partículas individuales de energía) usados en fotosíntesis que caen en un metro cuadrado por cada segundo.

Luz diaria integrada (DLI) es la cantidad de PAR recibida cada día como función de la intensidad de luz y la duración. DLI es una variable importante a medir en cada invernadero debido a que influencia el crecimiento, desarrollo, productividad y calidad de las plantas (Torres *et al.*, 2017).

Cuadro 3. Necesidades de radiación para el cultivo de pimiento.

	Calidad	DLI ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{día}$)
	Mínima aceptable	10 – 12
Pimiento	Buena	14 – 20
	Alta	22 – 30

2.7.4. Suelo

El pimiento posee un sistema radicular profundo y se produce en todo tipo de suelo, pero resulta más productivo en suelos bien drenados, con un pH ligeramente ácido (5.8 a 6.6) y con textura limosa o limo-arenosa. El cultivo se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos profundos, de 30 a 60 cm de profundidad, de ser posible, franco limoso o franco arcilloso, con altos contenidos de materia orgánica y bien drenados (SEMINIS, 2018).

Es clasificado como una hortaliza moderadamente tolerante a la acidez, reportándose valores de pH 5.5 a 6.8; también está clasificado como una hortaliza medianamente tolerante a la salinidad soportando contenidos de 2560 a 6400 ppm (4 a 10 mmhos). No es recomendable sembrar pimiento en terrenos donde anteriormente se han sembrado otras solanáceas. Lo ideal sería rotar la siembra de pimiento, con dos ciclos de siembra de plantas gramíneas. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate y necesita estar bien abastecido de agua durante el ciclo de cultivo. Por esto, el suelo debe tener buena capacidad de retención de agua (InfoAgro, 2018).

2.8. Requerimientos Nutricionales del Pimiento

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 NO_3^- , NH_4^+ , P, K^{++} , Ca^{++} y Mg^{++} , depende del estado de desarrollo de la planta.

2.8.1. Manejo del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Fertirrigación del Cultivo de Pimiento

Cuadro 4. Consumo de nutrientes para pimiento en mmol/L de agua absorbida.

Nutrientes					
NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
mmol/L					
9.7	0.8	0.6	4.5	1.9	0.7

Se recomienda utilizar las siguientes concentraciones para fertirriego de pimiento en invernaderos, considerando las distintas etapas fenológicas del cultivo (Valencia, 2016).

Desde la plantación hasta el inicio de la floración:

NO_3^-	H_2PO_4^-	K^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NH_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	CE
15	1.8	5.5	0.5	< 8	2	0.5	5	2	< 8	6	2

Durante la floración y el inicio de cuajado de frutos:

NO_3^-	H_2PO_4^-	K^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NH_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	CE
12	2.3	7.5	0.5	< 8	2	0.5	4	2	< 8	6	2.5

Durante el llenado de frutos:

NO_3^-	H_2PO_4^-	K^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NH_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	CE
14	1.8	6	0.5	< 8	1.5	0.5	4.5	2	< 8	6	2

Después de la primera cosecha hasta el final del cultivo:

NO_3^-	H_2PO_4^-	K^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NH_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	CE
13	2	7	0.5	< 8	2	0.5	5	2	< 8	6	2.3

2.8.2. Nitrógeno

Las plantas de pimiento morrón son muy exigentes en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo, disminuyendo la demanda tras la primera cosecha, por lo que se debe controlar muy bien su dosificación a partir de este momento, debido a que un exceso retrasaría la maduración de los frutos. Las mayores necesidades se producen desde que se inicia el desarrollo vegetativo (un mes después de la plantación) hasta la plena producción (Villa *et al.*, 2009). Al inicio se aplica en forma de nitratos y amonio, éste último a una concentración de 0.5 mmol, y se deja de aplicar generalmente tras el asentamiento de las plantas. La razón de no aportar amonio en altas dosis es por su fitotoxicidad, estimula demasiado el desarrollo vegetativo y en consecuencia el reproductivo, además modifica el pH de la solución del entorno radicular.

El nitrógeno se reduce cuando los frutos están en formación. Este nutriente deja de ser importante después del cuajado de frutos. Se aporta al cultivo como nitrato de potasio, nitrato de calcio, nitrato de amonio, nitrato de magnesio y/o ácido nítrico (Villa *et al.*, 2009).

2.8.3. Fósforo

En cuanto al fósforo, la planta de pimiento no es muy exigente. Sin embargo una deficiencia de fósforo puede provocar lignificación excesiva de los tejidos de los tallos. La deficiencia provoca que muchas ramas se quiebren por el peso de los

frutos. Es muy común el uso de H_3PO_4 para el aporte de fósforo, sin embargo también puede utilizarse fosfato monoamónico (MAP). Debe cuidarse rigurosamente los aportes de fósforo para no crear antagonismo con el NO_3^- y provocar deficiencia de boro. El máximo requerimiento de fosforo coincide con la aparición de las primera flores y la maduración de semillas (FertiLab, 2016).

2.8.4. Potasio

El potasio es determinante en la precocidad, coloración y la calidad de los frutos por lo que su demanda aumenta progresivamente hasta la floración y posteriormente se estabiliza.

El potasio es un elemento de indiscutible importancia para el pimiento.

- Mejora el cuajado de frutos.
- Mejora la formación y desarrollo de los frutos.
- Adelanta la madurez de los mismos y les confiere mejor sabor.

Los aportes de potasio pueden ser mediante los fertilizantes nitrato de potasio o sulfato de potasio. La demanda mayor surge al entrar a la etapa reproductiva y formación de frutos. Un exceso de potasio puede provocar desequilibrios entre el calcio y magnesio (FertiLab, 2016).

2.8.5. Importancia del calcio en el cultivo de hortalizas

El calcio (Ca^{++}) es un elemento esencial para las plantas:

- Interviene en la formación de compuestos que forman la pared celular (pectatos de calcio).
- Mantiene la integridad de la membrana, lo que afecta la permeabilidad e integridad de la misma, así como la absorción nutrimental.
- Los pectatos de calcio en las paredes celulares protege los tejidos contra hongos.

- Es un elemento importante en el crecimiento del tubo polínico.

En hortalizas de fruto como el pimiento, estimula el adecuado crecimiento y desarrollo de los frutos y estimula el crecimiento de los meristemos apicales.

El pimiento suele ser un cultivo muy sensible a la pudrición o necrosis apical, por lo que es fundamental no descuidar la nutrición con calcio, especialmente en los periodos de máxima demanda hídrica.

En sistemas de producción de pimiento bajo sustratos, se debe mantener una relación Ca/K no menor a 1, mientras que la relación Ca/Mg debe mantenerse en torno a 2 (Ramírez *et al.*, 2008).

2.8.6. Importancia del calcio en pimiento

La tasa de absorción de calcio en pimiento incrementa considerablemente durante la época del cuajado y llenado de los frutos (desde los 80 días aproximadamente), de manera que, este periodo es también el más crítico en cuanto a su absorción. La deficiencia de calcio se manifiesta inicialmente con un amarillamiento de los bordes de las hojas superiores, observándose una coloración parda oscura en el envés; las hojas en formación presentan deformación y curvamiento de los bordes hacia arriba y el punto de crecimiento presenta necrosis (FertiLab, 2017).

2.8.7. Magnesio

El pimiento es una planta muy exigente respecto a magnesio, incrementando su absorción durante la etapa de maduración. El Mg es importante en la fotosíntesis ya que es el átomo central de la molécula de clorofila, en el metabolismo glucídico, y muchas de las enzimas que intervienen en este metabolismo requieren de Mg como activador. Además actúa como activador de las enzimas que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos (DNA y RNA) a partir de los nucleótidos poli

fosfatados. Las reacciones se realizan con la intervención de un transportador de fosfato (Acevedo *et al.*, 2017).

2.8.8. Azufre

En algunas regiones de Latinoamérica el azufre (S) constituye el tercer nutriente en importancia luego del nitrógeno y fósforo en la nutrición vegetal. El azufre participa en importantes procesos bioquímicos y fisiológicos en las plantas superiores como la biosíntesis de proteínas y lípidos, fotosíntesis, asimilación y fijación biológica de N. Las raíces absorben azufre como sulfatos (SO_4^{2-}) y se reduce dentro de la planta durante la síntesis de compuestos orgánicos. Este nutriente se encuentra en el suelo bajo diferentes formas químicas. El sulfato es fácil de disolver y está sujeto a pérdidas por filtración. El metabolismo de la planta reduce el sulfato y el dióxido de sulfato a formas que puedan ser usadas para construir moléculas orgánicas. Se ha relacionado a este elemento como repelente de plagas (FertiLab, 2015).

2.9. Plagas y Enfermedades que Afectan el Cultivo de Pimiento

2.9.1. Las principales plagas del pimiento

- **Picudo del chile** (*Anthonomus eugenii*). El insecto llega al cultivo en la etapa de floración y fructificación atraído por la *capcisina* liberada por las flores. Los síntomas de un fruto infestado son pedúnculos amarillos que se marchitan en el punto de unión con la planta, lo que ocasiona la caída de los frutos, los cuales se tornan rojos o amarillos antes de caer al suelo.
- **Paratrioza** (*Bactericera cockerelli*). Se alimenta de la savia de las plantas y su toxina (transmitida por ninfas) puede causar que las plantas se tornen amarillentas y débiles, reduciendo el rendimiento y calidad de los frutos; además, el fitoplasma de la paratrioza en fase de ninfa o adulta es el causante de la enfermedad conocida como “permanente” del pimiento.
- **Trips** (*Frankliniella occidentalis*). Provocan daño directo al alimentarse ya que raspan la superficie de las hojas, lo que ocasiona que la planta no realice adecuadamente la fotosíntesis, se deshidrate y entren enfermedades. Transmite virus como la “Marchitez Manchada del Tomate” (TSWV) e “Impatiens Necrotic Spot Virus” (INSV).
- **Araña roja** (*Tetranychus urticae*). Ocasionan severos daños y cubre con telaraña al cultivo de pimiento en épocas secas y con alta temperatura.
- **Gusano soldado** (*Spodoptera exigua*). Se alimentan durante la noche devorando hojas y brotes de chiles. Provocan daños fuertes en las primeras etapas de desarrollo ya que en los primeros instares ocasionan daños severos a partir de que eclosionan y después se dispersan en busca de alimento hacia brotes nuevos hasta completar su estado de desarrollo.

- **Minador de la hoja** (*Liriomyza sp*). Las larvas perforan la lámina foliar para alimentarse y van formando galerías en forma de serpentinadas, que en altas poblaciones y sin medidas de control llegan a secar gran parte o la totalidad de la lámina foliar agravado por la presencia de hongos y bacterias que entran por medio de las galerías (CESAVEG, 2018).

