

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**"RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) ANTE LA INFECCIÓN CON TOSPOVIRUS Y ALTERNATIVAS PARA SU MANEJO "**

**T E S I S**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Presenta**

**Ariana Isabel Torres Bojórquez**

**Director de tesis  
Dra. Lourdes Cervantes Díaz**

**Mexicali, Baja California, a agosto de 2016.**



Instituto de Ciencias Agrícolas  
Universidad Autónoma de Baja California  
(Versión Impresa)

2016

Ariana Isabel Torres Bojórquez / Lourdes Cervantes Díaz  
"RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CHILE HABANERO (*Capsicum  
chinense* Jacq.) ANTE LA INFECCIÓN CON TOSPOVIRUS Y  
ALTERNATIVAS PARA SU MANEJO"

Tesis doctoral

Agosto-Julio, año/periodo 2012-2015, Instituto de  
Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California

105 p

Palabras Clave: Diagnóstico de enfermedades, patógenos, virus, manejo,  
habanero

Keywords: Diagnosis of plant diseases, pathogen, virus, management,  
habanero

La presente tesis titulada "Respuesta agronómica del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) ante la infección con tospovirus y alternativas para su manejo" realizada por la M.C. Ariana Isabel Torres Bojórquez, dirigido por la Dr. en Cs. Lourdes Cervantes Díaz, ha sido evaluada y aprobada por el comité particular abajo indicado, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**Doctor en Ciencias Agropecuarias**  
Comité particular



---

Dr. Lourdes Cervantes Díaz  
Director



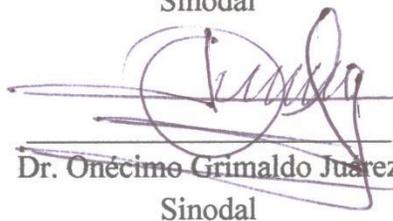
---

Dr. Fidel Núñez Ramírez  
Sinodal



---

Dr. Antonio Morales Maza  
Sinodal



---

Dr. Onécimo Grimaldo Juárez  
Sinodal



---

Dr. Daniel González Mendoza  
Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, y amiga, la Dr. Lourdes Cervantes Díaz, por darme la mano siempre que lo necesité, por su valiosa amistad y todo su apoyo durante la realización de mis estudios, la investigación, el trabajo de campo, y por mostrarme el camino para convertirme día con día en un mejor científico. Por ser mi guía, mil gracias.

Al Dr. Fidel Núñez Ramírez, por su invaluable apoyo en el ámbito laboral, académico y personal, por creer en mí, apoyar mis inquietudes, darme palabras de aliento y por compartir sus experiencias y conocimientos, los cuales, sin duda, fueron de vital importancia para la culminación de este trabajo y el alcance de mis objetivos.

A mis asesores de tesis, el Dr. Antonio Morales Maza, por sus puntuales y finas observaciones, al Dr. Onésimo Grimaldo Juárez y Dr. Daniel González Mendoza, por sus atinados comentarios y por compartir sus conocimientos, además de ser guía y ejemplo en mi formación como investigadora.

A los profesores que compartieron su cátedra, su tiempo, sus conocimientos, experiencias, esfuerzo y motivaciones, con infinito respeto y agradecimiento:

Dr. Leonel Avendaño Reyes

Dr. Silvia Mónica Avilés Marín

M. C. Carlos Ceceña Durán

A mis amigos Blancka Yesenia Samaniego Gámez, Elihú Raziel Morán Niebla, Maricela Pedro Méndez, Francisco Reyes Molina, y demás compañeros, del laboratorio de Fitopatología, por compartir su amistad, sus consejos y sus conocimientos, así como su continua exhortación a no desistir y salir adelante, y por compartir gratos momentos, dentro y fuera del ámbito académico.

A todo el personal administrativo, de servicios, y en general, del ICA-UABC, ya que todo su apoyo es sin duda, invaluable.

A mi familia, por su apoyo incondicional y estar siempre ahí cuando lo necesité, y simplemente por hacerme feliz.

Por brindarme una oportunidad de desarrollo personal y profesional, así como compartir su visión:

Al Instituto de Ciencias Agrícolas

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

A la UABC.

## **DEDICATORIA**

Por ser, siempre, fuente de orgullo, felicidad, satisfacción e inspiración:

A mi familia: mi papá Rogelio, por mostrarme el camino del esfuerzo, trabajo duro, estudio y empeño, porque sin tu sapiencia no habría llegado hasta donde estoy; a mi madre Isabel, por enseñarme el valor del trabajo y perseverancia, porque tu guía, amistad y consejos han forjado mi camino; a mis hermanos Rogelio, Siwnet y Vladimir, por su ayuda incondicional, apoyo y exhortación para alcanzar mis metas y conseguir mis objetivos personales y profesionales, y por ser modelos de admiración, a quienes siempre intento seguir. A mis sobrinos, por ser un oasis en mi desierto y por recordarme que aún existe la inocencia.

A Emanuel por su inconmensurable apoyo y motivación para alcanzar mis metas, sin ti, no lo habría logrado.

Por todo eso, y más, ¡Les dedico este esfuerzo!

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	III
INDICE GENERAL.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	VI
ANEXOS.....	VI
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	4
1.2.1 Producción hortícola en México.....	4
1.2.2 Producción hortícola en Baja California.....	5
1.2.3 Producción de hortalizas mediante agricultura protegida en Baja California.....	6
1.2.4 Producción de chile.....	8
1.2.5 Producción de chile habanero.....	10
1.2.6 Pérdidas económicas ocasionadas por enfermedades.....	10
1.2.7 Diagnóstico de enfermedades virales mediante la técnica de ELISA.....	11
1.2.8 Alternativas de manejo de enfermedades virales.....	12
1.3 Hipótesis.....	13
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
1.5 Literatura citada.....	14
CAPÍTULO II ESTADO ACTUAL DEL ESTUDIO DE LA PARASITOLOGÍA EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA.....	19
2.1 Resumen.....	19
2.2 Abstract.....	20
2.3 Introducción.....	21
2.4 Baja California.....	24
2.4.1 Cultivos básicos.....	24

2.4.2 Productos Hortofrutícolas .....	31
2.5 Baja California Sur .....	38
2.5.1 Cultivo industrial.....	38
2.6 Conclusiones y perspectivas. ....	41
2.7 Literatura citada .....	43
<b>CAPITULO III CHILE HABANERO INFECTADO CON TOSPOVIRUS Y SU RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE HIERRO Y ACOLCHADO .....</b>	<b>57</b>
3.1 Resumen.....	57
3.2 Abstract.....	59
3.3 Introducción .....	60
3.4 Materiales y métodos .....	62
3.4.1 Experimento Uno .....	62
3.4.1.1 Detección de enfermedades virales, incidencia viral absoluta y severidad de los síntomas .....	63
3.4.2 Experimento Dos.....	65
3.4.2.1 Detección de enfermedades virales, incidencia viral absoluta y severidad de los síntomas .....	65
3.4.2.2 Contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila .....	66
3.4.2.3 Rendimiento .....	66
3.5 Resultados .....	66
3.5.1 Experimento uno .....	66
3.5.1.2 Detección de enfermedades virales, incidencia viral absoluta y severidad de síntomas.....	66
3.5.1.3 Contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila .....	67
3.5.2 Experimento dos.....	69
3.5.2.1 Detección de enfermedades virales e incidencia viral absoluta .....	69
3.5.2.2 Contenido de relativo de clorofila y contenido de nitratos en extracto celular de peciolo.....	70
3.5.2.3 Rendimiento .....	71
3.6 Discusión .....	72
3.6.1 Experimento uno .....	72

3.6.2 Experimento dos.....	73
3.7 Conclusiones.....	76
3.8 Literatura citada.....	76
<b>CAPÍTULO IV UTILIZACIÓN DE ACOLCHADO PLÁSTICO Y APLICACIÓN DE HIERRO FOLIAR EN CHILE HABANERO (Capsicum chinense Jacq.) INFECTADO CON VIRUS CULTIVADO EN MALLASOMBRA.....</b>	
4.1 Resumen.....	86
4.2 Abstract.....	87
4.3 Introducción.....	88
4.4 Materiales y métodos.....	90
4.5 Resultados.....	91
4.5.1 Índice SPAD.....	91
4.5.2 Nitratos en Extracto celular de hoja.....	92
4.5.3 Diámetro de tallo y altura.....	93
4.5.4 Rendimiento de fruto.....	95
4.6 Discusión.....	97
4.7 Conclusiones.....	99
4.8 Literatura citada.....	99

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Escala visual cualitativa modificada.....	62
---	----

**LISTA DE CUADROS**

<b>CAPÍTULO</b>	
II.....	57
Cuadro 1. Escala de severidad cualitativa modificada a seis grados.....	64
Cuadro 2. Porcentaje de plantas de acuerdo a la severidad.....	67

Cuadro 3. Condición nutrimental expresada como índice SPAD y concentración de NO <sub>3</sub> en el extracto celular de pecíolo en plantas de chile habanero infectada con Tospovirus (Experimento 1: 2013-1).....	69
Cuadro 4. Análisis de varianza de la condición nutrimental expresada como concentración de NO <sub>3</sub> en el extracto celular de pecíolo en plantas de chile habanero infectada con Tospovirus por efecto del acolchado plástico y aplicación de hierro foliar70	
Cuadro 5. Análisis de varianza de la condición nutrimental expresada como índice SPAD en el extracto celular de pecíolo en plantas de chile habanero Infectada con Tospovirus por efecto del acolchado plástico y aplicación de hierro foliar .....	71
Cuadro 6. Aplicación de hierro foliar y acolchado plástico en el rendimiento de chile habanero infectada con Tospovirus (Experimento 2: 2013-2).....	69
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>86</b>
Cuadro 1. Análisis de varianza del índice SPAD en hoja y contenido de nitratos en ECH en el cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar .....	892
Cuadro 2. Índice SPAD y concentración de nitratos en ECH en el cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar .....	93
Cuadro 3. Análisis de varianza del diámetro de tallo y altura de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.....	94
Cuadro 4. Diámetro de tallo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar .....	95
Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento de fruto de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.....	96
Cuadro 6. Rendimiento de fruto fresco de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.....	97

## **ANEXOS**

Anexo 1. Resultados de la prueba ELISA para la detección de tospovirus en chile habanero, experimento dos.....	103
Anexo 2. Resultados de la prueba ELISA para la detección de tospovirus en chile habanero, experimento dos.....	104



## CAPITULO I

### 1.1 Introducción

México figura entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo, se posiciona en el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente. Otros exportadores importantes son: China, India, España, Países Bajos, Bélgica, Francia, y Canadá; los diez principales productores de hortalizas suman alrededor de 70% de la producción mundial de hortalizas. Por otro lado, México tiene una gran riqueza de climas y ecosistemas que permiten la adecuada producción de hortalizas a lo largo todo el año, lo cual constituye una de las principales ventajas ante otros países productores potenciales. En la república mexicana se producen alrededor de 70 especies de hortalizas diferentes. No obstante, las aéreas de producción agrícolas están en su mayoría destinadas al cultivo de cereales y otros productos agronómicos, sin embargo, las hortalizas representan un mayor valor comercial. De las 49 especies hortícolas que se producen a nivel comercial en México, el 57% se concentra en la región bajo y noroeste (FAO, 2016; Financiera Rural, 2008).

La producción de hortalizas en nuestro país se caracteriza por tener un nivel de tecnificación mediano o alto (Costa y Giacomelli, 2005), para el periodo 2000-2005 en promedio el 89.3% de la producción se realizó bajo sistemas de riego y sólo el 10.7% en temporal. Los principales cultivos de riego a nivel de entidad por lo general suman poco más del 30% de la superficie sembrada de hortalizas. En 2001 en el mundo existían alrededor de 280 mil hectáreas dedicadas al cultivo de hortalizas y floricultura de ambiente controlado, ese año México contaba con 748 hectáreas de hortalizas, sin embargo, en la actualidad se cuentan con alrededor de 20 mil hectáreas (Avendaño-Ruiz y Schwentesius-Rindermann, 2005; Financiera Rural, 2008; OEIDRUS, 2009; Avendaño-Ruíz *et al.*, 2013).

La agricultura protegida atrae la atención debido a que bajo ésta práctica algunos cultivos presentan volúmenes de producción superiores a los obtenidos en campo abierto. Su función es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son

adversas, además de racionar agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se conlleva a incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad. Otra de sus ventajas es que permite programar y manipular la relación con los momentos de cosecha, los cuales se pueden planear de acuerdo al comportamiento del mercado, permitiendo al productor posicionarse en mercados no solo locales, sino regionales, nacionales y hasta internacionales, dependiendo de la demanda de los mismos. Estas características la convierten en un sistema de producción creciente y necesario para la economía de México (INEGI, 2007; OEIDRUS, 2009; Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

La región agrícola de Baja California es especialmente prometedora en la producción de hortalizas, y aunque no se considera como un estado puramente agrícola, es responsable de una buena parte de la producción total de las mismas del país, además de esto, se encuentra incursionando en la implementación de nuevas tecnologías en las cuales destacan el uso de sistemas de producción protegidos como invernaderos y casa sombras, esto con la finalidad de aumentar el rendimiento por unidad de área y obtener productos de mayor calidad (Financiera Rural; 2008; OEIDRUS, 2009; Avendaño-Ruiz y Schwentesius-Rindermann, 2005; Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

La producción de hortalizas bajo sistemas protegidos es un sistema alternativo que, en la región, aún no se ha desarrollado como se esperaba debido a factores como: la falta de recursos humanos calificados en esta área, el alto costo de la tecnología existente y la falta de instituciones que desarrollen investigación de apoyo para este sector (Financiera Rural, 2008; OEIDRUS, 2011; Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

No obstante, las ventajas generales de esta técnica de producción son: demanda creciente, un mejor control ambiental, uso eficiente del agua, producción constante, rendimientos superiores, y la generación de empleos constantes. Sobre las desventajas de estos sistemas se menciona que a pesar de que la producción bajo sistemas de agricultura protegida es superior, sus costos son comparativamente elevados, concretamente los energéticos y la inversión inicial. También se debe tener en consideración que las ventajas obtenida por las condiciones ambientales dentro del invernadero son favorables a las plantas para que su expresión y producción, también lo son para la presencia y daño por plagas y

enfermedades, por lo cual se deben implementar medidas preventivas y correctivas, pues estos agentes pueden acabar con el cultivo en su totalidad en corto tiempo (Financiera Rural, 2008, OEIDRUS, 2011).