2.9.2. Las principales enfermedades que afectan el cultivo de pimiento

- **Damping off** (*Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora sp*, *Fusarium sp*). Esta enfermedad es muy común atacando plántulas de chile desde almácigo. Las plántulas se entristecen como si fuera falta de agua pero en la zona radicular al ras del suelo hay una pudrición acuosa. El hongo provoca el ahorcamiento del cuello y pudrición de la raíz de la plántula ocasionando marchitamiento y muerte de ésta.
- **Secadera del chile** (*Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia sp*, *Fusarium sp*). Ataca el cuello de la planta y raíces, lo cual bloquea el libre flujo de agua y nutrientes de las raíces hacia la parte aérea de la planta y las hojas comienzan a ponerse amarillas de la parte baja hacia arriba. La planta empieza a marchitarse y los frutos permanecen adheridos, los cuales maduran de forma prematura y al abrirlos se observa el crecimiento del hongo en las semillas.
- **Mancha bacteriana** (*Xanthomonas campestris pv. vesicatoria*). La bacteria puede infectar todas las partes aéreas de la planta, tallos y frutos. Al principio de la infección se manifiestan pequeñas manchas café de aspecto húmedo (CESAVEG, 2018).

2.9.3. Nematodos que atacan al pimiento

- **Nematodo agollador** (*Meloidogyne spp.*). Los nematodos producen heridas en las raíces de pimiento por las cuales penetran fácilmente

algunos de los hongos que las atacan, además las hembras una vez dentro de las raíces forman agallas que impiden la conducción normal de agua y nutrimentos de la raíz al resto de planta, ocasionando síntomas aéreos como amarillamiento del follaje, plantas de menor altura, marchitez durante periodos de altas temperaturas y escaso follaje, frutos pequeños y de baja calidad (CESAVEG, 2018).

2.10. Origen, Importancia y Uso del Injerto

La técnica de los injertos a nivel mundial ha sido siempre muy usual en la fruticultura, cuyos orígenes se remontan a la época imperial de China (1000 a.C), a la civilización de Mesopotamia y a la Grecia clásica. Sin embargo, no sería hasta el siglo XVIII, cuando Henri Louis Duhamel y posteriormente Hermann Vochting, sentarían las bases del conocimiento moderno sobre los injertos en frutales y ornamentales.

En sistemas de producción protegida de hortalizas, se utiliza el injerto en solanáceas (tomate, pimiento, berenjena) y cucurbitáceas (melón, pepino y sandía) para combatir enfermedades causadas por hongos y bacterias del suelo, así como las infecciones provocadas por nematodos. La técnica del injerto consiste en unir o insertar de forma natural o artificial, una parte de una planta (variedad o injerto) en otra ya asentada (patrón o portainjerto), de manera que queden soldadas y se desarrollen juntas, dependiendo una de la otra; de esta forma, patrón e injerto crecen como una única planta desde el punto de vista estructural y fisiológico, pero conservando su patrimonio genético diferenciado (Healty, 2015).

Los injertos más prácticos y que se consideraban más interesantes eran:

a) **Injertos de púa**

- **Injerto de hendidura.** Se utilizaba sobre patrones de 20 a 40 mm de diámetro, con el fin de cultivar árboles o para cambiar de variedad.
- **Injerto de corona.** Se usaba para sustituir, en árboles adultos, la variedad cultivada por una nueva.
- **Injerto de tipo inglés.** Se utilizaba este injerto cuando el patrón y la variedad tienen aproximadamente el mismo diámetro; es característico de injertos en plantas de vid.

b) **Injertos de yema.**

- **Injerto de escudete.** Consiste en la utilización de un injerto compuesto únicamente por una yema fértil unida a un trozo de corteza, que se coloca sobre el patrón directamente.
- **Injerto de chip.** Es un tipo de injerto de chapa mejorado, similar al injerto de hendidura inglés (Healty, 2015).

2.10.1. Importancia del Injerto

Los conocimientos sobre las técnicas de injerto son de suma importancia debido a que aportan una gran herramienta como un método de propagación asexual que permite no sólo obtener ciertos beneficios de ciertos patrones sino que se pueden obtener nuevos cultivares de plantas con características mejoradas.

La reproducción asexual a través de la técnica del injerto, se utiliza por muy diversas razones:

- Para perpetuar clones o híbridos de número cromosómico impar, que no se pueden reproducir con facilidad por otros métodos de propagación asexual como lo es el enraizamiento.

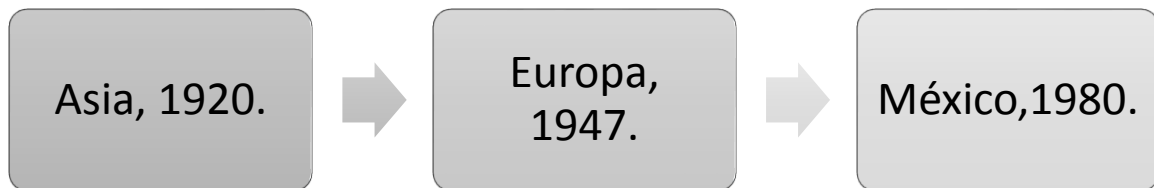
- Permite que los injertos se beneficien por parte de los patrones debido a las mejores adaptaciones al suelo, como la tolerancia a suelos pesados o excesiva humedad, tolerancia a sequía, resistencia a plagas y enfermedades.
- Para acelerar el crecimiento de las variedades seleccionadas (reduciendo el tiempo necesario para la fructificación, aprovechando la madurez del patrón) así como la obtención de nuevas variedades.
- Para unir más de una variedad en un mismo patrón, obteniendo así una única planta, que produzca frutos o flores de varias características diferentes.
- Reparar partes dañadas del patrón o variedad, sustituirlas o modificar el vigor del patrón.

La lucha reciente a nivel mundial contra el uso del Bromuro de Metilo para la desinfección de suelos, crea un problema importante para los países productores de frutas y hortalizas. El uso de porta injertos resistentes en combinación con las prácticas del manejo integrado de plagas (MIP) permite reducir el uso del Bromuro de Metilo para muchos cultivos.

El injerto se utiliza en la agricultura comercialmente para incrementar los rendimientos de los cultivos y extender su tiempo de cosecha (González *et al.*, 2008).

2.10.2. Origen de los Injertos en Hortalizas

Mediante una pequeña línea de tiempo se muestra gráficamente el donde se comenzaron a realizar los injertos, sobre todo en los países más importantes, ya que hasta la fecha siguen siendo los más productivos en el cultivo de pimiento.



En Asia, Japón fue uno de los primeros países que iniciaron con la técnica del injerto, principalmente en sandía con el método de injerto de púa para prevenir *Fusarium oxysporum*. En Europa, se inició con la técnica por agricultores holandeses en cucurbitáceas mediante el injerto de aproximación. En México, una de las principales referencias al uso de injertos en hortalizas fue iniciada en 2001 en tomate; con melón y sandía los ensayos iniciales fueron hasta el año 2006 y hasta el 2010 fueron publicados los primeros reportes. En la Comarca Lagunera los primeros reportes del uso de injertos en melón y sandía fueron publicados hasta 2010 (Gaytán *et al.*, 2013).

En México, la investigación de la técnica del injerto de hortalizas no ha sido abordada en forma consistente, ya que es una práctica poco conocida, a diferencia de Japón y Corea, al igual que algunos países europeos, en donde dicha práctica se ha venido usando desde hace más de ocho décadas. En México se injertan poco más de 60 mil plantas de tomate, pimiento y sandía en los estados de Sinaloa y Jalisco (Gaytán *et al.*, 2013).

2.10.3. Importancia de Utilizar Injertos en Hortalizas

Durante décadas el bromuro de metilo se utilizó en la fumigación de suelos agrícolas y de estructuras de almacenamiento de granos y harinas; como molinos y silos metálicos en México. A pesar de ser un eficiente plaguicida, éste gas daña gravemente la capa de ozono.

El bromuro de metilo es una de las sustancias controladas por el “Protocolo de Montreal”, acuerdo internacional que promueve la eliminación de sustancias que dañan la capa de ozono; en 1987, México fue el primer país en firmarlo.

Como resultado, se logró el establecimiento de un modelo de manejo de cultivo utilizando la práctica del injerto en hortalizas con el que se obtienen grandes beneficios en la producción y cosecha (SEMARNAT, 2015).

Una tecnología que puede traer muchos beneficios a la agricultura mexicana es aquella que implica el uso de porta injertos en los cultivos de hortalizas.

Hoy en día, la superficie cultivada con solanáceas injertadas (pimiento, tomate y berenjena) y cucurbitáceas (melón, pepino, sandía y calabaza) se ha incrementado con el fin de proporcionar resistencia al estrés biótico y abiótico. Las plantas injertadas por lo general muestran una mayor absorción de agua y minerales, en comparación con las plantas sin injertar, debido al vigoroso sistema radicular del patrón (Rojas *et al.*, 2001).

Con la técnica del injerto se logra:

- Incrementar el vigor de la planta.
- Genera una muy alta productividad.
- Prolonga el ciclo del cultivo.
- Se reducen las aplicaciones de productos químicos.

- Se incrementa la calidad del fruto y el rendimiento. Se incrementa el vigor de los materiales.
- Inducen una mejor absorción de minerales y mejoran la eficiencia de los fertilizantes.
- Resistencia a enfermedades en el suelo.
- Resistencia a nematodos.
- Tolerancia a bajas y altas temperaturas.
- Tolerancia a la salinidad (SEMARNAT, 2015).

2.10.4. Importancia del Injerto en Pimiento

Existen pocas referencias y estudios sobre el injerto de pimiento con lo que existe gran desconocimiento en el campo de estudio. Ha sido la prevención de la “secadera” del pimiento, ocasiona por *Phytophthora capsici*, la causa más relevante de realizar la práctica de injertar en esta especie. El pimiento sólo es compatible con otras especies del género *Capsici*. Presenta mala compatibilidad con otras solanáceas e incluso con algunos taxones de su misma especie (Doñas *et al.*, 2014).

El injerto sobre patrones vigorosos y resistentes a patógenos del suelo se ha ensayado como una forma de control de *Phytophthora spp.* y *Meloidogyne sp.* en los cultivos de pimiento (Ros *et al.*, 2004). Ensayos realizados con plantas injertadas, mostraron que existe una buena correlación entre el vigor del patrón y la producción en plantas injertadas, no hubo una pérdida de producción por el uso reiterado del mismo cultivo (Lacasa *et al.*, 2006).

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

(García *et al.*, 2010). El usar el CM 334 como un porta injerto resistente a *P. capsici* podría formar parte del manejo integrado para controlar la marchitez de chiles jalapeños y chilacas (Osuna *et al.*, 2012). Si esta técnica se utiliza con variedades de pimiento morrón, se podrían reducir de manera significativa las pérdidas cuantiosas, que alcanzan hasta 100% (Guijón *et al.*, 2001; Rico *et al.*, 2004). Mejorando además la calidad del fruto, por lo que asumen que el uso de portainjertos podría ser una técnica viable en la horticultura sustentable del futuro.