Ante esto, la cantidad y calidad de la producción de cultivos hortícolas se ve amenazada por la presencia de problemas fitosanitarios tales como plagas y enfermedades, no obstante que los sistemas de producción de agricultura protegida disminuyan la incidencia de las mismas, el problema es latente.

Los problemas fitopatológicos presentes en la región pueden ser del tipo fúngico, bacteriano, viral, fisiológico o incluso provocados por fitoplasmas. Estas enfermedades pueden presentarse aisladas o en conjunto, formando síndromes, los cuales son uno de los retos más importantes en los sistemas de producción de nuestro país, debido a que no se cuenta con un sistema de detección estandarizado eficaz y oportuno de los mismos, ya que la sintomatología entre algunas de estas enfermedades es muy similar y no presenta características microscópicas ni macroscópicas altamente diferenciales.

Los problemas fitosanitarios provocados por estos agentes biológicos, y sus graves secuelas económicas, pueden disminuirse enormemente a través del diagnóstico preciso y oportuno de las enfermedades que surgen en los campos agrícolas, lo que permite adoptar de manera rápida medidas para controlar la propagación de los patógenos. Al respecto, en el desarrollo de técnicas para el diagnóstico de enfermedades, ha sido prioritario en la agricultura de países avanzados, pero en México estas tecnologías no se encuentran bien desarrolladas y se usan de modo esporádico y en pequeña escala.

Por lo tanto, esta investigación se orienta a la identificación de los principales agentes causales de enfermedades virales que atacan al chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), hortaliza de reciente introducción al estado y de reconversión, ya que es urgente y necesaria su identificación temprana y oportuna, pues esta es una forma de minimizar y prevenir las enfermedades causadas por los mismos; por otra parte, este estudio se enfoca en estudiar estrategias de disminución incidencia y enmascaramiento de síntomas. De esta forma, con un diagnóstico temprano de enfermedades y el conocimiento de alternativas para su control,

es posible controlar los puntos críticos de las mismas y corregirlos a tiempo garantizando la cantidad y calidad en los productos agrícolas.

## **1.2 Antecedentes**

### 1.2.1 Producción hortícola en México

La producción hortícola en México se mantiene como una industria competitiva a nivel mundial, debido en parte a la amplia diversidad de climas, las tecnologías empleadas y la mentalidad empresarial de nuestros productores. Estos factores posicionan a México como un país potencialmente productivo en donde es posible obtener una amplia gama de productos en diferentes épocas del año. En el año 2015 la superficie nacional dedicada a cultivos agrícolas ascendió a un total de 26.9 millones de hectáreas (SAGARPA-SIAP, 2016).

El total de la producción agrícola obtenida en esta superficie alcanza cifras arriba de 248 millones de toneladas. Sin embargo, a pesar de que en nuestro país se destina la mayor superficie al cultivo de granos, no son necesariamente el grupo de cultivos más rentable; A principios de 2014 las frutas y las hortalizas, las cuales ocupan en conjunto una superficie del 18%, aportaron el mayor valor comercial de la producción, con un 38% (SAGARPA, 2013; SAGARPA-SIAP, 2016).

Estos valores reflejan claramente la importancia que tienen estos cultivos en la economía nacional. Es importante mencionar en este contexto, la participación que tienen las frutas y hortalizas en las exportaciones hacia los mercados internacionales.

Desde principios de 2000, México ha figurado como uno de los principales países exportadores de hortalizas. Desde 2002 hasta 2006 nuestro país se colocó en el tercer lugar de países exportadores de hortalizas después de Países Bajos y España. Así mismo, en el 2012 México obtuvo un total de 23 mil millones de dólares generados de las exportaciones del sector agroalimentario (FAO, 2012; SAGARPA-SIAP, 2016).

En México, aproximadamente el 6.2% del total de la superficie sembrada es dedicada a la producción de hortalizas, generando un valor de producción de 19.9%. Debido a la

diversidad de microclimas y tipos de suelo que se tienen en nuestro país favorables para producir hortalizas, es posible obtener estos productos durante todo el año; particularmente cultivos como papa, tomate, cebolla y chile, productos de mayor consumo a nivel nacional al igual que en otros países. Las principales hortalizas que se cultivan en nuestro país son las mismas que tienen importancia en el ámbito mundial. De los doce productos hortícolas principales, en tomate se cosechan 1.41 millones de toneladas, en papa 1.21 millones de toneladas, de chile 0.87 millones de toneladas, de cebolla 0.67 millones de toneladas y melón 0.49 millones de toneladas. Estos productos por sí solos representan más del 60% de la producción total hortícola (Financiera Rural, 2008; SIAP-SAGARPA, 2016).

### 1.2.2 Producción hortícola en Baja California

En el noroeste del país, la industria hortícola constituye uno de los sectores más importantes, debido a la alta generación de empleos, a la cercanía de las vías de comunicación internacional y al potencial climático con el que cuenta (Avendaño-Ruiz y Schwentesius-Rindermann, 2005).

A pesar de que Sinaloa es el productor más importante de las hortalizas, tomate, pepino y chile, ocupa el segundo lugar en rendimiento promedio con una producción de 27.1 toneladas por hectárea, mientras que Baja California, tiene el primer lugar con 32.7 toneladas por hectárea (Financiera Rural, 2008).

En Baja California, las hortalizas comenzaron a cultivarse en forma intensiva en los años sesenta con fines de exportación. La cercanía con el mercado estadounidense, la ventaja absoluta derivada del menor costo de la mano de obra mexicana respecto de la de Estados Unidos, la disposición de agua y la orientación agrícola del valle propiciaron la incorporación de los productores locales al contexto internacional. En el valle de Mexicali, la producción se concentra en el ciclo otoño-invierno, cuando el clima es adverso en el país vecino y sus necesidades de abastecimiento son crecientes (Avendaño-Ruiz y Schwentesius-Rindermann, 2005; Avendaño-Ruiz *et al.*, 2013).

Así mismo, la producción agrícola se ha convertido en una de las principales actividades económicas. Su orientación exportadora la sitúa como una importante generadora de

empleo y divisas. De las 230,000 ha susceptibles de cultivo en el valle de Mexicali, se dedican a la producción agrícola alrededor de 160,000, de las cuales, en el año agrícola 2001, el 44.54% fueron ocupadas por trigo, cultivo de mayor presencia en cuanto a superficie sembrada, pero no así en producción, al ser superado por los forrajes, que aportan 77.38% del volumen total de producción del valle. (Avendaño-Ruiz y Schwentesius-Rindermann, 2005). Sin embargo, el patrón de cultivos evolucionó del monocultivo de la producción de forrajes a hortalizas. La importancia de la producción de hortalizas radica en la generación de valor de producción, generación de divisas y generación de empleos (Stamatis-Maldonado, 1993; Avendaño-Ruiz *et al.*, 2013).

El tomate, chile y pepino son las hortalizas más importantes que se producen en el estado, debido a que son las que generan un mayor rendimiento y cuentan con un alto valor comercial, aunado a que son hortalizas clave en la exportación de la cadena hortícola de valor México-Estados Unidos, siendo principalmente producidas bajo invernadero (Maya-Ambía y López-Barraza, 2009).

### 1.2.3 Producción de hortalizas mediante agricultura protegida en Baja California

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción que se realiza bajo distintas estructuras, con la finalidad de proteger cultivos, minimizando las restricciones y efectos de los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad. Los riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie) (Moreno-Reséndez *et al.*, 2011). Adjuntamente, se conoce que la AP ha modificado las formas de producción de alimentos y genera múltiples ventajas para los productores, una de las más importantes radica en que permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en un menor tiempo, se enfrenta con éxito plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en menor espacio, sanos y con un mejor precio en los mercados. Generando, evidentemente, en un mejor ingreso para los productores (SIAP, 2016).

Por otra parte, estos sistemas de producción tienen importancia ambiental, eficiencia en el uso y manejo de recursos naturales (agua) y de insumos (agroquímicos), así como uso de sistemas de energía renovables. Además, hay que destacar su lado social al generar ocho empleos permanentes por hectárea, genera polos de desarrollo, incrementa nivel de vida. La relevancia económica de los invernaderos es su producción todo el año (SAGARPA, 2012).

Así mismo, cabe mencionar que, en México, los invernaderos de mediana tecnología han proliferado en la región del bajío y los de baja tecnología se han instalado, preferentemente, en los estados de Baja California y Sinaloa. En Baja California, hasta el 2009, se contaban con 2,354.4 hectáreas producidas bajo sistemas protegidos, incluyendo invernaderos, micro túnel y malla sombras. Siendo Ensenada el municipio con una mayor superficie, seguido por Mexicali, Tecate, Tijuana y finalmente Playas de Rosarito (OEIDRUS, 2009).

Entre los puntos importantes a considerar en la producción de hortalizas bajo el concepto de agricultura protegida, son las condiciones de luz, temperatura, humedad relativa y ventilación. Asimismo, los aspectos de manejo de cultivo, ya sea en suelo o hidroponía, así como los problemas fitosanitarios, entre los que destacan los daños producidos por insectos y enfermedades (Rippy *et al.*, 2004; Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

Al respecto, dichos problemas fitosanitarios se han acrecentado, debido en parte a la falta de un diagnóstico certero y oportuno, razón por la cual los productores no han podido manejar apropiadamente el impacto de las enfermedades. Tradicionalmente se detectan mediante la observación de síntomas por el técnico de campo, pero en el contexto de la problemática de manejo de enfermedades, se requiere de un diagnóstico preciso, para lo cual es fundamental el auxilio en la combinación de técnicas tradicionales como detección por observación de síntomas en campo, caracterización morfológica mediante claves, así como también las microbiológicas, bioquímicas y moleculares.

A pesar de la importancia que tienen los productos hortícolas para la economía de Baja California, se cuenta con escasa información acerca de los problemas fitosanitarios que aquejan la zona, ni con publicaciones oficiales que aborden los inconvenientes parasitológicos presentes en la región, por lo que no se tienen referencias de cómo

controlarlos, es imperioso entonces, realizar futuras investigaciones para suplir esta necesidad.

#### 1.2.4 Producción de chile

La producción de chile a nivel mundial se ubica principalmente en México, China, Estados Unidos, Turquía, España, Nigeria e Indonesia. México es la región en donde se produce el mayor volumen de chile en fresco y el mayor número de variedades, y aunque Baja California no destaca estadísticamente como productor de chile en el país, para el estado este cultivo se considera de alta prioridad estratégica por su elevada competitividad y aceptación internacional, así como por su importancia socioeconómica que actualmente representa. La mayor parte de la producción de chile se lleva a cabo en la entidad a cielo abierto, no obstante, hasta el 2009 se contaban con una superficie de aproximadamente 40 hectáreas de cultivo únicamente en modalidad de agricultura protegida, siendo Mexicali el municipio con mayor producción (SIAP, 2016; OEIDRUS, 2011)

Aunque la producción de chile se lleve a cabo en estructuras protegidas, no se encuentra exento de problemas fitosanitarios como son las plagas y enfermedades (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010). Es destacable que se necesita identificar los principales problemas de origen fitosanitario que afectan la producción de chile en la región, para poder disminuir el impacto de las mismas en los rendimientos del cultivo. Se cuenta con información en relación a la identificación de las principales plagas y enfermedades de importancia en el cultivo de chile en las principales zonas productoras a nivel nacional, pero hay poca información a escala regional; al respecto, en México, se han detectado las familias de virus Potyviridae, Bromoviridae, Bunyviridae y Comoviridae (Robles-Hernández *et al.*, 2010), no obstante, existe escasa información referente a las familias de virus presentes en Baja California. La tecnología diagnóstica, combate y/o prevención con las que se cuenta es principalmente la prevención de los mismos y la promoción del manejo integrado, sin embargo, una tecnología tendencia que es urgente desarrollar son estudios en aspectos de biotecnología y desarrollo y estandarización de métodos de detección tempranos de los principales agentes causales de enfermedades del chile (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010).



### 1.2.5 Producción de chile habanero

La producción de chile habanero se centra principalmente en la península de Yucatán, sin embargo, a partir del año 2012, el cultivo se introdujo a Baja California, manteniendo superficies de siembra constantes de alrededor de 5 a 10 hectáreas. En el año 2012, en el municipio de Ensenada, y se obtuvieron rendimientos de 11.60 ton ha<sup>-1</sup>. (SIAP, 2016). A pesar de los rendimientos prometedores de este cultivo, la producción se ve amenazada por agentes fitopatológicos que afectan al chile, entre los cuales destacan las enfermedades virales; en la región del Valle de Mexicali en el 2012 se observaron algunas plantas con aparentes síntomas virales, confirmándose la presencia de los virus IYSV y TSWV en el cultivo (Torres-Bojórquez *et al.*, 2013).

### 1.2.6 Pérdidas económicas ocasionadas por enfermedades

En los cultivos hortícolas, las enfermedades constituyen uno de los factores de mayor riesgo para su producción, por lo que resulta importante protegerlos del ataque de diferentes fitopatógenos. Se conoce que las diversas enfermedades que atacan a los cultivos agrícolas que provocan pérdidas económicas que en algunos casos alcanzan hasta el 100% (Borboa-Flores *et al.*, 2009).

Por ejemplo, a nivel mundial algunos hongos fitopatógenos originan pérdidas que ascienden a miles de millones de dólares al año (Peltier *et al.*, 2012). Así mismo, las bacterias causan importantes pérdidas a la agricultura mundial, estos patógenos son importantes porque causan enfermedades devastadoras, cuando se presentan las condiciones ambientales adecuadas; entre los fitopatógenos de importancia agrícola se encuentran las bacterias *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas* (Agrios, 2004). En el caso de las enfermedades ocasionadas por virus, se reporta que en los últimos años han ocasionado distintos niveles de pérdidas económicas en la producción de diferentes cultivos en México (Pérez-Moreno *et al.*, 2010; Robles-Hernández *et al.*, 2010).

### 1.2.7 Diagnóstico de enfermedades virales mediante la técnica de ELISA

Las pruebas inmunoenzimáticas, por su sensibilidad, especificidad y sobre todo sencillez de manipulación, son una técnica muy habitual en los laboratorios de investigación y diagnóstico. En esta prueba, el anticuerpo reconoce aun antígeno el cual está unido a una enzima que tiene la capacidad de catalizar una reacción de la cual se obtiene un producto coloreado. Mediante esta técnica es posible detectar agentes causantes de enfermedades fitopatológicas de tipo fúngico, bacteriano y viral, siendo el fundamento básicamente el mismo, por ejemplo la se ha implementado la técnica ELISA para la detección de virus causantes de enfermedades en las plantas como el Virus Mosaico del Pepino (VMP), Virus bronceado del tomate (TSWV) y Virus manchado amarillo del iris (IYSV), entre otros, lo que convierte a esta prueba en una de las técnicas de diagnóstico más versátiles que se tienen disponibles (Pérez-Moreno *et al.*, 2010; De la Torre *et al.*, 2002; Clark y Adams, 1977.).

### 1.2.8 Alternativas de manejo de enfermedades virales

Las alternativas de manejo de virus son escasas, y se centran básicamente en medidas preventivas, tales como el uso de semillas y material vegetal de propagación libre de patógenos, eliminación de reservorios de patógenos y vectores, y el control y exclusión de insectos vectores (Pogue *et al.*, 2002; Gómez-Jaimes *et al.*, 2013); por otro lado, la identificación del agente causal, es el primer paso requerido para decidir la estrategia de manejo correctiva, una vez que el virus ya se estableció en el cultivo (Agrios, 2004). Una de las estrategias correctivas de manejo es el mantener un régimen de limpieza estricta dentro y fuera del área de cultivo, especialmente en el caso de estructuras de agricultura protegida, con la finalidad de evitar la dispersión de la enfermedad (Cárdenas-Alonso, 1994; Gómez-Jaimes *et al.*, 2013); aunado a esto, el uso de acolchados plásticos es una estrategia viable, ya que disminuye las incidencias de insectos plaga vectores o diseminadores potenciales de virus (Kumar y Poehling, 2006); por otro lado, autores señalan que el manejo de la nutrición de la planta hospedera es fundamental para la disminución de síntomas y mejor expresión de la planta infectada (Velasco-Velasco *et al.*, 2001). En el caso particular de chile habanero, existen estudios que mencionan al uso de asperjados de hierro foliar con la finalidad de minimizar síntomas ocasionados por geminivirus (Lozada-Cervantes *et al.*, 2005); por lo anterior, en el presente estudio, además de la identificación de los virus asociados a habanero, se procedió a probar distintas dosis de hierro foliar aplicado en el cultivo de chile habanero infectado con tospovirus, con la finalidad de disminuir síntomas y mejorar la expresión fenotípica de la planta, lo cual se traduce en un mayor rendimiento.

### **1.3 Hipótesis**

Es posible identificar y estandarizar métodos efectivos de diagnóstico temprano de enfermedades virales en chile habanero en sistemas protegidos del valle de Mexicali, utilizando técnicas convencionales (sintomatología e inoculación en plantas indicadoras) e inmunológicas (ELISA-DAS).

### **1.4 Objetivos**

#### 1.4.1 Objetivo general

Identificar los agentes causales de las enfermedades virales asociadas al chile habanero en sistemas protegidos, como cultivo de reconversión con importancia económica en el Valle de Mexicali.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar por métodos convencionales a los agentes causales de las enfermedades asociadas en plantas de chile habanero establecidas en sistemas de agricultura protegida, mediante el uso de sintomatología, inoculación en plantas indicadoras y la técnica de ELISA.
2. Documentar estrategias de manejo agronómico para disminución de la incidencia y enmascaramiento de síntomas asociados a enfermedades virales.

## 1.5 Literatura citada

Agrios GN 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Academic Press. New York, USA. 922 p.

Avendaño-Ruiz BD y Schwentesius-Rindermann R. 2005. Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: el caso del Valle de Mexicali, B.C., México. Rev. Problemas del Desarrollo. 36(140):165-192. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11820092008>

Avendaño-Ruiz BD, Astorga-Ceja J, Acosta-Martínez AL y Hernández-Alcántar ML. 2013. Diseño y contribución de un modelo para la priorización de actividades agroalimentarias: su aplicación al caso de Baja California. Estudios Sociales. 21(42):133-150. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/417/41728341006.pdf>

Borboa-Flores J, Rueda-Puente EO, Acedo Félix E, Ponce-Medina JF, Cruz-Villegas M, Grimaldo-Juárez O y García-Ortega AM. 2009. Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. Fitotecnia Mexicana. 32(4):319-326. Disponible en línea: <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/32-4/9a.pdf>

Cárdenas-Alonso MR. 1994. Las enfermedades causadas por virus en ornamentales en México y alternativas de solución. Chapingo Serie Horticultura. 1994(1):124-130. Disponible en línea: <http://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MzE5NA==>

Clark MF and Adams AN. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. Journal of General Virology 34:475-483. DOI: 10.1099/0022-1317-34-3-475

Costa, P. and G.A. Giacomelli. 2005. Ensuring success: Protected horticulture. Productivity based on levels of technology. The ABCs of greenhouse production technological considerations. Productores de Hortalizas 14(2):48-53.

De la Torre-Almaráz R, Cervantes-Díaz L, Houston HA y Valverde R. 2002. Variación fenotípica de algunos aislamientos mexicanos del virus de la Motiche manchada del

tomate (TSWV). *Agrociencia*. 36(2):211-221. Disponible en línea:  
<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/mar-abr/art-8.pdf>

FAO. 2016. Food and Agriculture Organization Of The United Nations. Statistics Division. FAOSTAT database. <http://faostat.fao.org/> (consulta 6 de mayo de 2016)

Financiera Rural, 2008. La producción de hortalizas en México. Disponible en:  
<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Hortalizas.pdf>  
(consulta: 6 de noviembre de 2011).

Gómez-Jaime R, Hernández-Fuentes JA y Martínez-Bolaños M. 2013. Virus fitopatógenos que afectan al cultivo de tomate en el estado de Nayarit. Folleto técnico No. 25. Campo experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP. Santiago Ixcuintla, México. 62 p. Disponible en línea:  
[http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3686/179\\_VIRUS%20EN%20TOMATE%20-%202013.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3686/179_VIRUS%20EN%20TOMATE%20-%202013.pdf?sequence=1)

Hernández-Vázquez B, Loza-Venegas E, Morales-Maza A, Payan-Ochoa S, Ávila-Casilla E y Alvarado-Padilla JI. 2010a. Guía técnica para el área de influencia del campo experimental Valle de Mexicali. Guía técnica No. 1. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP. Mexicali, México. 150 p. Disponible en línea:  
<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1674>

INEGI. 2007. Censo agropecuario 2007. Instituto nacional de estadísticas geografía e informática. Disponible en línea:  
[http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/eventos/sinergia/12\\_dic/G\\_Leyva\\_Mexico\\_censoagro2007.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/eventos/sinergia/12_dic/G_Leyva_Mexico_censoagro2007.pdf)

Kumar P and Poehling M. 2006. UV-blocking plastic films and nets influence vectors and virus transmission on greenhouse tomatoes in the humid tropics. *Environ. Entomol.* 35(4):1069–1082. DOI:10.1603/0046-225X-35.4.1069

Lozada-Cervantes DM, Tun Suárez JM, Cristóbal-Alejo J y Pérez-Gutierrez A. 2005. Acolchado negro y niveles de fierro para reducir la severidad de Geminivirus en Chile

habanero. *In*: Memorias de I Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico. Disponible en línea: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5261626dcf57d7f57943d73d&asetKey=AS%3A272155051266048%401441898228464>

Maya-Ambía CJ y López-Barraza LM. 2009. El nodo de distribución en la cadena hortícola de valor México-Estados Unidos: el caso de las exportaciones sinaloenses de productos frescos. *Región y Sociedad*. 21(46):79-112. Disponible en línea: <http://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v21n46/v21n46a4.pdf>

Moreno-Reséndez, A, Aguilar-Durón J y Luévano-González A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 15(29):763-774. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14119052014>

OEIDRUS. 2009. Inventario de invernaderos y malla sombra en Baja California. Oficinas Estatales de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Disponible en línea: [http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/pdf/biblioteca/agropecuaria/Invernaderos.pdf](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/agropecuaria/Invernaderos.pdf)

OEIDRUS. 2011. Informe preliminar sobre agricultura protegida en Baja California 2011, Entrevista Directa a Productores. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Disponible en línea: [http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/biblioteca/Estudios/Agricolas/AgriculturaProtegidaBC.pdf](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/biblioteca/Estudios/Agricolas/AgriculturaProtegidaBC.pdf)

Peltier AJ, Bradley CA, Chilvers MI, Malvick DK, Mueller DS, Wise KA and Esker PD. 2012. Biology, Yield loss and Control of *Sclerotinia* Stem Rot of Soybean. *J. of integrated pest management*. 3(2):1-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/IPM11033>

Pérez-Moreno L, Navarro-León MJ, Ramírez-Malagón R y Mendoza-Celedón B. 2010. Impacto e Identificación de Virus Fitopatógenos Sobre Rendimiento y Calidad del Ajo (*Allium sativum* L), en el Estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de*

Fitopatología. 28(2):97-110. Disponible en línea:  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v28n2/v28n2a3.pdf>

Pogue GP, Lindbo JA, Garger SJ and Fitzmaurice WP. Making an ally from an enemy: plant virology and the new agriculture. *Annual Review of Phytopathology*. 40(1):45-74. DOI: 10.1146/annurev.phyto.40.021102.15013

Rippy, J. F. M., Peet, M. M., Louws, F. J., Nelson, P. V., Orr, D. B., and Sorensen, K. A. 2004. Plant development and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortSci*. 39(2):1-6 Disponible en línea:  
<http://repository.lib.ncsu.edu/publications/bitstream/1840.2/99/1/Rippy.pdf>

Robles-Hernández L, González-Franco AC, Gill-Langarica EM, Pérez-Moreno L y López-Díaz JC. 2010. Virus fitopatógenos que afectan al cultivo de chile en México y análisis de las técnicas de detección. *Tecnociencia*. 4(2):72-86. Disponible en línea:  
[http://tecnociencia.uach.mx/numeros/.../numeros/v4n2/data/Virus\\_fitopatogenos\\_que\\_afectan\\_al\\_cultivo\\_del\\_chile\\_en\\_Mexico\\_y\\_analisis\\_de\\_las\\_tecnicas\\_de\\_deteccion.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/.../numeros/v4n2/data/Virus_fitopatogenos_que_afectan_al_cultivo_del_chile_en_Mexico_y_analisis_de_las_tecnicas_de_deteccion.pdf)

SAGARPA. 2012. Agricultura Protegida 2012. Secretaría de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx> (consulta, junio de 2016)

SAGARPA. 2013. Monitor agronómico e indicadores de la agroindustria, revisión al 1er. trimestre de 2013. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Disponible en línea:  
[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/MonitorNacionalMacro\\_nv.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/MonitorNacionalMacro_nv.pdf)

SAGARPA-SIAP, 2016. Expectativas agroalimentarias 2016. Cierre de producción 2015. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Disponible en línea:  
[http://www.siap.gob.mx/foro2016/pres\\_IIIforo\\_merida.pdf](http://www.siap.gob.mx/foro2016/pres_IIIforo_merida.pdf)

SIAP. 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (consulta, junio de 2016).

Stamatis-Maldonado M. 1993. Los contratos de producción en el noroeste de México: El valle de Mexicali a fines de la década de los ochenta. *Estudios Fronterizos*. 30:61-80. Disponible en línea: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5196187.pdf>

Torres-Bojórquez AI, Cervantes-Díaz L, Núñez-Ramírez F y Morales-Maza A. 2013. Detección de enfermedades virales en chile habanero y efecto de hierro sobre síntomas virales. pp. 561-565. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México*. 781 p.

Velasco-Velasco VA, Alcantar-González G, Sanchez-García P, Estañol-Botello E, Zavaleta-Mejía E, Cárdenas-Soriano E, Rodríguez –Montessoro R y Martínez-Garza M. 2001. Efecto de N, P y K en plantas de chile jalapeño infectadas con el Virus Jaspeado Del Tabaco. *Terra Latinoamericana*. 19:117-125. Disponible en línea: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/2/art117-125.pdf>

Velásquez–Valle R, Chew–Madinaveitia YI, Amador–Ramírez MD y Reveles–Hernández M. 2010. Presencia de Virus en el Cultivo de Ajo (*Allium sativum* L.) en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28(2):135-143. Disponible en línea: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v28n2/v28n2a6.pdf>

## **CAPITULO II**

### **ESTADO ACTUAL DEL ESTUDIO DE LA PARASITOLOGÍA EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA**

#### **2.1 Resumen**

La península de Baja California destaca en el ámbito agrícola a nivel nacional, sobre todo en la producción de hortalizas y algodón; sin embargo, existen factores limitantes para la misma, como las plagas y enfermedades que reducen el rendimiento de los cultivos, por lo que las investigaciones parasitológicas realizadas por institutos de investigación y docencia han contribuido al conocimiento e implementación de estrategias de manejo de las mismas. No obstante, dichos estudios son limitados por lo que las perspectivas del estudio de la parasitología en la península son la continuidad de estudios sobre enfermedades y plagas que se encuentran en la zona y, otras potenciales, establecer métodos de diagnóstico eficaces y oportunos para la identificación de enfermedades, e implantar estrategias de manejo adecuados y amigables con el medio ambiente, debido a la creciente demanda de los consumidores sobre la inocuidad de los productos. En la actualidad, el manejo de las plagas y enfermedades requiere que se considere el impacto en el ambiente y la salud del consumidor, con un enfoque sustentable, tanto para producción nacional, como para exportación, destacando que la mayoría de los productos hortícolas que se producen en la península tienen como destino la exportación.

Palabras clave adicionales: plagas, enfermedades, hortalizas, algodón, cultivos básicos.

## **2.2 Abstract**

The Baja California peninsula stand out in the agronomic field, mostly in the vegetables and cotton production, however, there are limiting factors as the pest and diseases that reduce the yield of the crops, in consequence the parasitological studies performed by the educational and research institutes have contributed to the knowledge and implementation of their management strategies. Nevertheless, those studies are limited and still the perspectives of the investigation of the parasitological research in the peninsula are the continuity of the study of the pest and diseases affecting the region, the establishment of efficient and opportune diagnosis methods to achieve the identification of diseases, and implement of accurate and environment safe management strategies, due to the increasing demand of the consumers on the food safety. Nowadays, the pest and plant diseases request to the health and environment impact to be consider, with a sustainable perspective, as much for the local as the foreign market, highlighting the majority of the fresh produces grown in the peninsula are destined to export.