Los beneficios del uso de portainjertos es contundente, sin embargo debido a la tendencia de mayor uso en la técnica, surge la necesidad de probar los distintos porta injertos que se encuentran en el mercado y los nuevos que se agregan cada año, a fin de encontrar la combinación más adecuada entre porta injerto/variedad que satisfaga los volúmenes de producción que demandan los productores, con los parámetros de calidad que requiere el mercado, y la calidad nutricional a los consumidores (Ávila *et al.*, 2012).

2.10.5. Tipos de injerto utilizados en hortalizas

○ Injerto de aproximación

Al momento de que el portainjerto haya desarrollado completamente los cotiledones y el injerto sus cotiledones y hojas verdaderas, se pudiera considerar que la plántula esta lista para realizar el injerto. Iniciando por realizar un corte sobre el portainjerto con un ángulo de 35 a 45° C cortando por el hipocotílo del rizoma aproximadamente a la mitad, realizando el mismo corte sobre el injerto pero en ángulo opuesto, resaltando que el injerto quedará sobre el portainjerto, se procede a la unión de los dos hipocotílos sellándolos con una lámina de aluminio u su similar que cumpla la función de sellar la herida. Una vez alcanzado el prendimiento, la parte superior del porta injerto se elimina y la parte inferior del injerto se elimina 2 días después (Piña, 2017).

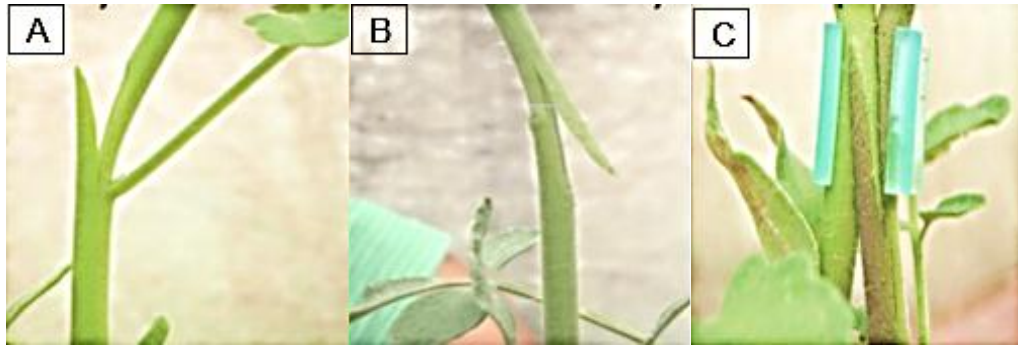


Figura 1. A, B y C: Injerto de aproximación.

- **Injerto de Púa o hendidura**

Al momento de que el portainjerto haya desarrollado completamente las hojas cotiledonares y el injerto sus cotiledones y hojas verdaderas, se pudiera considerarse lista para realizar el injerto. Iniciando por realizar un corte tipo “Púa” sobre el híbrido de 1.5 cm por encima de los cotiledones, seguido se realiza un corte horizontal en la parte superior del hipocótilo del portainjerto y una hendidura sobre el diámetro del tallo expuesto de 1.5 cm de longitud, consecutivamente se inserta la Púa del híbrido en la hendidura sujetándolo con un clip de silicón (Piña, 2017).



Figura 2. D, E y F: Injerto de hendidura.

- **Injerto de empalme**

Se inicia realizando un corte con un ángulo de 35 a 45° en el hipocótilo del portainjerto, de igual forma el mismo corte pero sobre el injerto con el mismo ángulo,

ambas superficies expuestas se insertan y se combinan sujetándolo con un clip de silicón, posteriormente se colocaron en una cámara de prendimiento el cual deberá ofrecer las condiciones ideales para la cicatrización de la heridas, la fase de prendimiento (Piña).



Figura 3. G, H e I: Injerto de empalme.

2.10.6. Tipos de injerto utilizados en pimiento

En pimiento el injerto más utilizado es el de empalme, las operaciones para este tipo de injerto son las siguientes:

Se cortan todos los brotes del patrón por debajo o por encima de sus hojas, cotiledonales a 2.5 o 3 cm de altura desde la base del tallo entre la 3ra y 4ta hoja con un ángulo aproximado de 45°, con el objetivo de aumentar la superficie de contacto y facilitar la cicatrización y una hendidura de hasta 1.5 cm de profundidad.

Hay que tener en cuenta que el tallo del patrón queda a poca altura del suelo y existe una posibilidad de enraizamiento de la variedad injertada.

Para llevar a cabo la técnica se colocan pinzas para injertar o tubos de silicona en los tallos seccionados cubriendo la superficie que se va a unir con el injerto. En seguida, se cortan las plantas de la variedad que se van a injertar, con por lo menos de 2 a 3 hojas verdaderas presentes, por debajo o por encima de las

hojas de los cotiledones, dejando de 1.5 a 2 cm de tallo y con un ángulo de 45° similar al corte del portainjerto y una hendidura similar al del patrón.

Una vez que se ha realizado la unión se introduce dentro de la pinza para facilitar el contacto de la corteza con el cilindro medular de uno o de otro tallo, hasta dejarlos bien acoplados a fin de favorecer el prendimiento y la cicatrización.

La bandeja de plantas injertadas se coloca en la cámara de prendimiento, no sin haberla humedecido previamente las plantas con ligera pulverización de agua, entonces se cubren con una lámina de plástico manteniendo la luminosidad indirectamente.

Al 4to o 5to día ya se alcanza a apreciar la soldadura y al 6to día ya se encuentra prácticamente consolidado el injerto (Cerón, 2018).

2.10.7. Factores que influyen en la unión del injerto

Además de las características propias de las plantas que se unen, algunos factores ambientales facilitan o dificultan el proceso.

Entre los más importantes están los siguientes:

- **Temperatura.** Influye poderosamente en la división celular, por lo tanto en la formación de tejido de callo y la diferenciación de nuevos haces vasculares. Con temperaturas muy bajas o muy altas los procesos se aletargan o paralizan, la temperatura óptima durante la fase de unión es entre 25-28 °C.
- **Humedad.** Los tejidos cortados para la unión del injerto, deben mantenerse bajo condiciones de humedad elevada, pues en caso contrario, las partes expuestas a baja humedad se impermeabilizan, impidiendo la unión. Es necesaria la alta humedad relativa de 80-90%.

- **Superficie de contacto.** El porta injerto y la variedad deben tener diámetros similares en la zona de unión, así la proximidad entre los haces vasculares de las dos plantas es máxima y la unión también.
- **La técnica de injerto utilizada.** El tipo de injerto (corte de portainjerto y variedad).
- **Oxígeno.** La división y crecimiento de las células van acompañadas de una respiración elevada, por lo que es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto para la producción de tejido.
- **Contaminación de patógenos.** En ocasiones bacterias y hongos entran en el corte, las cuales causan la pérdida del injerto. La limpieza y desinfección, es uno de los requerimientos básicos para la realización de la práctica de injerto.
- **Condiciones ambientales en la fase posterior al injerto.** Es necesario controlar la temperatura y humedad relativa para asegurar que en la fase posterior al injerto, no se marchite ni el patrón, ni la variedad.

2.11. Rentabilidad de los injertos y la producción hortícola en invernadero

Los invernaderos junto con el control climático permiten optimizar la productividad de un sistema de cultivo, facilitar la programación de las cosechas, optimizar la calidad de los productos y minimizar la incidencia de plagas y enfermedades (Espinoza *et al.*, 2012).

Los invernaderos de hortalizas injertadas requieren de tecnología, lo que trae múltiples beneficios a la horticultura mexicana, considerando que incrementan así mismo los rendimientos.

Los resultados obtenidos en distintos ensayos en plantas injertadas muestran que estas tienen una mayor producción, lo que permite obtener rendimientos positivos pero con costos superiores, cosa que no sucede en las variedades sin injertar (positivos si se desinfectó el suelo y negativos si no se desinfectó).

El análisis de sensibilidad permite concluir que los rendimientos obtenidos son positivos en más del 95% de las ocasiones en las variedades injertadas, mientras que en las sin injertar, pero con el suelo tratado este no supera el 10% y en las plantas sin injertar y sin tratar sólo el 1% de las ocasiones el rendimiento es positivo (López *et al.*, 2015).

El portainjerto no solo aporta mejora sanitaria frente a nematodos, sino que aumenta la producción del cultivo de pimiento y por lo tanto la rentabilidad obtenida (Martinez, 2015).

2.11.1. Importancia de hacer un estudio económico en la producción de hortalizas

Los cambios en los estilos de vida y el incremento en la necesidad de obtener nuevos hábitos de consumo, ha ocasionado un incremento en el consumo de frutas y vegetales frescos. En la actualidad estos productos gozan de una gran aceptación por parte de los consumidores que buscan en gran medida aspectos benéficos para la salud demandando productos de buena calidad y buen sabor.

Existen realmente pocos estudios sobre la importancia económica de las hortalizas o son poco divulgados y la información contenida no aporta datos actualizados, esto para poder orientar a los productores para mejorar sus ingresos a través de un adecuado uso de los recursos económicos, del manejo agronómico

que se les debe proporcionar al cultivo, así como del aprovechamiento del suelo ya que los ciclos vegetativos cortos y largos de los cultivos hortícolas permiten obtener altos rendimientos en superficies relativamente pequeñas. Las hortalizas son cultivos que representan una alternativa para los agricultores de distintas zonas del territorio nacional en la actualidad.

En México el pimiento se encuentra entre las principales hortalizas frescas más demandadas, lo que representa un negocio en plena expansión y con oportunidades y posibilidades de alta rentabilidad y crecimiento (Espinoza *et al.*, 2012).

El análisis económico puede ser realizado con la finalidad de verificar las repercusiones económicas de la aplicación de los nuevos conocimientos generados por la investigación biológica y/o agronómica. Con los datos de la investigación hortícola, el análisis considera la evaluación económica de los nuevos conocimientos aplicados, tanto desde el punto de vista del empresario como del impacto sobre la economía regional y nacional.

Se trata de determinar si las investigaciones tecnológicas derivadas del proceso de investigación agrícola son factibles y convenientes, de ser adoptadas a nivel de las unidades de producción agropecuaria. La factibilidad y conveniencia que se establecen a partir de las relaciones recursos-productos, son características del proceso productivo, pero que dependen finalmente del comportamiento de los precios de tales recursos y productos (Silva *et al.*, 2010).

Las relaciones insumo-producto son cuantificadas en términos físicos, en el proceso de investigación, pero solamente cuando se justifican económicamente pueden proporcionar recomendaciones para los productores. Es a través de las relaciones entre costos (valor de los insumos) y beneficios (valor del producto) que podrá establecerse si resulta posible la aplicación inmediata de una nueva

tecnología o, de lo contrario, si será necesario identificar los cambios económicos y estructurales para hacerla factible.

La rentabilidad es la diferencia de fondos monetarios y generados y fondos absorbidos durante la puesta en marcha del proyecto en el que estamos trabajando.