Additional keywords: pest, plant diseases, vegetables, cotton, major crops.

## 2.3 Introducción

La península de Baja California se ubica en el noroeste de México, y está conformada por los estados de Baja California y Baja California Sur, esta zona se caracteriza por ser una región semiárida con escasa precipitación pluvial (Ramírez-Hernández, 2006), donde la agricultura destaca por su importancia económica, ya que su participación al producto interno bruto nacional (PIB) es del 4.2%, donde un 3.6% corresponde a Baja California y 0.6% de Baja California Sur (INEGI, 2012), así mismo, la península se ubica en el séptimo lugar nacional en la clasificación de aportación estatal al valor de la producción agrícola nacional. Para el año 2014, el estado de Baja California contaba con una superficie agrícola sembrada de 206,914.60 hectáreas, generando un valor de producción de \$12,789,621.73 mdp, y en el mismo año, en el estado de Baja California Sur se sembró una superficie total de 45,527.84 hectáreas con un valor de producción de \$3,984,760.54 mdp (SIAP, 2016). Los cultivos principales que se producen son el trigo y algodón, pero presentan baja rentabilidad (Cariño *et al.*, 2012); sin embargo, los cultivos hortícolas se empezaron a establecer desde la década de los 60's y son actualmente los de mayor aportación económica al PIB (Gobierno de Baja California, 2010); no obstante se cuenta con un amplio rango de especies cultivadas en la región gracias a la diversidad ecológica de la península es posible producir cereales, flores y ornamentales, frutas, hortalizas y oleaginosas. En la península se siembran comercialmente alrededor de 50 especies de plantas cultivadas de las cuales el trigo, cebollín, cártamo, ryegrass y otras de otoño-invierno ocupan el 59.30 % de la superficie; en el ciclo de primavera-verano se siembra alrededor del 20.10 % de la superficie, destacando el algodonoero, sorgo y hortalizas. Los cultivos perennes tales como alfalfa, espárrago y olivo ocupan alrededor del 20.60% (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). Los primeros indicios de la actividad agrícola que se tienen registrados datan de 1904, cuando la Colorado River Land Company adquirió los derechos para cultivar las tierras del Valle de Mexicali, quien, a su vez, rentaba las tierras a chinos y japoneses, con la obligación de que las prepararan para el cultivo y siembra de algodón. De ese modo, el valle se convirtió en “el rancho algodonoero más grande del mundo”; por esta razón, la producción agrícola se vio interrumpida en el periodo de lucha del movimiento agrario “el asalto de las tierras”, el cual se suscitó de 1937 a 1946, y

finalizó con la aplicación de la reforma agraria y el reparto de las tierras de la compañía Colorado (Sánchez-Ramírez, 1990; Garduño, E. 1991; Sánchez-Ogás, 1994; Sánchez-Ogás, 2011; Walther-Meade, 1996). A lo largo de la década de los años cuarenta, en particular el sector agrícola había experimentado un notable progreso. Esto fue debido a varios factores, pero fundamentalmente al reparto ejidal, la agregación constante de terrenos a la agricultura, la política de la redistribución poblacional, así como también a los créditos otorgados a los agricultores. Se proporcionaron estímulos a la siembra de cultivos redituables como olivo y vid. Así mismo, el cultivo del algodón en la región experimentó un auge fuerte durante los años posteriores a la revolución. (Sánchez-Ramírez, 1990; Anguiano, 1995). En 1951 la agricultura floreció en la región, se sembraba diversidad de cultivos entre los que destacaba algodón, maíz, papa y calabaza (Ponce-Aguilar, 2004; Ley-García y Fimbres-Durazo, 2011). En la región sur de la península de Baja California hasta 1950, la superficie de cosecha apenas rebasaba las 4,500 hectáreas y el área agrícola permaneció casi constante: entre seis mil y diez mil hectáreas, contando con la expansión de las zonas agrícolas de la zona sur, con los valles de La Paz y Los Planes, que se suscitó en la primera mitad de los años cuarenta (Cariño *et al.*, 2012). En 1957 se fundó el Campo Experimental Valle de Mexicali junto con el Sitio Experimental Costa de Ensenada y diez años después el Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, adjuntos al Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNOR), con la finalidad de apoyar a los productores, donde las actividades de investigación realizadas se basaban en la demanda de los productores que en un inicio fue mayormente de algodón y a raíz del uso de fibras sintéticas, el desarrollo de la agricultura se centró más en trigo que algodón, y en algunas hortalizas como el cebollín y el tomate (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). Con la sustitución del algodón por trigo, se marcó una pauta para el florecimiento de éste último. La producción de este cereal fue en ascenso desde 1931, y colocó al estado de Baja California como uno de los principales productores, surgiendo una pugna competitiva entre la región centro y norte, lo que origina que en unos cuantos años el Valle de Mexicali llegara a triplicar su producción, lo cual trajo como consecuencia el desplazamiento de la producción triguera mexicana del centro hacia el norte del país (Fernández y Fernández, 1934). El cultivo del trigo es otro de los cultivos de mayor tradición en la región,

principalmente en el Valle de Mexicali y Valle de Guadalupe, y se tienen registros de que se cosechaba en esta última región desde principios del siglo XX; sin embargo, este cultivo fue sustituido paulatinamente con la vid, con la llegada en los años 30's, de expertos en la producción de vino, y fue así como la vid se estableció como el principal cultivo del Valle de Guadalupe y sus alrededores. De este modo la agricultura en el estado se diversificó, pasando de cultivar exclusivamente algodón y trigo, a sembrar vid y otros productos frutícolas como cítricos, e incursionar en la década de los 60's a la producción de hortalizas, con miras de exportación (Avendaño-Ruíz y Schwentesius-Rindermann, 2005). Con lo anterior, en la misma década, aunado a los esfuerzos del INIFAP por impulsar la producción de cultivos más rentables, la diversificación originó el inicio del cultivo de papa, chile, tomate, cebolla, col, lechuga, repollo, berenjena y cilantro, en ambos estados. Se trataba de cultivos de alta rentabilidad económica que proporcionaba mayores divisas que los cultivos de tipo extensivo, así mismo, con la creciente demanda externa de hortalizas, fue que el Valle de San Quintín empezó a desarrollarse. Diez años después, se contaba con poco más de 26,000 hectáreas de cultivo, donde se producía principalmente tomate y para las décadas de 1980 y 1990, ya se había incrementado el área de cultivo en aproximadamente 40,000 ha (Samaniego, 2006).

En 1974, se decreta a Baja California Sur como estado libre y soberano; entre las décadas de 1990 y 2000, se impulsó en el estado la cultura de ahorro de agua, lo que trasladó las zonas de producción del sur al norte, con el objetivo de mantener el equilibrio en el balance de los mantos acuíferos (Cariño *et al.*, 2012); por su parte el patrón de cultivos registró cambios importantes, las tendencias registraban que los cultivos se agrupaban en básicos (maíz, trigo y frijol), productos de exportación tradicional (garbanzo y algodón), hortalizas (tomate y chile), agroindustriales (alfalfa, cártamo y sorgo) y otros, lo que incluye frutales como mango y dátil, representando un promedio de 86 por ciento de la superficie cosechada del estado de Baja California Sur entre 1960 y 2004. Los cambios de mayor importancia en el cultivo de patrones fueron que las hortalizas pasaron de representar un valor de 4% al 80% de la producción agrícola y los cultivos básicos cayeron del 20% al 9% (Cariño y Monteforte, 2008).

Con todo ello, en la actualidad en la península, los cultivos de mayor importancia son el trigo y algodón, por superficie sembrada, pero son los productos hortícolas los que generan mayores divisas, de igual manera el estado se posiciona como el segundo producto de hortalizas nacional y el primer lugar nacional en rendimiento, con 32.7 toneladas por hectárea), superando incluso a Sinaloa (SIAP, 2016; Financiera Rural, 2008). En la península de Baja California se producen hortalizas principalmente con destino de mercados externos, debido a la cercanía con la frontera norte; sin embargo, para que los productos alcancen su destino, es necesario que cumplan con las normas de fitosanidad impuestas para regular la inocuidad de las mismas a partir del 2002, con la implementación del programa de inocuidad alimentaria (Avendaño-Ruíz y Schwentesius-Rindermann, 2005; Cervantes-Díaz y Bejarano, 2010a). Descrito el escenario histórico anterior, es notable mencionar que uno de los factores limitantes para el desarrollo agrícola y la producción, ha sido la presencia de los problemas fitosanitarios de plagas y enfermedades; sin embargo, se cuenta con poca información al respecto, por lo que actualmente el INIFAP, CISECE y la UABC, entre otras instituciones, trabajan en investigaciones que abordan estos temas con la finalidad de aportar conocimiento para contribuir al manejo de las mismas, por otra parte, los esfuerzos realizados por dichas instituciones y el gobierno del estado, así como por los mismos productores, aunado a las condiciones ambientales de tipo semiárido, han derivado en que se cuenten con acuerdos en los cuales se reconoce a la región como zona libre de algunos parásitos, tal es el caso de *Globodera rostochiensis*, *Meloidogyne chitwoodi*, *Anastrepha spp.*, *Anthonomus grandis* y *Tilletia indica* (DIO, 1988; DIO, 1997; DIO, 2006, DIO, 2014). En el presente documento se hace mención de los principales cultivos básicos y hortícolas presentes en Baja California y Baja California Sur y sus problemas de plagas y enfermedades asociados en la región, así como también las actividades y avances de investigación que se han realizado para conocer el estado actual, garantizar la sanidad de la zona y mantener con el estatus de zonas libres, y reducción de riesgos que mermen la productividad de la zona.

## **2.4 Baja California**

### **2.4.1 Cultivos básicos**

Algodón: El algodón (*Gossypium hirsutum*) es de los primeros cultivos agrícolas establecidos en Baja California, con una gran importancia social y económica; tan solo en el año 2014 se cosecharon 29,326 hectáreas con este cultivo con un valor de producción de más de \$908,141 mdp (SIAP, 2016); sin embargo, en los últimos ciclos agrícolas, la productividad del algodonoero ha sido afectada por los altos costos de producción del cultivo, aunado a problemas de plagas que afectan la calidad de la fibra, y cuyo manejo merma los ingresos del productor. Sin embargo, estos inconvenientes fitosanitarios no son nuevos, y se tiene información de que las plagas insectiles y de ácaros cuando no se controlan, pueden mermar la producción hasta en un 50% (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). Una de las plagas de mayor incidencia en el cultivo es la chinche lygus (*Lygus spp.*). Martínez-Carrillo *et al.* (2002), en un estudio encontraron que la chinche lygus es una plaga del algodonoero que siempre se presenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, cuando la fauna benéfica es abundante y como resultado de las aplicaciones de insecticidas contra esta plaga, se ve afectado el control biológico natural, siendo este un daño indirecto del insecto, por lo cual, Pulido-Herrera y colaboradores (1988), condujeron un ensayo para evaluar el impacto de seis insecticidas sobre la fauna benéfica en algodón, y observaron a la chinche lygus como una plaga sobresaliente del algodonoero en la zona agrícola de Baja California, señalaron que este insecto se encuentra afectando también a los cultivos de alfalfa, cártamo y ajonjolí e identificaron a *L. hesperus* y *L. lineolaris* como las especies presentes en la región. Once años después, Machain-Lillingston y Legaspi-Díaz (2000) realizaron un estudio en algodonoero en el Valle de Mexicali y reportaron la presencia de chinche lygus (*Lygus spp.*) en altas densidades de población (más de 18 adultos por 25 golpes de red), así mismo encontraron que, aunque se probaron los insecticidas endosulfan, metidation y oxamil, ninguno de ellos resulto efectivo en el control de esta plaga, ya que no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sin aplicación de insecticida con respecto a los tratamientos en los que se utilizaron insecticidas específicos, manteniéndose una relación de 8.13 y 10.11 adultos, respectivamente. En el año 2002, se llevó a cabo una investigación referente a la realización de un pronóstico demográfico de insectos depredadores del algodonoero del Valle de Mexicali, para lo cual también se realizaron muestreos para capturar insectos plaga, cuyos resultados indicaron la

presencia en el cultivo de los insectos chinche lygus (*Lygus* spp.), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y trips (*Frankliniella* spp.) (Legaspi-Díaz *et al.*, 2002). Por otro lado, el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*), es una plaga que causa daños cuando la larva se alimenta dentro de las bellotas de algodón, esta es una plaga de gran incidencia y se reportó su aparición en el Valle de Mexicali desde 1965 (Hernández-Vázquez 2010a). Así mismo, el picudo del algodón (*Anthonomus grandis*) fue problema desde su aparición en la década de 1980, sin embargo, programas de manejo y trapeo lograron que la región de Baja California se declarara oficialmente libre del picudo del algodonoero (DIO, 2014). Otra plaga, que se encontraba presente desde los primeros años de establecido el cultivo de algodón, pero que no había cobrado importancia hasta la década de 1990, es la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), en esos años se menciona que la proliferación de la plaga fue tal, que se observaban en el ambiente nubes del insecto que molestaban los ojos e impedían la respiración libre (Walther-Meade, 1996; Andrade-Cisneros, 2012). En 1990, se detectó el biotipo B de la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*) en el valle de Mexicali y Valle Imperial, en los Estados Unidos y en 1991 fue tan severo el ataque de esta plaga que ocasionó que ambos valles fueran declarados zona de desastre (Walther-Meade, 1996), por lo que en 1998, se realizó una investigación con la finalidad de evaluar distintas alternativas para el control químico de la mosquita blanca biotipo B y chinche lygus, encontrando que el mejor tratamiento fue fenprotratin + acefate, así mismo, el autor no recomienda insecticidas biológicos, ya que menciona que no controlan a estas plagas (Reyes-Catalán, 1998); igualmente se condujo un estudio para evaluar las posibles hospederas de cultivos, malezas y ornamentales que prefería la mosquita blanca y los resultados indicaron que las especies vegetales de mayor preferencia para *Bemisia argentifolii* fueron algodonoero, alfalfa, higuera y girasol, seguidas por melón, calabaza, tomate de cáscara, así como por las especies de maleza madre selva (*Lonicera japonica*), cachanilla (*Pluchea sericea*), rosal (*Rosa* spp.) y tronador (*Astragalus woddtoni*), esto sugirió que la mosquita blanca cuenta con hospederas a lo largo de todo el año, lo que dificultaba la erradicación de la misma, por lo que era importante la rotación de cultivos y el manejo de malezas (Velderrain-Figueroa y Legaspi-Díaz, 1998). En la búsqueda de alternativas para el manejo de la mosquita blanca, se mostró interés por el uso de entomopatógenos, así, un estudio al respecto se realizó en el