Se debe señalar que para el análisis económico de los resultados de la investigación se requieren mínimamente tres tipos de datos:

- La cuantificación del incremento del producto con el uso de la técnica investigada.
- Los datos de insumos necesarios a la aplicación de la técnica.
- Los datos de precios de productos e insumos, condiciones de mercado, comercialización, etc.

Con este conjunto de datos nos será posible determinar el beneficio y los costos de la nueva técnica.

En la consideración de esta esta nueva técnica se debe tener presente que hay algunos resultados aparentemente benéficos, pero que no significan necesariamente mayores ganancias. Hay objetivos perseguidos por productores como sinónimo de éxito, que se presentan como garantía de mayor ganancia, pero que en la realidad no lo son. Por ello resulta necesario abordar el análisis del costo-beneficio, a través de la comparación de los costos totales y promedios (Rucuba *et al.*, 2006).

2.11.2. Ventajas de hacer un análisis económico

En términos generales, la ventaja que el análisis económico aporta a los propietarios, gerentes y directivos de la PyME reside en conocer si la técnica es

económica y financieramente viable en el futuro, reduciendo al mínimo sus incertidumbres sobre la utilización eficiente de los recursos (Miranda *et al.*, 2005)

Esta ventaja general se concreta en las siguientes ventajas particulares:

- Conocer las áreas que contribuyen positiva y negativamente en los resultados de la aplicación de una nueva técnica y en la rentabilidad de los recursos invertidos; así como la capacidad que tiene para mejorar su gestión económica y generar utilidades.
 - Saber cuál es la posición financiera de la investigación, es decir, su liquidez y solvencia.
1. El análisis de liquidez informaría sobre la capacidad de la investigación para hacer frente a los compromisos de pago que vencen a corto plazo.
 2. El análisis de solvencia estimaría la capacidad para hacer frente a todas sus obligaciones de pago en el largo plazo.
- Disponer de información para establecer objetivos, planificar, controlar la actuación económica de la investigación y el cumplimiento de los objetivos establecidos.
 - Disponer de información para estimar la evolución futura de los resultados, rentabilidad y la solvencia de la investigación.
 - Poseer la información anterior facilitará y permitirá tomar decisiones encaminadas a mejorar la gestión de los recursos de una nueva investigación o puesta en marcha del proyecto para conseguir mejores resultados, rentabilidad y fortaleza financiera (Fernández *et al.*, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El estudio se realizó en un invernadero de mediana tecnología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, ubicada a 25°21'24.6"Norte 101°02'05.1" Oeste, a 1762 msnm, con precipitación media de 400 mm y una temperatura media anual de 12 a 18° C.



Figura 4. Ubicación del sitio experimental.

3.2. Material Vegetal

El material genético utilizado como portainjerto fue el Foundation F1 de Rijk Zwam, Yaocali F1 de Enza Zaden y CLX-PTX991 F1 (Ultron) de Harris Moran y los híbridos injertados fueron el pimiento Lamborghini F1 y Bambuca F1 de Rijk Zwam, Dicaprio F1 de Enza Zaden, los tres de color amarillo tipo blocky y el Ucumari F1 de Enza Zaden pimiento de color naranja tipo blocky. En algunos de los gráficos y cuadros se abrevió el material vegetal de la siguiente manera: los portainjertos; F= Foundation, Y= Yaocali, U= Ultron, SI= Sin injerto y las Variedades; L= Lamborghini, D= Dicaprio, B= Bambuca, U= Ucumari.

PORTAINJERTOS

Foundation RZ F1 (52-03) de Rijk Zwam

- Es un portainjerto de primera generación, con resistencia a Virust Tm0.
- Adecuado para uso en primavera y verano y para ciclos invernales.
- Buena tolerancia al frío y una fuerte masa radicular.
- Resistencia a nematodos, hongos de raíz y cuello (Damping Off).
- Resistencias: PVY 0,1/Tm0 y Pc/Ma/Mi/Mj.



Yaocali de Enza Zaden

- Portainjerto con alto vigor, de fácil balance, ideal para cultivos en suelo.
- Su resistencia y vigor son ideales para mantener una producción constante, conservar tamaño y calidad de fruta a lo largo del ciclo de producción.
- Ideal para cultivos a tres tallos, debido a la fortaleza de su sistema radicular que presenta buena tolerancia a *Phytophthora* y salinidad.
- Es una excelente opción para producción orgánica.
- Resistencias: RA: Tm: 0-3.



Ultron CLX-PTX991 F1 de Harris Moran

- No se encontró descripción disponible sobre el portainjerto.

VARIEDADES.

Lamborghini Rijk Zwam.

- No se encontró información sobre la variedad.

Dicaprio de Enza Zaden

- Puede ser cultivado en malla sombra o invernadero, sus frutos son de gran tamaño (L y XL) de buen color amarillo y tolerantes al cracking.
- Fruta: Alto porcentaje de 4 lóbulos de gran uniformidad donde predominan los tamaños L y XL, de paredes gruesas y firmes con alta calidad.
- Planta: Vigorosa, se adapta bien a sistemas de producción de tipo holandés y español, tiene una buena cobertura y su maduración a cosecha es precoz.
- Resistencias: RA: Tm: 0-3. I RM: TSWV: 0.



Bambuca RZ F1 (35-240) de Rijk Zwam

- Planta de porte alto, con muy buen cuerpo y vigor.
- Frutos de color amarillo brillante, el cual se conserva a pesar de las condiciones de luz extrema.
- Tamaños son de L a XL, con muy buena forma blocky, buen tamaño de pedúnculo y un cáliz no hundido.
- Tiene muy buena vida de anaquel y es muy tolerante a skin cracking.



Ucumari de Enza Zaden

- Fuerte, de producción continua que puede adaptarse al sistema de manejo holandés o español para malla sombras o invernaderos de media tecnología.



- Tiene una maduración rápida y homogénea. Muy productiva con altos porcentajes de frutos de empaque de calidad superior.
- Fruta: Predomina la forma de 4 lóbulos con alta uniformidad de tamaños grandes de color naranja brillante de muy buena calidad. Sus paredes son bastante firmes proporcionándole una larga vida de anaquel.
- Su capacidad de adaptación a los sistemas holandés y español para casas sombras e invernaderos lo hace una buena opción. Sus frutos de un color brillante e intenso con tamaños XL y L lo favorecen, la firmeza de sus paredes le aportan una larga vida de anaquel.
- Resistencias: RA: Tm: 0-2.

3.3. Formación de los Injertos

Para la formación de plantas injertadas, los portainjertos y las variedades se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se usó como medio de germinación Peat moss y Perlita en proporción 70:30 respectivamente. Se sembraron primero las variedades y tres días después los portainjertos, con el fin de tener una adecuada sincronización en el grosor del tallo, ya que este debe ser similar tanto en el portainjerto como la variedad. El injerto se realizó 35 días después

de haber sembrado el portainjerto, cuando las plantas tenían un grosor de tallo de 2 a 2.4 mm, se realizó este proceso sobre mesas desinfectadas con cloro a 50 ppm para eliminar cualquier tipo de contaminación que pueda afectar el proceso de injerto, la temperatura ambiente del área de trabajo fue de 22 a 28° C y la humedad relativa de 80 a 90%. El tipo de injerto utilizado fue el de empalme, cuyos cortes se realizaron con una navaja cúter desinfectada con alcohol al 70% después de realizar el corte en cada planta. Se usaron clips de silicón de 2.25 mm para soporte en la unión de los injertos, las plantas injertadas posteriormente se llevaron a una cámara de prendimiento, con microclima de 22 a 25° C y humedad relativa de 80 a 90 %, las primeras 48 horas se mantuvieron en oscuridad para evitar oxidación celular en la zona de corte y favorecer el proceso de cicatrización y prendimiento, los siguientes seis días (24 h/día) fueron ciclos día-noche normal, debido a que no se tuvieron los medios necesarios para darle las condiciones de radiación que requerían las plantas para continuar con sus funciones metabólicas y fisiológicas sin interrupción, y que el proceso de prendimiento fuera más rápido. Pasados los ocho días las plantas injertadas fueron llevadas a invernadero para adaptación y aclimatación, donde la temperatura fue de 18 a 28° C y la humedad relativa de 70 a 90%.

3.4. Establecimiento en Campo y Manejo del Cultivo

El trasplante se realizó 20 días después de haber realizado el injerto, manteniendo en ellos el clip de silicón como soporte. Se estableció el sistema de cultivo en suelo, en camas elevadas con acolchado plástico de color negro, la distancia entre plantas fue de 30 cm a doble tallo cada una, a doble hilera y 25 cm entre plantas. La distancia entre surcos fue de 1.80 m, dando como resultado una densidad de plantación calculada de 36,000 plantas por hectárea. El cultivo se estableció en el ciclo Primavera-Verano de 2017, bajo un arreglo experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental con 8 tallos útiles con competencia completa. El manejo del cultivo se realizó bajo los procesos estándar del cultivo, la solución nutritiva utilizada fue la propuesta por Steiner (1966) utilizando riego localizado, la solución nutritiva fue suministrada de la

siguiente manera; fue de 50% al inicio del cultivo, 75 % a los 30 días después del trasplante, hasta 100% una vez iniciada la floración y fructificación hasta el término del ciclo, se utilizó drenaje de solución de 20 %. Para el control de trips y mosca blanca, se realizaron aplicaciones semanales Spirotetramat al 15.3%, Spiromesifen al 23.1%, Imidacloprid 17% + Cylfutrín 12% a razón de 1 ml/L y Metomilo 90%, a razón de 1 g/L.

3.5. Determinación de Rendimiento por Hectárea

El peso total de frutos se estimó pesando todos los frutos de la parcela útil en una balanza digital de precisión SARTORIUS modelo TS 1352Q37, y se dividió entre el total de plantas de dicha parcela, la primera cosecha fue a los 90 días después del trasplante y se cosecharon los frutos que presentaban una coloración superior al 60%. Se obtuvo el rendimiento por planta total, al sumar el peso de todos los cortes realizados y posteriormente se multiplicó el rendimiento de cada planta por el número total de plantas por hectárea calculado, para luego obtener el rendimiento total por hectárea ($t \cdot ha^{-1}$) de cada tratamiento.