Valle de Mexicali evaluando la acción de estos microorganismos contra la plaga, los entomopatógenos utilizados fueron *Paecilomyces* spp. y *Verticillium* spp., los resultados obtenidos indicaron que solo el género *Verticillium* resultó una opción viable para el control de la mosquita (Cenceña-Duran, 1998; Ceceña-Durán *et al.*, 2000a). No obstante, no es sino hasta después de la liberación de las variedades genéticamente modificadas cuando la incidencia de plagas disminuyó en este cultivo, sin embargo, recientemente se hicieron estudios para validar estas variedades, con el objetivo de detectar el comportamiento y control de las tres principales plagas (lygus, rosado y mosca blanca) de variedades convencionales y transgénicas de algodónero a nivel comercial en el Valle de Mexicali, B. C., y se encontró que la plaga más importante sigue siendo chinche lygus, presentándose con mayor incidencia en variedades convencionales, el gusano rosado, solo apareciendo en variedades convencionales, a su vez la mosquita blanca se presentó en ambas variedades con infestaciones leves, sin presentar ninguna merma en rendimiento y calidad (Medina-Martínez *et al.*, 2008a). Otras plagas que han sido reportadas por INIFAP son el gusano bellotero (*Helicoverpa armigera*), araña roja (*Tetranychus urticae*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*), y gusanos del complejo trozadores (*Agrotis* spp.) (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). Por otro lado, por las condiciones que imperan en la principal zona de producción de algodón, el Valle de Mexicali y a las variedades genéticamente modificadas, son pocas las enfermedades que se presentan en este cultivo. Sin embargo, una de las enfermedades con mayor incidencia es la secadera, por lo que el año 1999, Ceceña-Duran y colaboradores realizaron una investigación para determinar los agentes causales de la secadera de plántulas en algodón, enfermedad cuya incidencia había sido reportada en predios de San Luis Rio Colorado, Sonora y Valle de Mexicali, y se encontró que el agente causal de la secadera de plántulas de mayor incidencia fue el patógeno *Rhizoctonia* spp. (Ceceña-Durán *et al.*, 2000b). Por su parte, en 2010, INIFAP reportó en su Guía técnica para el área de influencia del campo experimental Valle de Mexicali que las enfermedades de mayor incidencia son la secadera (*Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*) y la pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnivora*), así mismo el ataque de nematodos fitopatógenos (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). Por su parte, en 2013, se realizó un estudio para identificar a los hongos patógenos causantes de la pudrición de raíz

en plantas de algodón transgénico del Valle de Mexicali, por lo que se colectaron muestras de suelo y se realizaron aislamientos de los hongos mediante la técnica de diluciones seriadas, posteriormente, dichos aislamientos se identificaron mediante la amplificación de regiones ITS (Internal transcribed spacer) con la técnica de reacción en cadena de la polimerasa, los resultados arrojaron que las cepas analizadas tuvieron un 99% de homología con *Fusarium solani* (González-Soto *et al.*, 2014).

Trigo: El trigo es otro de los cultivos de mayor tradición producidos en el estado, es el cultivo más sembrado en el Distrito de Riego 014, Rio Colorado, sembrándose trigo para grano y trigo forrajero, y en el 2014 se cosecharon 84,735 hectáreas, con un valor en conjunto de producción de \$1,874,678.02 mdp (SIAP, 2016). Siendo un cultivo de importancia para la zona, no se encuentra excluido de problemas fitopatológicos, aunque si le inciden menor cantidad de plagas y enfermedades que al algodónero; se tiene conocimiento de que en 1998 se reportó por primera vez la presencia de fitonematodos en diversas especies cultivables, incluyendo trigo, en el Valle de Mexicali (Ceceña-Duran, 1999); en la misma línea, en el año 2002, Ceceña-Duran *et al.*, dirigieron una investigación con el objetivo de identificar los principales géneros de estos microorganismos de importancia económica en el cultivo de trigo, en el valle de Mexicali, reportando como resultados que los géneros *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Psilenchus*, *Aphelenchus* y *Tylenchus* se encontraban presentes en el cultivo, con incidencias de 64.25, 30.69, 2.65, 1.49 y 0.89%, respectivamente. Por su parte, INIFAP no reporta incidencia de enfermedades en sus guías técnicas para la producción de este cultivo (Camarillo-Pulido *et al.*, 2003; Hernández-Vázquez *et al.*, 2010b; Alvarado-Padilla *et al.*, 2012), pero si indica que las plagas que tienen presencia en el mismo son el complejo de pulgones (*Myzus persicae*, *Schizaphis graminum* y *Rhopalosiphum padi*), detectados en la zona desde 1976 (Walther-Meade, 1996; Camarillo-Pulido *et al.*, 2003; Alvarado-Padilla *et al.*, 2012). El pulgón del tallo (*Rhopalosiphum padi*) se reportó como una plaga que causó grandes daños en la primavera de 1983, registrándose como la primera temporada en la que la infestación de pulgones amerito aplicación de insecticidas (Camarillo-Pulido *et al.*, 2003; Alvarado-Padilla *et al.*, 2012). Por otra parte, cabe destacar que el Valle de Mexicali fue declarado como zona libre del Carbón Parcial del Trigo (*Tilletia indica*), la cual es una de las

enfermedades más perjudiciales para la semilla de este cultivo, ya que, aunque no reduce significativamente su rendimiento, altera la calidad de sus productos derivados; este acuerdo fue posible gracias al esfuerzo realizado por los productores y autoridades mediante la aplicación de rigurosas medidas fitosanitarias para evitar su dispersión (DIO, 1997).

Alfalfa. La alfalfa (*Medicago sativa*) según Michaud y colaboradores (1988), es un cultivo introducido a México por los españoles durante el periodo de la conquista; en Baja California es el cultivo forrajero de mayor importancia, en los últimos cinco años su superficie promedio sembrada fluctúa entre los 25, 000 y 35, 000 hectáreas, con un rendimiento promedio de 80 toneladas por hectárea (Hernández-Vázquez, 2010a; SIAP, 2016), así mismo con el aumento de la actividad pecuaria en el estado, la demanda de forraje con calidad se ha incrementado, sin embargo la calidad se ve amenazada por los inconvenientes fitosanitarios a los que se encuentra expuesto el cultivo. Fuentes oficiales reportan incidiendo en el cultivo a las enfermedades de la pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnívora*), cenicilla vellosa (*Peronospora* spp.) y la pudrición de la corona (*Fusarium* spp.) (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a; Ceceña-Durán *et al.*, 2013a).

Por otro lado, se cuenta con reportes anteriores de presencia de nematodos fitopatógenos. En el ciclo 2002-2003 Ceceña-Duran y colaboradores dan a conocer que el cultivo de alfalfa se encuentra afectado por la presencia de fitonematodos del género *Thylenchorhynchus*, *Pratylenchus*, *Aphelenchus*, *Xiphinema*, *Tylenchus*, *Paratylenchus* y *Psilenchus*, encontrándolos presentes y activos en la capa arable del suelo (Ceceña-Duran *et al.*, 2003b). Por otro lado, en cuanto a plagas, en 2003, Legapsi-Díaz *et al.*, reportaron que el rendimiento y calidad del cultivo de la alfalfa se ve afectado por la presencia de picudo y pulgones, por lo que realizan una investigación para determinar fluctuaciones poblacionales de pulgón negro y otras plagas de la alfalfa en el Valle de Mexicali, encontrando que en los ciclos de otoño-invierno 2002-2003 estuvieron presentes los pulgones *Aphis craccivora*, *Acyrtosiphon pisium*, *Therioaphis maculata* y *Acyrtosiphon kondoi*, y que en general la presencia de estos insectos es más abundante en otoño en el Valle de Mexicali; así mismo, estos autores reportan la presencia en el cultivo de plagas

defoliadoras, encontrando a las especies *Hypera brunneipennis*, *Spodoptera exigua*, *Colias eurytheme* y *Trichoplusia ni*. En el 2008 se llevó a cabo un estudio por parte de investigadores del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California con el objetivo de determinar la dinámica de población de plagas e insectos benéficos que predominan en alfalfa para producción de semilla, encontrando que se tiene incidencias poblacionales bajas de pulgón verde (*Acyrtosiphon pisum*), pulgón manchado (*Therioaphis maculata*), picudo egipcio (*Hypera brunneipennis*), gusano soldado (*Spodoptera spp*), gusano verde (*Colias spp*), chinche lygus (*Lygus spp*), chicharrita (*Empoasca mexara*), trips (*Frankliniella spp*), periquito tricornudo (*Spissistilus festinus*), pero se presentan a partir del 30 de mayo y hasta mediados de julio, por lo que no afectan la producción de alfalfa para semilla, atribuyéndole este efecto a las temperaturas de 38 a 42°C que imperan en ese periodo de tiempo (Medina-Martínez *et al.*, 2008b). En contraste, recientemente INIFAP reportó que las plagas de gran incidencia en el cultivo son el picudo egipcio (*Hypera brunneipennis*), pulgón manchado (*Therioaphis maculate*), gusano soldado *Spodoptera exigua* chicharrita (*Acinopterus angulatus*), pulgón manchado de la alfalfa (*Therioaphis maculata*), pulgón verde de la alfalfa (*Acyrtosiphon pisum*), periquito tricornudo (*Spissistilus spp.*), thrips (*Thrips tabaci* y *Frankliniella occidentalis*) y chinche lygus (*Lygus spp.*) (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a).

Maíz: En Baja California la producción de maíz ha disminuido a través del tiempo, los registros máximos que se tienen es en los años 1993 y 1994, donde se sembraron más de 23, 000 y 13, 000 hectáreas, respectivamente (SIAP, 2016). Sin embargo, para el año 2014, solamente se sembraron 1209 hectáreas (SIAP, 2016), se cuenta con evidencia de que esto es debido a que se establece en la región obteniendo bajos rendimientos y mala calidad sanitaria (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a); esto último debido a la presencia de plagas y enfermedades, ya que el maíz es un cultivo en el que inciden gran cantidad de ellas. Valenzuela-Palafox *et al.*, en 2002, reportaron la presencia de gusano elotero en predios con cultivo de maíz del valle de Mexicali, además, encontraron una relación entre las aflatoxinas producidas por los hongos *Aspergillus flavus* y *Ustilago maydis*, microorganismos que reportan también presentes en las mazorcas de maíz, encontrando que al aplicarse un control químico contra la plaga disminuye de manera significativa la

presencia de estas toxinas. Así mismo INIFAP reporta que la pulga negra (*Chaetocnemea* spp.), gusano saltarin (*Elasmopalpus lignosellus*) y trozador (*Agrotis* spp.), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), chicharritas (*Dalbulus* spp.) y el gusano elotero (*Heliothis zea*) son plagas comunes en la región y de casual incidencia en el cultivo de maíz, también reportó la presencia de enfermedades en su guía técnica para el cultivo, menciona la presencia de micotoxinas de tipo aflatoxinas producidas por los hongos *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, las cuales contaminan el maíz, de la misma forma indican que la pudrición del tallo afecta al cultivo, y es causada por hongos de los géneros *Phyium*, *Diplodia*, *Macrophomina* y *Fusarium*, cuyas pérdidas se ven reflejadas en disminución del rendimiento por un incompleto desarrollo de mazorca, de igual manera se señaló al hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*) como una enfermedad presente en el cultivo en la región (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010).

#### 2.4.2 Productos Hortofrutícolas

Tomate: El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es la principal hortaliza por importancia económica que se cultiva en el estado de Baja California, principalmente con fines de exportación; en el año 2014 se reportó un rendimiento promedio por hectárea de 67.90 toneladas (SIAP, 2016). El cultivo de tomate es susceptible al daño del gusano alfiler *Keifferia lycopersicella* y esto ocurre desde del trasplante de la plántula hasta la duración de todo el ciclo de cultivo, afectando finalmente al fruto al barrenarlo o picarlo, mermando los parámetros de calidad necesarios para alcanzar la exportación, por este motivo, en 1998 se condujo una investigación con el fin de evaluar una alternativa de control de insecto, siendo esta, trampas con las feromonas atrayentes CheckMAte TPW-F y Nomate, los resultados obtenidos mostraron un buen control de los adultos del insecto y menor daño de fruto que el testigo sin aplicación. Los autores mencionan que se requirieron cuatro aplicaciones de feromonas para controlar al insecto contra diez de insecticidas en el testigo convencional, lo que convierte a esta alternativa como la de excelencia a utilizar para el control de la plaga (Legaspi-Díaz y Medina-Martínez, 1998); en esta misma línea de investigación, los trabajos continuaron, y en 2013, autores probaron la feromona Confuse GAT-E para el control de *Keifferia lycopersicella*, aplicándola en tres dosis, a razón de 20, 30 y 40 g.i.a.ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> empleando como testigo el producto CheckMate TPW-F a una dosis de 25 g.i.a.ha<sup>-1</sup>, se llevaron a cabo muestreos con trampas y se evaluó el número de palomillas por trampa, palomillas por fecha de muestreo y porcentaje de frutos dañados por larvas, sin embargo, los resultados indicaron que el comportamiento de la plaga fue similar entre tratamientos, no encontrándose diferencias significativas (Ceceña-Durán *et al.*, 2013b). En cuanto a enfermedades, en ese mismo año se reportó la incidencia del cáncer del tallo, afectando a lo largo de las 12,000 hectáreas que se sembraban en el Valle de San Quintín, al no haber antecedentes del control químico adecuado a utilizar para el manejo de la enfermedad, investigadores realizaron un estudio para establecerlo, evaluando la efectividad biológica de Amistar 50WG (Azosystrobin) en el control de esta enfermedad, los resultados que obtuvieron indicaron que el tratamiento químico a dosis de 800 y 600g.m.c./ha presentó un porcentaje menor de tallos infectados en comparación con los productos Clortalonil y Benomilo; así mismo, en todos los tratamientos se encontró un mayor rendimiento respecto al testigo absoluto, lo cual discuten, fue debido a la acción protectora y curativa de los fungicidas, los cuales evitaron la germinación y penetración de nuevas estructuras reproductivas del hongo, además de su efecto curativo sobre las lesiones (Salazar-Huerta, 1999). Por otro lado, Armenta-López y colaboradores (2013), preocupados por la problemática relacionada con la marchitez vascular del tomate, condujeron una investigación para la detección de las razas fisiológicas del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* presentes en la región, y obtuvieron como resultado la presencia de las razas fisiológicas 1 y 3.