3.6. Determinación de calidad comercial

Para determinar la calidad comercial de los frutos, estos se pesaron en una balanza digital de precisión SARTORIUS modelo TS 1352Q37, y fue de manera individual fruto por fruto y en tres cosechas intermedias, la primera a los 90 DDT y las dos posteriores con intervalos de 30 días. De los datos globales obtenidos se calculó el porcentaje de acuerdo a su clasificación comercial, fue dividiendo los kilogramos de cada calidad comercial entre los kilogramos totales y multiplicado por cien, mismo que se utilizó para calcular el rendimiento comercial en toneladas por hectárea en cada tratamiento, el cual consistió en multiplicar el porcentaje de clasificación (en unidad) por las toneladas totales cosechadas y se expresan como sigue:

$$\% \text{ de Clasificación} = \frac{\text{Kg de cada clasificación}}{\text{Kg totales}} * 100$$

*Toneladas de clasificación = % de clasificación (unidad) * toneladas totales*

El cálculo de los ingresos por ventas proyectado, se determinó multiplicando el precio promedio por tonelada de acuerdo a su calidad comercial, por las toneladas encontradas de determinada calidad comercial en cada tratamiento, el precio promedio de cada tonelada se calculó en base a los precios de mercado de la central de abasto de San Nicolás de los Garza, Nuevo León en los meses de Julio a Octubre (SNIIM, 2017).

$$\text{Ingresos proyectados} = \left(\text{precio} \frac{\text{ton}}{\text{ha}}\right) * \text{toneladas de clasificación}$$

3.7. Análisis Estadístico para Rendimiento por Hectárea

El arreglo experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, mientras que el análisis estadístico para rendimiento por hectárea se realizó con el programa SAS versión 9.1, se empleó el modelo completamente al azar (ANOVA) con 16 tratamientos y tres repeticiones cada uno ($P \leq 0.01$), la comparación de medias se realizó con la prueba de diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento por Hectárea

El rendimiento por hectárea mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) Figura 5. La comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$), señala que las mejores combinaciones entre portainjerto/variedad fueron Ultron/Dicaprio, Ultron/Lamborghini, Yaocali/Lamborghini, Dicaprio sin injertar, Foundation/Dicaprio y Ultron/Bambuca con 100.5, 95.0, 90.8, 88.9, 88.0 y 87.2 t.ha⁻¹ respectivamente, las primeras tres combinaciones superaron a sus respectivas variedades sin injerto en 13, 72 y 64%. Con lo anterior se confirma que el componente agroclimático es crucial para determinar la respuesta de los injertos en una región determinada, debido a que la respuesta genotipo-ambiente es diferente, y las variedades se comportan de manera diferente, por lo tanto probar portainjertos con variedades de pimiento morrón de manera local y regional permitirá generar información, que posibilite la optimización de las unidades de producción y generar más kilogramos de producto comercial por cada metro cuadrado de superficie cultivada.

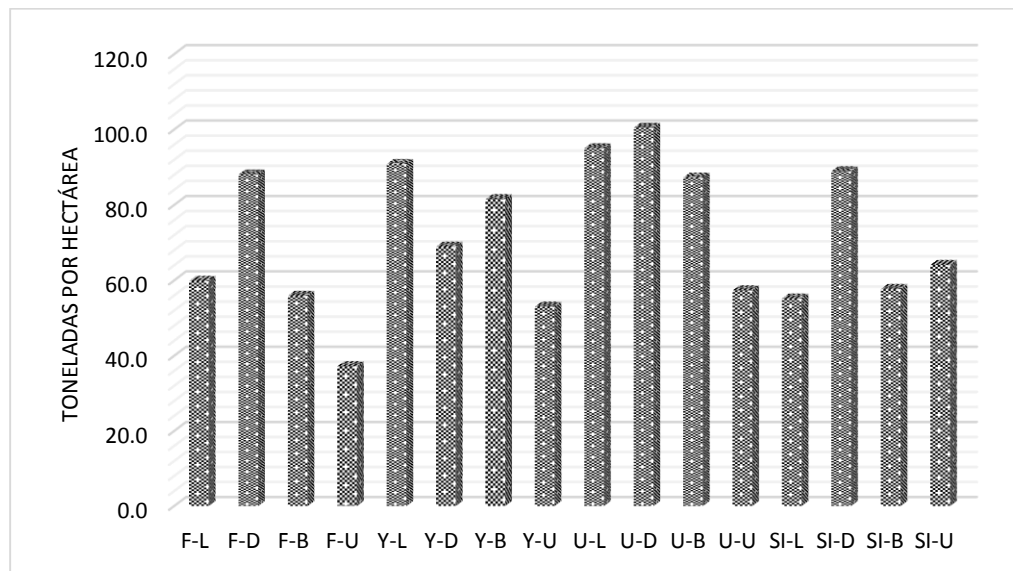


Gráfico 5. Comparación de rendimiento por hectárea en el cultivo de pimiento morrón.

4.2. Clasificación Comercial Expresada en Porcentaje

La clasificación comercial del pimiento expresada en porcentaje (%), obtenido en cada tratamiento y de acuerdo al sistema de clasificación, se muestra en el Cuadro 5, se observó que para el tamaño de frutos XL el mayor porcentaje se obtuvo injertando el portainjerto Yaocali con la variedad Dicaprio con un 41.03% y superó a Dicaprio sin injerto en 70%, a este le siguieron Yaocali/Lamborghini y Ultron/Bambuca con 35.90 y 34.90% respectivamente. En la clasificación L se obtuvo un comportamiento completamente diferente, donde se observó que al injertar el portainjerto Foundation con Ucumari se obtuvo el mayor porcentaje con 52.63%, el cual superó a Ucumari sin injerto en un 83%, le siguen Yaocali/Bambuca y Bambuca sin injerto con 35.07 y 34.69% respectivamente, sin embargo, a pesar de producir gran porcentaje de frutos de tamaño L dicha combinación Foundation/Ucumari no produjo frutos de tamaño XL y XXL. Mientras tanto para la clasificación M resultó mejor el portainjerto Ultron con Lamborghini con un 25%. Las combinaciones de portainjerto/variedad que produjeron más frutos de tamaño CH fueron Foundation/Bambuca y Ultron/Ucumari con 19 y 18.5% respectivamente. Por último en los frutos de tamaño XXL se observó que las combinaciones de Yaocali/Dicaprio y Ultron/Dicaprio produjeron más frutos de este tamaño, sin embargo, las combinaciones Foundation/Bambuca y Foundation/Ucumari no produjeron frutos de tamaño XXL. Lo anterior descrito confirma que la variabilidad genética que existe entre los portainjertos y variedades utilizadas, así como la afinidad positiva o negativa existente entre los materiales utilizados.

Cuadro 5. Porcentajes encontrados de acuerdo al sistema de clasificación comercial de frutos de pimiento morrón con diferentes combinaciones portainjerto/variedad.

Tratamientos (Portainjerto/Variedad)	%				
	XL	L	M	CH	XXL
Foundation/Lamborghini	12.903	24.194	22.58	14.52	19.355
Foundation/Dicaprio	19.481	31.169	14.29	9.091	19.481
Foundation/Bambuca	19.048	33.333	14.29	19.05	0
Foundation/Ucumari	0	52.632	21.05	5.263	0
Yaocali/Lamborghini	35.897	26.923	11.54	6.41	14.103
Yaocali/Dicaprio	41.026	7.6923	5.128	2.564	38.462
Yaocali/Bambuca	29.87	35.065	7.792	10.39	9.0909
Yaocali/Ucumari	17.391	28.261	17.39	6.522	17.391
Ultron/Lamborghini	14.167	30.833	25	12.5	5.8333
Ultron/Dicaprio	24.528	25.472	11.32	5.66	27.358
Ultron/Bambuca	34.831	29.213	23.6	2.247	8.9888
Ultron/Ucumari	13.953	25.581	16.28	18.6	6.9767
Sin injerto/Lamborghini	18.182	15.152	15.15	6.061	16.667
Sin injerto/Dicaprio	24.038	22.115	20.19	12.5	13.462
Sin injerto/Bambuca	22.449	34.694	16.33	10.2	10.204
Sin injerto/Ucumari	9.901	28.713	22.77	14.85	5.9406

XL= Extra grande (221-260 g), L= Grande (181-220 g), M= Mediano (151-180 g), CH= Chico (120-130 g) y XXL= Jumbo (>260 g).

4.3. Clasificación Comercial Expresada en Toneladas por Hectárea

Cuando extrapolamos el rendimiento por hectárea calculado, a toneladas de acuerdo a su porcentaje de clasificación (Cuadro 6), tenemos que la combinación de Yaocali/Lamborghini produce más toneladas de frutos XL con 32.60 t.ha⁻¹, y superó a Lamborghini sin injerto en 225%, seguido de Ultron/Bambuca y Yaocali/Dicaprio con 30.38 y 28.27 t.ha⁻¹. En la clasificación de frutos de tamaño L destaca Ultron/Lamborghini con 29.29 t.ha⁻¹ de esta clasificación, y superó a Lamborghini sin injertar en 250%, le siguen Yaocali/Bambuca con 28.58 y

Foundation/Dicaprio con 27.44 t.ha⁻¹, que además superaron a Bambuca y Dicaprio sin injertar en 26 y 39% respectivamente. En la clasificación M se observó una tendencia similar a la clasificación L, en donde la combinación Ultron/Lamborghini, también destaca entre las otras combinaciones y superó a Lamborghini sin injertar con 185%. En la clasificación CH, destacan las combinaciones Yaocali/Dicaprio, Foundation/Ucumari y Ultron/Bambuca, por producir la menor cantidad de t.ha⁻¹ de dicha clasificación con 1.76, 1.95 y 1.96 toneladas por hectárea respectivamente, lo que significa que dichas combinaciones producen la menor cantidad de frutos pequeños. En la clasificación XXL la combinación Ultron/Dicaprio alcanzó la máxima producción con 27.48 t.ha⁻¹, mientras que las combinaciones Foundation/Dicaprio y Foundation/Ucumari tuvieron nula producción de dicha clasificación. Cabe mencionar que el tamaño de los frutos para su comercialización buscado por los productores de pimiento son los de tamaño XL y L, debido a que son los que se pagan a mejor precio en el mercado de exportación y nacional.

De acuerdo con los resultados encontrados, se puede aseverar que la más adecuada combinación portainjerto/variedad, para rendimiento y calidad comercial fueron Yaocali/Lamborghini, Yaocali/Bambuca, Ultron/Dicaprio y Ultron/Bambuca ya que Ultron y Yaocali son portainjertos de alto vigor, de fácil balance, ideal para cultivos en suelo, ya que su resistencia y vigor son ideales para mantener una producción constante, conservar tamaño y calidad de fruta a lo largo del ciclo de producción, sin embargo la respuesta de cada variedad con el portainjerto es diferente, comportándose muy bien en ciertas combinaciones pero con otras no. Además estos portainjertos tienen gran fortaleza en su sistema radicular que presenta buena tolerancia a *Phytophthora* y a la salinidad, que además por el balance que confieren a la variedad y a una distribución adecuada de los tallos individuales y sus hojas, hacen que se aproveche al máximo todos los factores que influyen en el rendimiento final del cultivo.

Cuadro 6. Clasificación comercial en toneladas por hectárea encontrada pimiento morrón con diferentes combinaciones portainjerto/variedad.

Tratamientos (Injertos)	(t.ha ⁻¹)				
	XL	L	M	CH	XXL
Foundation-Lamborghini	7.71	14.47	13.50	8.68	11.57
Foundation-Dicaprio	17.14	27.43	12.57	8.00	17.149
Foundation-Bambuca	10.64	18.63	7.98	10.64	0
Foundation-Ucumari	0	19.56	7.82	1.95	0
Yaocali-Lamborghini	32.60	24.45	10.48	5.82	12.80
Yaocali-Dicaprio	28.26	5.30	3.53	1.76	26.5
Yaocali-Bambuca	24.34	28.57	6.35	8.46	7.40
Yaocali-Ucumari	9.21	14.97	9.21	3.45	9.21
Ultron-Lamborghini	13.45	29.29	23.75	11.87	5.54
Ultron-Dicaprio	24.63	25.58	11.37	5.68	27.48
Ultron-Bambuca	30.38	25.48	20.58	1.96	7.84
Ultron-Ucumari	7.99	14.66	9.33	10.66	3.99
Sin injerto-Lamborghini	10.02	8.35	8.35	3.34	9.19
Sin injerto-Dicaprio	21.35	19.65	17.94	11.11	11.96
Sin injerto-Bambuca	12.94	20.01	9.41	5.88	5.88
Sin injerto-Ucumari	6.343	18.39	14.58	9.51	3.80

XL= Extra grande (221-260 g), L= Grande (181-220 g), M= Mediano (151-180 g), CH= Chico (120-130 g) y XXL= Jumbo (>260 g).

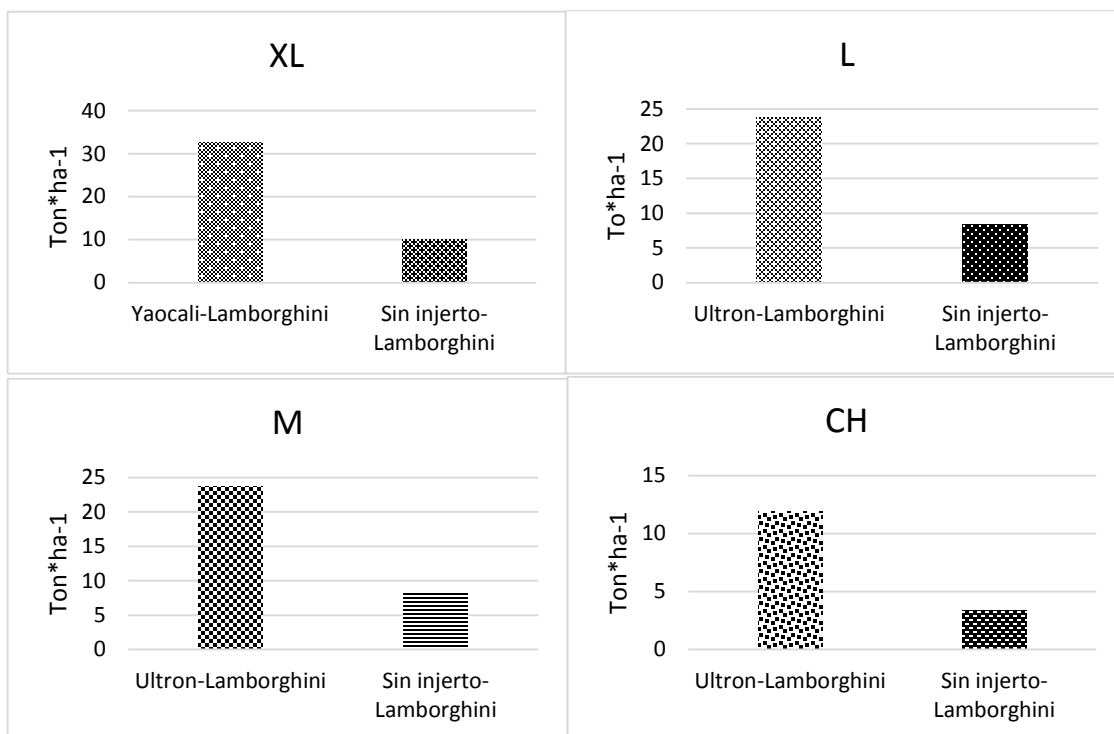


Gráfico 6. Mejores rendimientos por hectárea obtenidos de cada clasificación de las variedades injertadas con respecto a las variedades sin injerto.

4.4. Precios de Producto Comercial

En la Figura 7, se describe el precio promedio de cada kilogramo de pimiento morrón de calidad de primeras en los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre de 2017, así como el precio promedio general en los cuatro meses, precios de la central de abasto “Estrella” de San Nicolás de Los Garza, Nuevo León (SNIIM, 2017), ya que es el mercado de destino nacional más cercano en el Norte de México y son los meses en los que se realizó la cosecha de frutos para la evaluación.

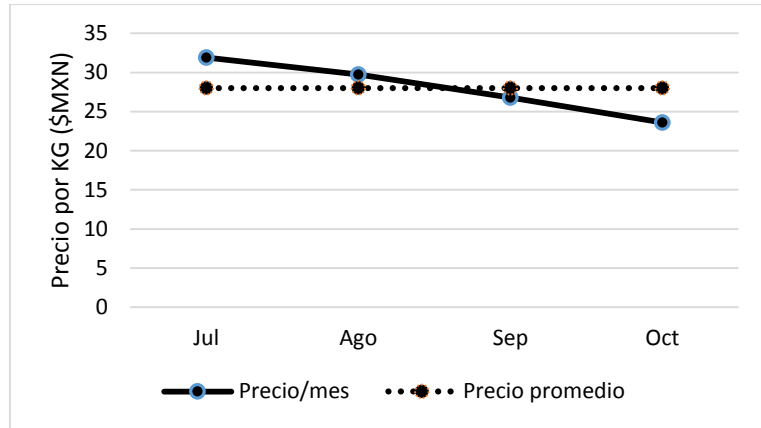


Figura 7. Precio promedio en \$MXN del pimiento morrón en los meses de Julio-Octubre en la central de abasto “Estrella” de San Nicolás de Los Garza, Nuevo León (SNIIM, 2017).

El precio promedio se utilizó como precio base de los frutos con calidad de primeras (XL y L), mientras que para la clasificación de tamaños M, este se calculó una disminución de 25% respecto del valor comercial de las primeras, mientras que para la calidad de XXL y CH se calculó con una disminución en el precio del 50% respecto de las primeras. Precios que se utilizaron para calcular el precio por tonelada de producto comercial que se muestra en la figura 8 y resultó de multiplicar el precio de cada kilogramo por los kg que hay en una tonelada.

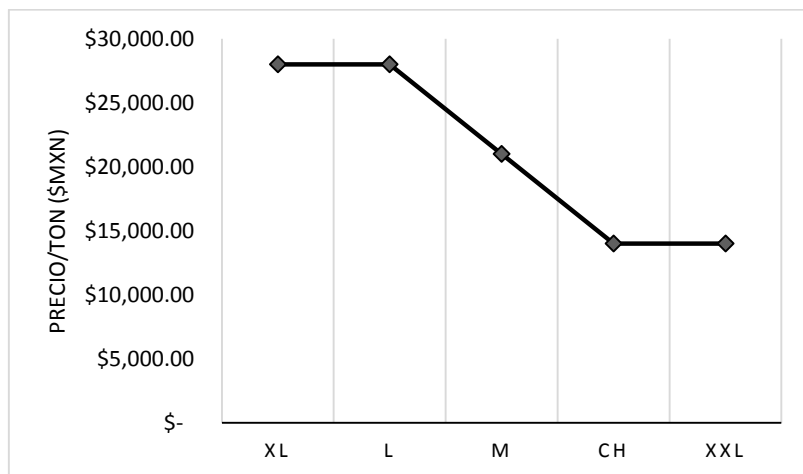


Gráfico 8. Precio promedio en \$MXN del pimiento morrón por cada tonelada de acuerdo con su clasificación comercial en la central de abasto “Estrella” de San Nicolás de Los Garza, Nuevo León (SNIIM, 2017).

4.5. Ingresos por Ventas

Los ingresos por ventas se calcularon multiplicando el precio promedio por tonelada de cada clasificación (Figura 8), por las toneladas de producto de acuerdo a su calidad comercial (Cuadro 6) para cada tratamiento y se muestra en el Cuadro 7, donde la calidad XL y L se unieron para hacer un solo concepto de acuerdo al precio del pimiento en el mercado de destino. Es importante señalar que para la clasificación XL y L los mayores ingresos calculados, se obtuvieron con la combinación del portainjerto Yaocali con la variedad Lamborghini, con \$1,598,211.82 y superó a Lamborghini sin injerto en 210%, a este le siguieron Ultron/Bambuca y Ultron/Dicaprio con \$1,564,728.29 y \$1,406,872.28 respectivamente. Para la clasificación M sobresale la combinación Ultron/Lamborghini seguido de Ultron/Bambuca con \$498,966.32 y \$432,359.13 respectivamente, es importante observar, que Ucumari sin injertar superó a las combinaciones injertadas con los respectivos patrones, ya que superó a Yaocali/Ucumari con 13%, a Ultron/Ucumari con 14% y a Foundation/Ucumari con el 60%. En la clasificación CH se observó que destaca el injerto de Ultron/Lamborghini con \$166,322.11, seguido de Dicaprio sin injertar con \$155,613.06, es importante señalar que generar frutos de esta clasificación disminuye la rentabilidad del pimiento, ya que se dificulta su venta. En tamaños XXL los ingresos más bajos se obtuvieron con Ucumari sin injertar y con la combinación de Ultron/Ucumari con \$53,300.81 y \$56,004.18 respectivamente, cabe mencionar que los frutos de tamaño XXL también son de bajo precio en el mercado nacional y de exportación, por lo que producir la menor cantidad de estos es beneficioso para la rentabilidad del cultivo, siempre y cuando se produzcan más frutos L y XL que son los de mayor valor comercial.

En los ingresos por ventas totales, destacó el injerto de Ultron/Bambuca con \$2,134,344.30, ya que superó a Bambuca sin injerto en un 64%, así mismo superó Yaocali/Bambuca en 278% y a Foundation/Bambuca en 87%, lo que significa que Ultron es de los mejores portainjertos para la Variedad Bambuca. De acuerdo con los resultados obtenidos en ingresos por ventas totales, se puede sugerir que Ultron

es el portainjerto que mejor se desempeña con las variedades evaluadas, ya que obtuvo ingresos similares en las tres combinaciones, a excepción de Ultron/Ucumari. Las combinaciones que también destacaron por sus altos ingresos totales calculados fueron Ultron/Dicaprio con \$2,110,308.41 y Ultron/Lamborghini con \$1,940,424.58. Cabe resaltar que los menores ingresos fueron obtenidos con el injerto de Yaocali/Bambuca con \$563,274.42, por lo tanto se puede aseverar que entre estos existe cierto grado de incompatibilidad cuando es cultivado en suelo y no se recomendaría su uso. En este sentido, la determinación de la rentabilidad de los injertos puede ser un punto de partida para mejorar los rendimientos, la calidad deseada, la seguridad alimentaria, y al mismo tiempo incrementar los ingresos netos de los productores, el análisis económico también permite al productor apoyarse para la toma de decisiones en torno al uso de nuevas técnicas de tecnologías de cultivo (Fernández *et al.*, 2006).