Cebolla: Este cultivo (*Allium cepa*) se sembró en un total de 6,369 hectáreas que se tradujo en un valor de producción de \$882,587.51 mdp. La cebolla es una de las principales hortalizas que se siembran en Baja California, sin embargo, en el Valle de la Trinidad, B.C., el cultivo de cebolla presenta serios problemas de pudrición radical causada por *Fusarium oxysporum*, *F. subglutinans* y *Pyrenochaeta terrestris*. Las pudriciones radicales han impactado la economía de los productores de cebolla de la región (Pulido-Herrera *et al.*, 2008); en la misma línea de investigación, Cervantes-Díaz y colaboradores (2010) reportan a la pudrición radicular de la cebolla ocasionada por los hongos *Fusarium oxysporum* y *Pyrenochaeta terrestris* como la enfermedad más importante que afecta esta

hortaliza en el Valle de la Trinidad, Baja California, así mismo al siguiente año Moreno y colaboradores realizan un estudio para encontrar el potencial de biocontrol de *Trichoderma* spp. proveniente del Valle de la Trinidad, en el control de estas enfermedades, encontrando que el *Trichoderma* inhibió el crecimiento de *F. oxysporum* en 70% y el de *P. terrestris* en un 58%, presentando también capacidad antagonica de tipo hiperparasítica, concluyendo en su estudio que los aislamientos nativos del Valle de la Trinidad de *Trichoderma* son agentes promisorios en el control biológico de las pudriciones de raíz causada por los hongos fitopatógenos antes mencionados; también, Cervantes-Díaz y colaboradores (2011), evaluaron a este mismo microorganismo con el propósito de determinar su potencial de biocontrol *in vitro* sobre *Fusarium subglutinans* y *Pyrenochaeta terrestris*, agentes causales de la pudrición vascular en cebolla, encontrando que las cepas de *Trichoderma harzianum* presentaron biocontrol sobre los fitopatógenos, mediante mecanismos de inhibición y antagonismo, demostrando que dichas cepas son alternativa para el control de patógenos con origen en suelo.

Cebollín: El *Allium schoenoprasum* es un cultivo con relevancia a nivel internacional, destacando su producción especialmente en la Zona Costa de Ensenada. En el año 2013 se sembraron 3,957 hectáreas sembradas con este cultivo y se tienen registros de rendimientos promedio de alrededor de 13 toneladas por hectárea (SIAP, 2016). Según la guía técnica de INIFAP para el cultivo del cebollín, no se encuentra expuesto a muchos problemas fitosanitarios, se presentan plagas como trips (*Frankliniella occidentalis*), minador de la hoja (*Liriomyza* spp.) y ácaros (*Tetranychus* spp.), así como reporte de posible incidencia de mildiu veloso (*Peronospora destructor*) y mancha purpura (*Alternaria porri*) (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). No obstante, en el ciclo agrícola 2002-2003, investigadores llevaron a cabo un estudio en cebolla, espárrago, melón, brócoli y tomatillo, e identificó en cebollín a las enfermedades fúngicas cenicilla vellosa (*Peronospora destructor*), mancha purpura (*Alternaria porri*), pudrición basal (*Fusarium oxysporum*), pudrición rosada (*Pyrenochaeta terrestres*), carbón de la cebolla (*Urocystis cepulae*), pudrición del cuello (*Botrytis allii*) y mancha foliar (*Stemphylium* sp.), sin embargo las reportan con incidencias bajas (0.71~7.99%) (Ceceña-Durán *et al.*, 2003a). Por otro lado, recientemente se realizó un estudio concerniente a la presencia de virus en distintas

especies de *Allium*, debido a que se han observado síntomas típicos asociados a enfermedades virales, por lo que se realizó una investigación que se llevó a cabo colectando material vegetal de cebolla, cebollín, puerro (*A. porrum*) y ajo (*A. sativum*) provenientes del Valle de la Trinidad y Valle de Mexicali, el cual presentaba moteados, clorosis, deformaciones, entre otros síntomas presuntamente de origen viral así como también material asintomático, se realizó un análisis serológico ELISA para detectar la presencia de virus utilizando antisueros comerciales para la detección de Iris yellow spot virus (IYSV), Leek yellow streak virus (LYSV), Onion yellow dwarf virus (OYDV), Garlic common latent virus (GarCLV) y Tomato spotted wilt virus (TSWV), resultando en cebolla, cebollín y puerro, reacción positiva para los virus TSWV, IYSV, LYSV y OYDV, mientras que el material asintomático no presentó reacción positiva; así mismo en el caso de ajo, se registró reacción positiva para LYSV y OYDV; concluyendo que los virus detectados se presentaron en más del 87.5 % de las muestras en forma de complejos virales (Samaniego-Gámez *et al.*, 2012).

Pepino: El pepino (*Cucumis sativus*) es una hortaliza de gran importancia en el estado, se produce principalmente para exportación, en los últimos cinco años, la superficie sembrada promedia en las 700 hectáreas, y en el 2014 se obtuvo un rendimiento promedio de 64.14 ton ha<sup>-1</sup>. A pesar de que es un cultivo que se comenzó a sembrar en el estado desde hace poco menos de doce años, es una hortaliza de gran importancia económica (SIAP, 2016). En este cultivo, siendo su producción principalmente para exportación, los aspectos de inocuidad y calidad son muy importantes, viéndose mermados por la presencia de plagas y enfermedades. En el 2001 realizó un trabajo en pepino con la finalidad de evaluar a *Amblyseius cucumeris*, un ácaro depredador, y menciona a las especies de trips (*Thrips tabaci* y *Frankliniella occidentalis*) como plagas insectiles de alta incidencia en el cultivo de pepino bajo invernadero en la zona costa de Ensenada, reportando que estos insectos se alimentan de las hojas, flores y frutos causando daños y de igual manera, señaló que la tolerancia a la población de trips es baja y propuso el uso de *Amblyseius cucumeris* como agente de control biológico para el control de la plaga, ya que en su investigación obtiene como resultados que el depredador puede controlar la población de trips por al menos 10 semanas, a niveles donde los daños en rendimiento son bajos (2.5%) (Díaz-Ortíz, 2002). En

el área de enfermedades, en el 2011, se detectó la presencia a la enfermedad *Fusarium oxysporum* atacando pepino, por lo que se conduce una investigación en la que se evalúa uso de cepas de *Trichoderma harzianum* para el control de la pudrición vascular, y los resultados arrojados por este estudio concluyen que además de ser un buen agente de biocontrol *in vitro*, pruebas *in vivo* indicaron que la inoculación de *Trichoderma* en plántulas de pepino con *F. oxysporum* presentaron acumulación de materia seca, lo que sugiere la acumulación de nutrimentos que se traduce en aumento de biomasa (Samaniego-Gómez *et al.*, 2011).

Esparrago: El esparrago (*Asparagus officinalis*) es un cultivo tradicional en la zona, en el 2014 contó con una superficie sembrada de 2461 hectáreas, y es un cultivo que se produce exclusivamente para exportación (SIAP, 2016). En el año 2003, se registró la presencia de los hongos *Puccinia aspragi*, *Stemphylium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora megasperma*, con incidencias de 8.92, 3.12, 6.92 y 4.98, respectivamente, en la región agrícola del Valle de Mexicali, específicamente en el Distrito de Riego 2 (Ceceña *et al.*, 2003).

Tomatillo: El tomatillo (*Physalis ixocarpa*) es un cultivo de alto valor y de gran importancia en el estado; tan solo en el año agrícola 2014 se sembraron 620 hectáreas, sin embargo, aunque no es un área extensa, generó una producción de 9,710.92 toneladas (OEIDRUS, 2016). Se tienen reportes oficiales de plagas y enfermedades que pudieran estar presentes en el cultivo, como el minador de la hoja (*Liriomyza* spp.), chicharrita (*Empoasca* spp.), la cenicilla (*Oidium* spp.) y fusariosis (*Fusarium* spp.) (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a). En el año 2003 se observó para el cultivo de tomatillo en el Valle de Mexicali, la presencia de seis enfermedades fúngicas, siendo estas *Rhizoctonia solani* con una incidencia de 11.22%, *Phytophthora capsisi*, *Verticillium dahliae* con un porcentaje de incidencia en el cultivo de 8.26%, *Pythium* sp., *Alternaria solani* y la cenicilla polvorienta (*Leuveillulataurica*) (Ceceña-Durán *et al.*, 2003a).

Brócoli: El brócoli (*Brassica oleracea*) se cultiva tanto en la Zona Costa como en el Valle de Mexicali; en el año agrícola 2014 se sembraron en conjunto 425.50 hectáreas (OEIDRUS, 2016). Aunque no se cuenta con mucha información oficial del ataque de

plagas o enfermedades en este cultivo, de igual manera se han llevado a cabo investigaciones al respecto; en un estudio realizado por Ceceña-Duran y colaboradores en el ciclo 2002-2003 llevado a cabo en el Valle de Mexicali, encontraron que de seis enfermedades que se identificaron afectando al cultivo de brócoli, tres eran del grupo Phicomyceto, siendo estas *Peronospora parasítica*, *Pseudocercospora* sp., y *Albugo candida*; el resto de las enfermedades que se encontraron dañando a este cultivo fueron *Alternaria brassicicola*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Fusarium oxisporum* (Ceceña-Durán *et al.*, 2003a).

Melón: El melón (*Cucumis melo*) es una hortaliza que no cuenta con una superficie grande de siembra; sin embargo, un cultivo de producción constante, en superficies promedio de 80 hectáreas (SIAP, 2016). En un estudio realizado en el año agrícola 2002-2003, en el Valle de Mexicali, se registró que el cultivo del melón es ampliamente atacado por el grupo de los Deuteromycetos (7/8), sobresaliendo notoriamente la enfermedad foliar cenicilla polvorienta (*Sphaeroteca fuliginea*), por su valor de incidencia de 14.15% y dos enfermedades de tipo vascular, ocasionados por *Rhizoctonia solani* (12.26%) y *Fusarium oxisporum* (8.49%), afectando igualmente el desarrollo del cultivo. El resto de las enfermedades encontradas en el cultivo del melón fueron *Pythium* spp., *Verticillium dahliae*, *Alternaria cucumerina*, *Colletotrichum lagenarium* y *Cercospora* sp. (Ceceña-Durán *et al.*, 2003a). INIFAP reporta en la guía técnica para la producción de este cultivo plagas como diabrotica (*Diabrotica* spp.), falso medidor (*Trichoplusia ni*) y mosquita blanca (*Bemisia tabaci*); así mismo la presencia de cenicilla y problemas de virosis (sin especificar) (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a).

Chile habanero: Debido a los esfuerzos del gobierno del estado y los productores de hortalizas, en el año 2013 se introdujo el cultivo de *Capsicum chinense*, siendo este un cultivo tradicional de las zonas tropicales de la península de Yucatán en donde se ve comúnmente afectado por enfermedades de tipo viral; en ese mismo año se observaron plantas con síntomas de virosis, por lo que condujo un estudio para identificar el agente causal de la enfermedad mediante la prueba serológica ELISA-DAS, utilizando anticuerpos con enzima fosfatasa alcalina para los virus Iris yellow spot virus (IYSV) y Tomato spotted

wilt virus (TSWV), resultando la detección positiva para ambos tospovirus con una incidencia de 13.33 y 20% respectivamente, así mismo los autores evaluaron el uso de tres aplicaciones foliares de fierro (8%) para reducir la incidencia viral, el resultado obtenido fue de una incidencia final de 3.33 y 13.33% respectivamente (Torres-Bojórquez *et al.*, 2013).

Vid: La *Vitis vinifera* uno de los cultivos de mayor importancia y tradición en la península. Según reportes oficiales, en el 2014 se sembraron más de 3,937 hectáreas con vid, es un cultivo de alto valor, no solo por su valor de producción, sino por el valor cultural del mismo (SIAP, 2016). En el 2014 se generaron divisas de \$267,627.88 mdp de este cultivo (Hernández-Vázquez *et al.*, 2010a; SIAP, 2016). Sin embargo, la calidad de la uva producida se ve mermada por las enfermedades, por ejemplo, la cenicilla polvorienta (*Uncinula necator*) es una de las principales enfermedades de la vid, y en 1993, un informe técnico reportado por INIFAP registró que la enfermedad afecta al total de la superficie cultivada con vid (3000 hectáreas) en la región de la costa de Ensenada, ocasionando pérdidas en rendimiento de hasta 40%, equivalentes a aproximadamente 40 millones de pesos (Guevara-Lugo, 1993). En el ciclo agrícola Primavera-Verano 2001, se propuso y aplicó un modelo de predicción para el control químico de cenicilla polvorienta en dos cultivares en los valles de Guadalupe y San Vicente, encontrando que el control químico seguido por el agricultor consiste básicamente en los fungicidas inhibidores de esteroides Rally, Rubigan, Bayleton y Procure, con un porcentaje de control de 80.5% (Guevara-Lugo, 2002). De igual manera, en 1995 se reportó por primera vez la presencia de la enfermedad de Pierce, producida por la bacteria *Xylella fastidiosa*, en el Valle de Guadalupe (Guevara-Lugo, 1997; Guevara-Lugo, 2000; Díaz-Ortiz, 2003a; Díaz-Ortiz, 2003b). Siete años después se realizó un estudio conducido por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Baja California, con la finalidad de conocer la incidencia y distribución de la enfermedad, cuyos resultados señalan que la enfermedad se encontraba presente sólo en el municipio de Ensenada, con incidencias de hasta 25% (Pulido-Herrera *et al.*, 2002). Por otra parte, recientemente se reportó la presencia de algunos géneros de hongos fitopatógenos de la familia Botryosphaeriaceae, y se reporta que tienen el potencial de llegar a ser catastróficas, por lo que en un estudio en el que se evalúa el potencial como

agente de biocontrol de cepas de *Trichoderma* aisladas de plantas de vid de Ensenada, encontrando que las cepas evaluadas presentaron efectos negativos en el crecimiento de patógenos de la familia Botryosphaeriaceae evaluados, con porcentajes de inhibición de hasta 95.73% (Hernández-Martínez *et al.*, 2010).