Los análisis de los resultados obtenidos dan una idea más clara de los efectos e impactos desde el punto de vista productivo y económico, y de hacer modificaciones en las prácticas, técnicas y tecnologías de cultivo, de esta manera se pone en evidencia la necesidad de realizar el análisis económico en cada una de las investigaciones que se realizan en el área agrícola, a fin de que la información que se genere llegue a los productores y público en general, y tomen en consideración las diferentes técnicas de cultivo al momento de desarrollar los proyectos de producción agrícola.

Cuadro 7. Ingresos por ventas proyectadas de acuerdo al sistema de clasificación comercial en pimiento morrón con diferentes combinaciones portainjerto/variedad.

Tratamientos (Injertos)	Clasificación comercial				
	XL-L	M	CH	XXL	Total
Foundation-Lamborghini	\$621,578.04	\$283,763.89	\$121,613.09	\$162,150.79	\$1,189,105.82
Foundation-Dicaprio	\$124,8942.26	\$264,199.32	\$112,084.56	\$240,181.203	\$1,865,407.34
Foundation-Bambuca	\$820,012.76	\$167,729.88	\$149,093.23	\$00.00	\$1,136,835.87
Foundation-Ucumari	\$548,153.59	\$164,446.08	\$27,407.68	\$00.00	\$740,007.35
Yaocali-Lamborghini	\$1,598,211.82	\$220,161.83	\$81,541.42	\$179,391.12	\$2,079,306.19
Yaocali-Dicaprio	\$940,202.33	\$74,226.50	\$24,742.17	\$371,132.5	\$1,410,303.50
Yaocali-Bambuca	\$207,522.15	\$133,407.10	\$118,584.09	\$103,761.08	\$563,274.42
Yaocali-Ucumari	\$677,617.92	\$193,605.12	\$48,401.28	\$129,070.08	\$1,048,694.40
Ultron-Lamborghini	\$1,197,519.17	\$498,966.32	\$166,322.11	\$77,616.98	\$1,940,424.58
Ultron-Dicaprio	\$1,406,872.28	\$238,902.84	\$79,634.28	\$384,899.02	\$2,110,308.41
Ultron-Bambuca	\$1,564,728.29	\$432,359.13	\$27,451.37	\$109,805.49	\$2,134,344.30
Ultron-Ucumari	\$634,714.04	\$196,014.63	\$149,344.48	\$56,004.18	\$1,036,077.34
Sin injerto-Lamborghini	\$514,874.73	\$175,525.47	\$46,806.79	\$128,718.68	\$865,925.68
Sin injerto-Dicaprio	\$1,149,142.57	\$377,062.41	\$155,613.06	\$167,583.29	\$1,849,401.32
Sin injerto-Bambuca	\$923,209.60	\$197,830.63	\$82,429.43	\$82,429.43	\$1,285,899.09
Sin injerto-Ucumari	\$692,910.55	\$306,479.66	\$133,252.03	\$53,300.81	\$1,185,943.05

XL= Extra grande (221-260 g), L= Grande (181-220 g), M= Mediano (151-180 g), CH= Chico (120-130 g) y XXL= Jumbo (>260 g).

4.6. Presupuesto y utilidad parcial

En el cuadro 8, se presenta el análisis de presupuesto y utilidad parcial en los diferentes tratamientos probados, el primer concepto muestra los ingresos por las ventas totales. El segundo concepto describen los costos variables que implica la realización de la técnica del injerto combinando material genético utilizado, y no es más que la cantidad de plantas utilizadas y su costo, los cuales son; costo de la semilla de las variedades, Lamborghini, Dicaprio, Bambuca y Ucumari; el costo de la semilla de los porta injertos Foundation, Yaocali y Ultron; y el costo de la maquila de la plántula injertada, así como de la plántula sin injertar. En seguida la sumatoria total de los conceptos anteriores. Posteriormente se describe los beneficios netos, que resultan de restarle a los ingresos totales los gastos totales que varían. El último

concepto es la diferencia de ingresos que existe entre los tratamientos probados respecto a las variedades sin injerto (testigo). La mejor utilidad parcial la obtuvo Dicaprio sin injertar con \$1,633,401.32, seguido de Ultron/Bambuca, Ultron/Dicaprio, Yaocali/Lamborghini, Ultron/Lamborghini y Foundation/Dicaprio con \$1,620,030.30, \$1,595,994.41, \$1,564,992.20, \$1,426, 110.58 y \$1,351,093.30 respectivamente, lo cual indica que para la variedad Dicaprio es mejor no injertar o bien injertar solamente con el portainjerto Ultron, para las variedades Bambuca y Lamborghini es mejor injertarlas con el portainjerto Ultron, ya que con estos se obtiene la mayor utilidad parcial, cuando son cultivados en suelo. Para Ucumari que es un pimiento de color naranja es mejor no injertarlo ya que así se obtienen los mejores rendimientos económicos. Como se puede observar las diferencias encontradas se deben al número de frutos cosechados por unidad de área y su calidad comercial individual, mismos que están determinados por el material genético utilizado tanto como portainjerto y como variedad.

Sin embargo cuando comparamos las combinaciones injertadas con sus respectivas variedades sin injerto, encontramos que para la variedad Lamborghini los mayores ingresos respecto al testigo se obtienen con la combinación de Yaocali/Lamborghini con \$915,066.52 seguido de Ultron/Lamborghini con \$776,184.90. Para la variedad Bambuca la mejor combinación respecto a su testigo fue Ultron/Bambuca con \$550,131.21, mientras que Foundation/Bambuca y Yaocali/Bambuca tuvieron efectos negativos desde el punto de vista económico respecto a su testigo. Algo similar ocurrió con las variedades Dicaprio y Ucumari que en las combinaciones injertadas mostraron efectos negativos respecto a testigos.

Lo anterior significa que Lamborghini es altamente compatible con los portainjertos y puede ser injertado con los tres estudiados en este trabajo. Bambuca solo tuvo alta afinidad con el portainjerto Ultron, mientras que Dicaprio y Ucumari no deberían ser injertados, al menos no con los portainjertos probados. Las combinaciones de Yaocali/Bambuca, Foundation/Ucumari y Yaocali/Dicaprio

tuvieron la mayor diferencia negativa con -\$1,092,938.67, -\$816,249.70 y -\$809,411.82 respectivamente, con respecto a las variedades sin injertar, por lo que no se recomienda el empleo de técnica del injerto para combinar estos materiales.

Cuadro 8. Presupuesto y utilidad parcial por implementación de la técnica de injerto en cuatro variedades de pimiento morrón injertadas con tres portainjertos.

P/V	Concepto (\$/ha ⁻¹)					
	Ingresos ventas totales	Costos de semilla total	Costo planta injerto	Total de costos variables	Utilidad parcial	Diferencia respecto al testigo
F-L	\$1,189,105.80	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$674,791.80	-\$24,866.12
F-D	\$1,865,407.30	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$1,351,093.30	-\$282,308.02
F-B	\$1,136,835.90	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$622,521.90	-\$477,377.19
F-Uc	\$740,007.35	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$225,693.35	-\$744,249.70
Y-L	\$2,079,306.20	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$1,564,992.20	\$915,066.52
Y-D	\$1,410,303.50	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$895,989.50	-\$737,411.82
Y-B	\$563,274.42	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$48,960.42	-\$1,020,938.67
Y-Uc	\$1,048,694.40	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$534,380.40	-\$435,562.65
U-L	\$1,940,424.58	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$1,426,110.58	\$776,184.90
U-D	\$2,110,308.41	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$1,595,994.41	-\$37,406.91
U-B	\$2,134,344.30	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$1,620,030.30	\$550,131.21
U-Uc	\$1,036,077.34	\$288,000.00	\$226,314.00	\$514,314.00	\$521,763.34	-\$448,179.71
SI-L	\$865,925.68	\$144,000.00	\$72,000.00	\$216,000.00	\$649,925.68	\$0.00
SI-D	\$1,849,401.32	\$144,000.00	\$72,000.00	\$216,000.00	\$1,633,401.32	\$0.00
SI-B	\$1,285,899.09	\$144,000.00	\$72,000.00	\$216,000.00	\$1,069,899.09	\$0.00
SI-Uc	\$1,185,943.05	\$144,000.00	\$72,000.00	\$216,000.00	\$969,943.05	\$0.00

P/V= Portainjerto/variedad, Portainjertos: F= Foundation, Y=Yaocali, U= Ultron, Variedades: L= Lamborghini, D= Dicaprio, B= Bambuca, Uc=Ucumari y SI= Sin Injerto. Costo de la semilla de portainjertos y Variedades= \$4.00 c/u. Maquila de plántula injertada= \$6.29, maquila de plántula sin injerto \$2.

V. CONCLUSIONES

Ultron es el portainjerto que mejor se desempeña con las variedades evaluadas, ya que obtuvo ingresos similares y favorables cuando es injertada con tres de las variedades evaluadas.

De acuerdo a la utilidad parcial, para la variedad Dicaprio resulta mejor no injertar o bien injertar solamente con el portainjerto Ultron, las variedades Bambuca y Lamborghini es mejor injertarlas con el portainjerto Ultron, ya que con estos se obtiene la mayor utilidad parcial cuando son cultivados en suelo, Ucumari es mejor cultivarlo sin injerto, en las condiciones evaluadas.

En cuanto a compatibilidad y de acuerdo a la utilidad parcial obtenida respecto a las variedades sin injerto, se concluye que Lamborghini es altamente compatible con los portainjertos probados, y se desempeñó de manera eficaz con el portainjerto Yaocali. Bambuca sólo tuvo alta afinidad ideal con el portainjerto Ultron, mientras que Dicaprio y Ucumari no deberían ser injertados, al menos no con los portainjertos ni bajo las condiciones probadas.

Realizar el análisis económico mediante el cálculo de los gastos por la implementación de una nueva técnica o práctica de cultivo, y los ingresos por ventas proyectadas, permiten generar información que mide los impactos de realizar o no dicha técnica y con ello apoyarse para la toma de decisiones al momento de iniciar o continuar un proyecto agrícola.

VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, C. J., Sánchez C. E. 2017. Eficiencia del uso de portainjerto sobre el rendimiento y dinámica nutricional foliar de macronutrientes en pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 8: 685-693.
- Ávila, P. O., Solís J. A., Pavia I. F., Hernández H. G., Corral D. B., Margez J. P., Olivas E. 2012. Injertos en chiles tipo Cayene, jalapeño y chilaca en el noreste de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3: 739-750.
- CESAVEG. 2018. Campaña de Manejo Fitosanitarios de Chile. Disponible en www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_11/folleto_chile_11.pdf. (2018).
- Cerón, P. E. 2018. Efecto de la relación portainjerto/injerto de (*Capsicum annuum*) sobre rendimiento, y calidad en frutos de pimiento morrón. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 39 p.
- Cruz, I. J., Peñuelas I. A. 2016. Aspectos clave para la producción exitosa de pimiento en invernadero. INTAGRI. Disponible en www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/aspectos-claves-produccion-pimiento-invernadero. (2016).
- Doñas U. F., Jiménez L. Ma. M., Góngora J. A., Pérez D., Verde F. D., Camacho F. F. 2014. Influence of three rootstocks on yield and commercial quality of "Italian Sweet" pepper. *Ciencia e Agrotecnología*. 38: 538-545.
- Enza Zaden. 2018. Línea de productos. Disponible en www.enzazaden.com.mx. (25 de enero de 2019).
- Espinoza, A. J. J., Chew M. Y., Gaytán, M. A. 2012. Evaluación económica del uso de injerto en tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero. *Producción agrícola Agrofaz* 12: 57-62.
- Fernández, Z. M. A., Pérez A., Caballero P. 2006. Análisis económico de la tecnología de los invernaderos mediterráneos: aplicación en la producción

- del pimiento. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). 102: 260-277.
- FertiLab. 2015. La Fertilización Azufrada De Los Cultivos. Disponible en www.fertilab.com.mx/blog/41-la-fertilizacion-azufrada-de-los-cultivos/. (01 de Junio de 2015).
- FertiLab. 2016. Manejo del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Fertirrigación del Cultivo de Pimiento. Disponible en www.fertilab.com.mx/blog/105-manejo-del-nitrogeno-fosforo-y-potasio-en-la-fertirrigacion-del-cultivo-de-pimiento/. (16 de Mayo de 2016).
- FertiLab. 2017. El Calcio en la Nutrición del Pimiento. Disponible en www.fertilab.com.mx/blog/206-el-calcio-en-la-nutricion-del-pimiento/. (20 de Enero de 2017).
- García, B. M. L., Sánchez E., Gardea B. A. 2016. Cultivares injertados de pimiento morrón con uso eficiente de nitrógeno. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3491-3507.
- García, R. M. R., Chiquito A. E., Loeza L. P. D., Godoy H. H., Villordo P. E., Pons H. J. L., González C. M. M., Anaya, L. J. L. 2010. Producción de chile ancho injertado sobre criollo de Morelos 334 para el control de *Phytophthora capsici*. Agrociencia. 44: 701-709.
- Gaytán, M. A., Chew M. Y. I., Reta S. D. G., Espinoza A. J. J., Reyes J. I. 2013. Uso de injertos en hortalizas. Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Universidad de Juárez del Estado de Durango: 37-52.
- González, F. M., Hernández A., Casanova A., Depestre T., Gómez. L. 2008. Instituto de Investigaciones Hortícolas. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. Revista de Protección Vegetal. 23: 69-74.
- Guijón, L. C., González G. P. A. 2001. Estudio Regional de las Enfermedades del Chile (*Capsicum annum*, L.) y su Comportamiento Temporal en el Sur de Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 19: 49-56.

- HEALTHY. 2015. Injertos de frutales, un tipo especial de ingeniería vegetal. Disponible en <https://unabiologaenlacocina.wordpress.com/2015/07/25/injertos-de-frutales-un-tipo-especial-de-ingenieria-vegetal/>. (25 de Julio de 2015).
- Hernández, F. A. D., Campos M. R., Pinedo E. J. M. 2010. Comportamiento postcosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) Var. California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 11: 82-91.
- Hernández-López, V. M., Vargas, V. M. L., Muruaga, M. J. S., Hernández, D. S. & Mayek, P. N. 2013. Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Revista Fitotecnia Mexicana. 36: 95-104.
- Hernández-Verdugo, S. Luna, R. R. & Oyama, K. 2001a. Genetic structure and differentiation of wild and domestication populations of *Capsicum annum* from Mexico. Plant Systematics and Evolution. 226: 129-142.
- Hortoinfo. 2018. La producción mundial de pimiento supera por 1ª vez en la historia los 34.000 millones de kilos. Disponible en www.hortoinfo.es/index.php/6601-prod-mund-pim-100118. (10 de Enero de 2018).
- InfoAgro. 2018. El cultivo del pimiento. Disponible en www.infoagro.com/hortalizas/pimiento2.htm. (19 de octubre de 2018).
- InfoRural. 2010. México: primer lugar mundial en producción de chile verde y sexto en la de chile seco. Disponible en www.inforural.com.mx/mexico-primer-lugar-mundial-en-produccion-de-chile-verde-y-sexto-en-la-de-chile-seco/. (06 de Junio de 2010).
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Luna, R. J. J., Coppens, E. G. Hijmans, R. J. & Gepts, P. 2014. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annum*, in Mexico. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States. 111: 6165-6170.

- Lacasa, C. M., Guerrero M. M., Martínez M. A., Lacasa A., Ros C. 2006. Comportamiento de variedades de pimiento injertadas en cultivo ecológico de invernadero. *Biotecnología y Protección de Cultivos*.
- López, M. J., Gálvez A., Porras I., Brotons M. J. M. 2016. Injerto en pimiento (*Capsicum annuum*): Beneficios y rentabilidad de su uso. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). 112: 127-146.
- Martínez, C. 2015. Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de ajipimiento bajo invernadero en Rancho Arriba, San José de Ocoa. *Revista APF*. 4: 13-20.
- Miranda, W. R., Martínez R. A., Cabral V. F., Gómez, M. M. 2005. Análisis económico de la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la Comarca Lagunera. *Agrofaz. Publicación semestral de investigación científica*. 5: 909-918.
- Montes, H. S., López, L. P. & Ramírez M. M. 2010. Recopilación y análisis de la información existente de las especies de género *Capsicum* que crecen y se cultivan en México. *Campo Experimental Bajío, INIFAP*. 1-10.
- Ormeño, N. J., Sepúlveda R. P. 2005. Presencia de Diferentes Virus de Pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Especies de Malezas Asociadas al Cultivo. *Agricultura Técnica*. 65: 343-355.
- Osuna, A. P., Aguilar S. J., Fernández P. S., Godoy H. H., Corral D. B., Flores M. J. P., Borrego P. A., Olivas, E. 2012. Injertos en chiles tipo Cayene, jalapeño y chilaca en el noroeste de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3: 739-750.
- Palacio, M. A., Sánchez C. E. 2017. Influencia de la variedad, portainjerto y época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón. *Nova Scientia*. 9: 1-23.

- Pérez, C. L. M., Castañón, N. G., Ramírez, M. M. & Mayek, P. N. 2015. Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum spp.*. Ecosistemas y recursos agropecuarios. 2: 117-128.
- Piña, A. A. O. 2017. Evaluación del Potencial de Rendimiento y Calidad de Fruto en 16 Genotipos de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) en Invernadero de Mediana Tecnología. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 58 p.
- Ramírez, H., Herrera G. B., Méndez Q. Y. H., Benavides M. A., Cruz, B. J. A., Álvarez M. V., Rancaño A. J. H., Villareal Q. J. A. 2008. Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. Revista Chapingo. 14: 193-198.
- Rojas, L., Riveros F. 2001. Efecto del método y edad de las plántulas sobre el prendimiento y desarrollo de injertos en melón (*Cucumis melo*). Agricultura Técnica. 61: 262-274.
- Rico, G. L., Medina R. S., Muñoz S. C. I., Guevara O. L., Guevara G. R. G., Guerrero A. B. Z., Torres P. I., Rodríguez G. R., González C. M. M. 2004. Detección de *Phytophthora capsici* Leonian en Plantas de Chile (*Capsicum annuum* L.) mediante PCR. Revista Mexicana de Fitopatología. 1: 1-6.
- Rijk Zwaan. 2018. Catálogo de productos. Rijk Zwaan México. Disponible en www.rijkszwaan.mx. (24 de enero del 2018).
- Ros, C., Guerrero M. M., Lacasa A., Guirao P., González A., Bello A., López J. A., Martínez M. C. 2004. El injerto en pimiento. Comportamiento de patrones frente a hongos y nematodos. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Región de Murcia. Jornadas. 16: 279-312.
- Rucuba, G. A., Anchondo N. A, Luján A. C., Olivas G. J. M. 2006. Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios. 10: 1-10.

- SADER, Q. 2018. Secretaría de agricultura y desarrollo rural de Querétaro. Disponible en www.gob.mx. (18 de DICIEMBRE de 2018).
- SAGARPA. 2015. Secretaría de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. Disponible en <https://www.gob.mx>. (15 de Julio de 2015).
- SAGARPA. 2016. Secretaría de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. Disponible en <https://www.gob.mx>. (10 de Junio de 2016).
- SAGARPA. 2017. Secretaría de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. Disponible en <https://www.gob.mx>. (15 de Noviembre de 2017).
- SAGARPA. 2018. Producción nacional de chile alcanza 2.3 millones de toneladas. Disponible en www.gob.mx. (18 de Diciembre de 2018).
- Sánchez, C. F., Moreno P. E. C., Reséndiz M. R. C., Colinas L. M. T., Rodríguez P. J. E. 2017. Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos. *Agrociencia*. 51: 437-446.
- SEMARNAT. 2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El injerto y la protección a la capa de ozono. Disponible en www.gob.mx. (08 de Septiembre de 2015).
- SEMINIS. 2018. El éxito e importancia del pimiento en el campo mexicano. Disponible en <http://www.seminis.mx>. (28 de Febrero de 2018).
- SEMINIS. 2018. El Futuro De La Producción De Chiles Y Pimientos En México. Disponible en www.seminis.mx. (08 de Marzo de 2018).
- SIAP. 2016. Servicio de la Información Agroalimentaria y Pesquera. Chiles y pimientos. Disponible en www.siap.gob.mx. (2016).
- SIAP. 2018. Servicio de la Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen Nacional. Disponible en www.siap.gob.mx.siap.gob.mx. (08 de Noviembre de 2018).
- SIAP. 2017. Servicio de la Información Agroalimentaria y Pesquera. Chiles y pimientos. Disponible en www.siap.gob.mx. (2017).

- Silva, N., Macarrein O., Paredes H. 2010. El análisis económico de los resultados de investigación agropecuaria. Universidad Nacional del Noreste.
- SNIIM, 2017. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. Disponible en www.economia-sniim.gob.mx. (11 de Octubre de 2017).
- Torres, A., López R. 2017. Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos. Purdue University. 2-7.
- Valencia, A. S. 2016. El pimiento en invernadero con fertirrigación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México. 49 p.
- Vega, V. M. A. 2013. Influencia de acolchados fotoselectivos en el crecimiento, absorción de nutrientes y rendimiento del cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 66 p.
- Villa, C. M., Valencia C. E. A., Insunza I. M. A., Román L. A., González L. M. L., Valdés, A. J. 2009. Cultivares y nutrición de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero de clima controlado. Biotecnia. 11: 13-20.