Olivo: El olivo (*Olea europaea*) fue traído a nuestro país por los colonizadores españoles, y se considera como una fuente de ingresos importante en las regiones de Caborca, Sonora y Ensenada, Baja California (SIAP, 2016). El cultivo del olivo tiene un gran potencial comercial que puede generar grandes utilidades si se le añade un valor agregado, sin embargo, lo limitan problemas como el clima, la falta de financiamiento, un mal manejo de las huertas y algunas plagas. En el año 1999 se detectó por primera vez en algunas huertas de los municipios de Tijuana, Rosarito y Ensenada, la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*), fue reportada por el Comité de Sanidad Vegetal como una amenaza para la olivicultura en Caborca, Sonora y Ensenada, Baja California (CESAVEBC, 2000; DIO, 2000). Por otro lado, INIFAP reportó en el 2000, que la escama negra del olivo *Saissetia oleae* (Olivier), es la plaga más importante que ataca al cultivo en la zona, y que se encuentra incidiendo en todos los valles, afectando principalmente los huertos que se localizan en el área costera, los daños se traducen en la disminución significativa del rendimiento y calidad de la aceituna (Díaz-Ortíz, 2000; CESAVEBC, 2000).

## **2.5 Baja California Sur**

### 2.5.1 Cultivo industrial

Cocotero: El cocotero (*Cocos nucifera*) es un cultivo importante para Baja California Sur, por su aplicación en la industria. La superficie sembrada fluctúa anualmente entre las 35 hectáreas (SIAP, 2016). A pesar de ser un cultivo perene, que normalmente no presenta problemas fitosanitarios, se han tenido algunos reportes de plagas insidiosas en el mismo. En el año 2002, García-Hernández y colaboradores encontraron al insecto *Rhynchophorus palmarum*, como principal causante de la secadera de la palma y lo señalaron como una amenaza económico y ecológica para el estado en un folleto técnico emitido por la fundación PRODUCE, y en el mismo año Beltrán-Morales *et al.* (2002), evaluaron la

efectividad del control etológico como estrategia de control en huertas de Todos Los Santos, El Pescadero y Elías Calles, reportando que en el mes de julio es cuando se presenta mayores densidades de población y que se capturaron un total de 2038 individuos en un periodo de cuatro meses, y que de no haberlos capturado, en seis meses se obtendría una primera generación con 928,900 nuevos individuos.

### 2.5.2 Cultivos hortofrutícolas

Tomate: *Lycopersicum esculentum* es la hortaliza más importante producida en Baja California Sur, sembrándose en Los Cabos, La paz, Camondu y Mulege. En el año 2014 se reportó una superficie sembrada de 2697 hectáreas, de las cuales se obtuvo una producción de 141,236 toneladas, alcanzando un rendimiento promedio de 48.75 toneladas por hectárea (SIAP, 2016). Sin embargo, es uno de los cultivos con mayor incidencia de plagas y enfermedades, las cuales merman los parámetros de calidad y rendimiento necesarios. Se tiene reporte en el año 2000, de que la chinche apestosa *Arvelius albopunctatus* se encontraba afectando alrededor de 600 hectáreas de tomate orgánico destinado a exportación (Loya-Ramírez y Toyas-Sánchez, 2000). Así mismo, en la búsqueda de alternativas amigables con el medio ambiente, dos años después, se conduce una investigación para evaluar bioinsecticidas Neemex, Sabadilla y Biocrack para controlar a la plaga encontrando que el tratamiento más efectivo es Sabadilla, seguido por Biocrack y en último lugar Neemex, reportando niveles de control de superiores al 81.06% en ninfas (Loya-Ramírez *et al.*, 2002). En el área de fitopatología, en cuanto a enfermedades virales, a partir del año 2000, se empezó a dar relevancia a su investigación en tomate de la región; en el 2002, se observaron plantas de tomate donde el 99% presentaba síntomas de aparente enfermedad viral, por lo que se realizó un estudio en el siguiente año y se detectó por primera vez el virus Pepper Golden mosaic virus afectando los cultivos de tomate (Holguín-Peña *et al.*, 2004a); en ese mismo año se reportó la presencia del género *Begomovirus* afectando este cultivo, los cuales se transmiten principalmente por mosquita blanca. Se realizaron estudios de PCR y se identificaron tres geminivirus, siendo estos Tomato severe leaf curl virus (ToSLCV), Pepper Golden mosaic virus variante Tamaulipas (PepGMV-Tam) y se encontró también un virus no identificado. Así mismo, se registraron

las hospedantes de los mismos, siendo *Capsicum annuum*, *Malva parviflora* y *Datura stramonium* (Holguín-Peña *et al.*, 2004b). Referente a enfermedades fungosas en mayo del 2005 se tiene el primer reporte de *Botrytis cinérea* afectando a tomate y se informa que la enfermedad disminuye la producción (Holguín-Peña y Arcos, 2005). El siguiente año, se reportó que desde el 2001 se observaron síntomas de enfermedad viral, consistentes en enchinamientos severos, asociadas cultivos con grandes poblaciones de mosquita blanca, por lo que se realizó un estudio para llevar a cabo su identificación, resultado una nueva cepa de Tomato chino La Paz virus (ToChLPV), la cual se nombró Tomato chino La Paz virus BCS (ToChLPV-BCS) (Holguín-Peña *et al.*, 2006). Así mismo, en el 2010 se realizó un estudio para identificar a la mosquita blanca asociada a tomate, como posible vector de enfermedades begomovirales. La mosca blanca es una de las plagas más insidiosas e importantes que ocasiona daño al cultivo de tomate en México, y su principal impacto es como vector de enfermedades virales. Se realizaron colectas de adultos y ninfas en plantaciones de tomate, y se encontraron las especies *Bemisia tabaci* (Biotipo A y B) y *Trialeurodes vaporariorum*, así como también dos especies no identificadas. Así mismo se determinó que el biotipo B es el principal vector de las enfermedades begomovirales (Holguín-Peña *et al.*, 2010).

Chile Verde: El chile ancho verde (*Capsicum annuum*) es uno de los cultivos más importantes y comunes de Baja California Sur, para el ciclo agrícola de 2014 se sembró una superficie de 1,649 ha obteniéndose (SIAP, 2016). Sin embargo, en el año 2007 se observaron síntomas de aparente enfermedad viral y presencia de mosquita blanca, por lo que se condujo una investigación para determinar el agente causal de la misma, y por medio de pruebas de PCR se encontraron al virus Tomato yellow leaf curl virus co-infectando con el virus Tomato chino La Paz virus (Cárdenas-Conejo *et al.*, 2010).

Hierbas aromáticas: La producción de hierbas aromáticas impulsada en Baja California Sur desde el 2010 (SIAP, 2016) está orientada para mercado nacional y de exportación, sin embargo, se ve amenazada por problemas fitosanitarios, principalmente enfermedades. En el 2010 se realizó en hierbas aromáticas orgánicas, en un estudio para el diagnóstico de fitoplasmas en los cultivos de hierbas aromáticas del estado de Baja California Sur, donde

se encontró la primera evidencia de la infección por fitoplasmas en tarragón (*Artemisa dracuncululus*), orégano (*Origanum vulgare*), tomillo (*Thymus vulgaris*), salvia (*Salvia officinalis*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) en El Pescadero y El Carrizal, Baja California Sur, , encontrando células de fitoplasmas con el tamaño aproximado de 500-1500 nm y se observaron en floema de todas las muestras estudiadas (Hernández-González *et al.*, 2011).

Cítricos: En Baja California Sur la producción de cítricos es de especial importancia, ya que la naranja, el limón, mandarina y toronja han crecido su superficie sostenidamente, en los últimos años este cultivo ocupa uno de los primeros lugares dentro de la actividad agrícola de esta región, tan sólo en el 2014 se sembraron 2,869.75 ha, con una derrama de \$143,903.80mdp (SIAP, 2016). Hasta el 2009, la zona gozaba de un status fitosanitario privilegiado, ya que no se había detectado el “dragón dorado o huanglongbing” (HLB), y aplicaba la norma emergente NOM EM 047-FITO-2009 (DOF, 2009), sin embargo, en agosto de 2011 se detectó en arboles de zonas urbanas y plantaciones comerciales de Los Cabos (SENASICA, 2016), por lo que se condujeron operativos de emergencia para el control de la plaga, con asperjaciones de Engeo®; en este contexto, investigadores llevado a cabo con el propósito de evaluar el impacto de dichas aplicaciones sobre las poblaciones del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama,) en esta zona citrícola, los resultados que obtuvieron indican que la diferencia de las medias de brotes con psílido árbol<sup>-1</sup> entre antes y después de la aspersion no fue significativa en ningún caso, y La diferencia de las medias de adultos árbol<sup>-1</sup>, entre antes y después de la aspersion, fue significativa solo en cuatro de las 33 colonias analizadas, lo cual sugiere un uso innecesario del insecticida (Loya-Ramírez *et al.*, 2013). Por otro lado, otra plaga de importancia en cítricos son los ácaros, por lo que un trabajó se realizó con la finalidad de identificar las especies de ácaros presentes en la región del Valle de Santo Domingo, B.C.S., por lo que se llevaron a cabo muestreos para contabilizar las poblaciones de ácaros presentes en huertas comerciales; los resultados de la investigación revelaron la presencia de tres especies de ácaros fitófagos: ácaro plano (*Brevipalpus lewisi* McGregor), ácaro texano (*Eutetranychus banksi*) y ácaro arador (*Phyllocoptruta oleivora*) (Loya-Ramírez, 2014).

## **2.6 Conclusiones y perspectivas.**

De acuerdo a la investigación realizada, cabe puntualizar que el algodón es uno de los cultivos con mayor superficie sembrada en Baja California y con mayor importancia social y económica, sin embargo, sigue su producción sigue siendo amenazada por enfermedades, principalmente de tipo fungoso, como lo son *Rhizoctonia*, *Phymatotrichopsis* y *Fusarium*; a su vez, a pesar del uso de materiales genéticamente resistentes del cultivo de algodón, existen plagas persistentes como la chinche lygus y el gusano rosado, por lo que es necesario buscar otras alternativas de manejo. Por otra parte, no obstante que la producción ganadera en Baja California se ha visto en aumento, y la demanda de forraje se ha incrementado, problemas de enfermedades fungosas siguen siendo el principal problema en el cultivo de alfalfa. Por otro lado, la producción de vid es muy importante en la región, ya que genera divisas directamente por el valor de producción, como por el turismo que genera en la zona de la Costa de Ensenada, sin embargo, no deja de estar amenazado por inconvenientes de tipo sanitario como la cenicilla polvorienta y la enfermedad de Pierce, así como las enfermedades del tronco de la vid, por esto, es necesario seguir estudiando métodos para su control, así mismo, es destacable que ya se encuentran establecidas investigaciones donde se evalúan alternativas de manejo amigables con el medio ambiente como el uso de cepas de *Trichoderma* para el control de las mismas; siguiendo esta premisa, es imperioso seguir en la búsqueda de alternativas de biocontrol, ya que los consumidores finales requieren estas garantías de inocuidad, y de la misma manera, dichas alternativas tendrán un gran impacto favorable en los agroecosistemas de la península. Por otra parte, la tendencia en la península, es un aumento en la producción de hortalizas, tanto para consumo nacional, como principalmente exportación, por lo que hay que continuar con el desarrollo de herramientas para el diagnóstico oportuno de los agentes causales de las enfermedades presentes en las mismas, para asegurar un buen control de éstas; las pruebas de PCR, la técnica de ELISA, entre otras herramientas biotecnológicas de diagnóstico cobran especial interés, debido al descubrimiento de la presencia de virus, tales como el TYLCV, ToChLPV, PepGMV-Tam, ToSLCV, IYSV y el TSWV, en los cultivos de hortalizas de la península de Baja California, por lo que es necesario identificar cuáles son los agentes causales que se tienen presentes para implementar planes de manejo preventivos. Por todo lo anterior, y debido a que la agricultura es una de las principales

actividades económicas de la península, es necesario seguir estudiando las plagas y enfermedades insidiosas en los cultivos agrícolas del estado, ya que es gran importancia lograr implementar métodos de manejo efectivos y duraderos, para asegurar los parámetros de rendimiento y calidad de las cosechas.

## 2.7 Literatura citada

Alvarado-Padilla JI, Camarillo-Pulido M y Ávila-Casilla E. 2012. Guía para producir trigo con labranza de conservación en los valles de Mexicali, B. C. y San Luis Rio Colorado, Son. Folleto para productores No. 58. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP. Mexicali, México. 29 p. Disponible en línea: [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4095/0102084200032448\\_CIRNO.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4095/0102084200032448_CIRNO.pdf?sequence=1)

Andrade-Cisneros E. 2012. Cien años del cultivo del algodón en Mexicali. El rio. 18:4-10. Disponible en línea: <http://cesu.uabc.mx/images/cesu/magazine/pdf/18-el-rio-imprimible.pdf>

Anguiano ME. 1995. Agricultura y migración en el Valle de Mexicali. El Colegio de la Frontera Norte. Tijuana, México. 149 p.

Armenta-López SE, Hernández-Martínez R y Valenzuela-Solano C. 2013. Presencia de razas fisiológicas 1 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en Ensenada B.C. Pp. 98-102. In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 781 p.

Avendaño-Ruíz B y Schwentesius-Rindermann R. 2005. Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: el caso del Valle de Mexicali, B. C., México. Problemas de desarrollo. 36(140):165-192. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11820092008>

Beltrán-Morales FA, Loya-Ramírez JG, Piña-Puente F, García-Hernández L, Beltrán-Morales LF y Agundez-Martínez VM. Estrategias para el manejo integrado del picudo de la palma *Rhynchophorus palmarum* (Linee), en el pacifico sur de la península de Baja

California, México. Pp. 99-103. *In: Memorias V Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 692 p.*

Camarillo-Pulido M, Guzmán-Ruíz SD, Martínez-Barreras A y López Lugo F. 2003. Guía para producir trigo con labranza mínima, cero y de conservación en el valle de Mexicali, B. C. Folleto para productores. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP. Mexicali, México. 19 p. Disponible en línea: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3747>

Cárdenas-Conejo Y, Arguello-Astorga G, Poghosyan A, Hernández-Gonzalez J, Lebsky V, Holguin-Peña J, Medina-Hernández D and Vega-Peña S. 2010. First report of Tomato yellow leaf curl virus co-infecting pepper with Tomato Chino La Paz virus in Baja California Sur, México. *Plant Disease*. 94(10): 1266-1266. DOI: 10.1094/PDIS-06-10-0444

Cariño M y Monteforte M. 2008. Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003. Instituto Nacional de Ecología. México. 780 p. Disponible en línea: [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=545](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=545)

Cariño M, Castorena L, Maya Y., Wurl J, Urciaga J y Breceda A. 2012. Transformación de los ecosistemas áridos para su uso agrícola en Baja California Sur, México. Un análisis desde la historia ambiental. *Historia Agraria*. 56:81-106. Disponible en línea: [http://www.historiaagraria.com/info\\_articulo.php?id=604](http://www.historiaagraria.com/info_articulo.php?id=604)

Ceceña-Durán C. 1998. Eficacia de entomopatógenos en diferentes momentos de aplicación para el control de mosca blanca (*Bemisia argentifolii*), Bellows y Perring, en algodónero en las condiciones del Valle de Mexicali. B. C. *In: Memorias I Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. pp. 42-45.*

Ceceña-Durán C. 1999. Comportamiento de las enfermedades en los cultivos agrícolas, en el Valle de Mexicali, B.C. *In: Memorias III Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. pp.26-29.*

Ceceña-Durán C, Méndez-Páramo P y Ruvalcaba-Sandoval P. 2000a. Efectividad biológica de *Verticillium* sp. y *Paecilomyces* sp., en aplicaciones vespertinas, sobre mosca blanca *Bermisia argentifolii* Bellows and Perring, en el cultivo del algodón en el Valle de Mexicali, B.C. Ciclo 1998 -99. pp. 235-238. *In: Memorias III Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 312 p.*

Ceceña-Durán C, Méndez-Páramo P, Ponce-Medina JF, Arizaga-Barajas B, Sánchez-Rangel P, Sandoval-Álvarez L, Núñez-Robles C y Gutiérrez-García F. 2000b. Determinación de los agentes causales de la secadera de plántulas (*Damping off*), y su control en el cultivo del algodón, en el Valle de Mexicali, B.C. Ciclos 1999 - 2000. pp. 240-246. *In: Memorias III Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 312 p.*

Ceceña-Durán C., Quintero-Meza M, Pulido-Herrera A, Moreno-Aguilar MA, Ponce-Medina JF y Méndez-Paramo P. 2002. Conducta poblacional de fitonematodos en trigo en el DDR-002. Baja California. Ciclo 2001-2002. pp. 248-254. *In: Memorias V Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 352 p.*

Ceceña-Durán C, Ponce-Medina JF, Méndez-Páramo P, Medina-Martínez R, Machain-Lillingston M, Cárdenas-Salazar VA, De la Cerda-López R y Grimaldo-Juárez O. 2003a. Comportamiento de las enfermedades fungosas en cultivos hortícolas, en el Valle de Mexicali, B.C. pp. 613-618. *In: Memorias VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 692 p.*

Ceceña-Durán C, Quintero-Meza MDJ, Machain-Lillingston M, Méndez-Páramo P, Ponce-Medina JF, Legaspi-Díaz F y Ruiz-Méndez A. 2003b. Poblaciones de fitonematodos en el cultivo de alfalfa, en el ddr-002. Baja California. pp. 607-612. *In: Memorias VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 692 p.*

Ceceña-Durán C, Cervantes-Díaz L, Núñez-Ramírez F, González-Mendoza D, Cárdenas-Salazar VA y Grimaldo-Juárez O. 2013a. Estrategias de control de la marchitez en alfalfa, en el distrito de desarrollo rural 002. pp. 598-601. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 781 p.*

Ceceña-Durán C, González-Mendoza D, Núñez-Ramírez F, Román-Calleros JF, Grimaldo-Juárez O, Ruiz-Alvarado C y Cárdenas-Salazar VA. 2013b. Control con feromonas del gusano alfiler *Keiferia lycopersicella*, en el cultivo de tomate. pp. 594-597. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 781 p.

Cervantes-Díaz L. y Bejarano AJ. 2010a. Análisis FODA para la sanidad vegetal e inocuidad hortícola en el Valle de Mexicali, Baja California. *In: Memorias de la Primera Reunión Nacional en Sanidad Vegetal e inocuidad en la Zona Noroeste: Retos y Perspectivas en el Sector Agrícola de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México. 50 p.

Cervantes-Díaz L, Moreno-Castro JV, Pulido-Herrera A, Ceceña Durán A, González-Mendoza D y Grimaldo-Juárez O. Evaluación de *Trichoderma* para el biocontrol de la pudrición radicular en cebolla (*Allium cepa* L.). 2010b. pp. 20. *In: Memorias I Simposium "Los microorganismos y su Potencial Biotecnológico para la Agricultura, Ambiente y Salud"*. 1ra. Reunión Noreste sobre "Recursos Genéticos Microbianos". 1ra. Reunión Regional sobre recursos genéticos microbianos: Nodo-Noreste, SUBNARGEM. 29 p.

Cervantes-Díaz L, Montejo-García J, Samaniego-Gámez BY, Ceceña-Durán C y Ordaz-Araujo A. 2011. Biocontrol *in vitro* con *Trichoderma* de *Fusarium subglutinans* y *Pyrenochaeta terrestris*. pp. 372-376. *In: Memorias XIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 680 p.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California. 2000. Informe Anual de Actividades. CESAVEBC. Baja California, México. 21 p.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 26 de febrero de 1988. Primera sección. Poder ejecutivo. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Acuerdo mediante el cual se declaran zonas libres de moscas de la fruta a todos los territorios de los municipios de los estados de Baja California, Baja California Sur,

Chihuahua y Sonora. Tomo DXXXIII(18). Disponible en línea:  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4867531&fecha=26/02/1998](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4867531&fecha=26/02/1998)

Diario Oficial de la Federación (DOF). 15 de diciembre de 1997. Primera sección. Poder ejecutivo. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Acuerdo por el que se declara al Valle de Mexicali como zona libre del carbón parcial del trigo (*Tilletia indica* Mitra). Tomo DXXXI(11). Disponible en línea:  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4903801&fecha=15/12/1997](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4903801&fecha=15/12/1997)

Diario Oficial de la Federación (DOF). 19 de abril de 2000. Primera sección. Poder ejecutivo. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. ACUERDO por el que se instrumenta el Dispositivo Nacional de Emergencia en los términos del artículo 46 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, con el objeto de confinar y erradicar los brotes de la mosca del olivo en el Estado de Baja California. Tomo DLIX(13). Disponible en línea: <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2000&month=04&day=19>

Diario Oficial de la Federación (DOF). 21 de septiembre de 2006. Primera sección. Poder ejecutivo. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Acuerdo por el que se declara zona libre de nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*) y nematodo agallador (*Meloidogyne chitwoodi*) al Estado de Baja California Sur. Tomo DCXXXVI(15). Disponible en línea:  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4932024&fecha=21/09/2006](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4932024&fecha=21/09/2006)

Diario Oficial de la Federación (DOF). 8 de julio de 2009. Primera sección. Poder ejecutivo. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-047-FITO-2009, por la que se establecen las acciones fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del Huanglongbing (HLB) de los cítricos (*Candidatus liberibacter* spp.) en el territorio nacional. Tomo DCLXX(7). Disponible en línea:  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5097925&fecha=08/07/2009](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5097925&fecha=08/07/2009)

Diario Oficial de la Federación (DOF). 15 de diciembre de 2014. Segunda sección. Poder ejecutivo. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Acuerdo por el que se declara como zona libre de picudo del algodonero (*Anthonomus grandis*) al Estado de Baja California; la región agroecológica de las colonias Menonitas de Las Bombas, Los Juncos y El Pueblito, Municipio de Aldama, la región agroecológica de las colonias Menonitas de Los Cienes, El Palomino y La Perla, Municipio de Camargo, la región agroecológica de la colonia Menonita Palmeras, Municipio de Julimes, los municipios de Coyame del Sotol y Ojinaga del Estado de Chihuahua; al Municipio de Sierra Mojada del Estado de Coahuila y a los municipios de Altar, Caborca, General Plutarco Elías Calles, Pitiquito y San Luis Río Colorado del Estado de Sonora. Tomo DCCXXXV(13). Disponible en línea: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5375913&fecha=15/12/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5375913&fecha=15/12/2014)

Díaz-Ortíz BE. 2000. Manejo de la escama negra del olivo en la costa de Ensenada., Campo Experimental Costa de Ensenada, INIFAP. Folleto para productores No. 21. Ensenada, México. 30 p.

Díaz-Ortíz BE. 2003a. Importancia y situación actual de la enfermedad de Pierce. pp. 16-23. *In: I Seminario Internacional de Vitivinicultura*. Ensenada, Baja California, México. 102p. Disponible en línea: <http://www.isa.utl.pt/riav/Pdf/Memoria%20del%20Seminario%202003.1.pdf>

Díaz-Ortíz BE. 2003b. Vectores de la enfermedad de Pierce. pp. 24-33. *In: I Seminario Internacional de Vitivinicultura*. Ensenada, Baja California, México. 102p. Disponible en línea: <http://www.isa.utl.pt/riav/Pdf/Memoria%20del%20Seminario%202003.2.pdf>

Fernández y Fernández R. 1934, Historia del Trigo en México. El trimestre Económico. Fondo de Cultura Económica. 1:429-444. Disponible en línea: [http://aleph.academica.mx/jspui/bitstream/56789/11782/1/DOCT2064729\\_ARTICULO\\_4-5.PDF](http://aleph.academica.mx/jspui/bitstream/56789/11782/1/DOCT2064729_ARTICULO_4-5.PDF)

Financiera Rural. 2008. La producción de hortalizas en México. Financiera nacional de desarrollo agropecuario, rural, forestal y pesquero. Dirección adjunta de fomento y

promoción de negocios.  
<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Hortalizas.pdf>  
(consulta, 6 de noviembre de 2014).

García-Hernández JL, Beltrán-Morales FA, Beltrán-Morales LF y Loya-Ramírez JG. 2002. El picudo de la palma (*Rhynchophorus palmarum*) una amenaza ecológica y económica para Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Publicación para la Transferencia y Divulgación No 10. La Paz, México. 37 p.

Garduño E. 1991. Voces y ecos de un desierto fértil. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México. 198 p.

Gobierno de Baja California. 2010. Actualización plan de desarrollo estatal Baja California 2008-2013. 256 p. Disponible en línea:  
[http://www.bajacalifornia.gob.mx/bcfiscal/2012/transparencia\\_fiscal/marco\\_programatico/ped/ped.htm](http://www.bajacalifornia.gob.mx/bcfiscal/2012/transparencia_fiscal/marco_programatico/ped/ped.htm)

González-Soto TE, González-Mendoza D, Saucedo-García H, Ceceña-Durán C y Grimaldo-Juarez O. 2014. Identificación y patogenicidad de *Fusarium* spp. en cultivo de algodón transgénico (*Gossypium herbaceum*) en el valle de Mexicali. pp. 389-393. In: Memorias XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 525 p.

Guevara-Lugo J. 1993. Enfermedades de la vid en la Costa de Ensenada. Campo Experimental Costa de Ensenada, INIFAP. Folleto Técnico. No. 4. Ensenada, México. 15 p.

Guevara-Lugo J. 1997. Occurrence of Pierce's disease (*Xylella fastidiosa*) in grape of the Guadalupe Valley, Baja California, Mexico. *Phytopathology*. 87(6S): S36.

Guevara-Lugo J. 2000. La Enfermedad de Pierce en el cultivo de la vid en la Costa de Ensenada, B.C. Folleto Técnico No 20. Campo Experimental de la Costa de Ensenada, INIFAP. Ensenada, México. 24 pp.

Guevara-Lugo J. 2002. Evaluación de un modelo de predicción para el control químico de cenicilla polvorienta de la vid en dos cultivares en los valles de Guadalupe y San Vicente, B.C. pp. 66-70. *In: Memorias V Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 352 p.

Hernández-González J, Hernández-Sumano J, García-España O, Lebsky V y Poghosyan A. 2011. Diagnóstico de fitoplasmas en las hierbas aromáticas en el estado de Baja California Sur. pp. 4. *In: Memorias II Simposium "Los microorganismos y su Potencial Biotecnológico para la Agricultura, Ambiente y Salud"*. 2da. Reunión Noreste sobre "Recursos Genéticos Microbianos". 2da Reunión Regional sobre recursos genéticos microbianos: Nodo-Noreste, SUBNARGEM. 22 p.

Hernández-Martínez R, López-Zambrano L, Plata-Caudillo JA y Valenzuela-Solano C. 2010. Efecto de *Trichoderma* spp. sobre hongos de la madera de vid. pp. 16. *In: Memorias I Simposium "Los microorganismos y su Potencial Biotecnológico para la Agricultura, Ambiente y Salud"*. 1ra. Reunión Noreste sobre "Recursos Genéticos Microbianos". 1ra. Reunión Regional sobre recursos genéticos microbianos: Nodo-Noreste, SUBNARGEM. 29 p.

Hernández-Vázquez B, Loza-Venegas E, Morales-Maza A, Payan-Ochoa S, Ávila-Casilla E y, Alvarado-Padilla JI. 2010a. Guía técnica para el área de influencia del campo experimental Valle de Mexicali. Guía técnica No. 1. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP. Mexicali, México. 150 p. Disponible en línea: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1674>

Holguín-Peña RJ and Arcos FG. 2005. First Report of Gray Mold Caused by *Botrytis cinerea* on Tomato in Baja California, México. *Plant Disease*. 89:528. DOI: 10.1094/PD-89-0528B

Hernández-Vázquez B, Guzmán-Ruiz SD y Valenzuela-Palafax JA. 2010b. Guía para producir trigo en los valles de Mexicali, B. C. y San Luis Rio Colorado, Son. Folleto para productores No. 57. Campo Experimental Valle de Mexicali INIFAP. Mexicali, México. 25

p. Disponible en línea: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Paquetes/Trigo2010.pdf>

Holguín-Peña RJ, Arguello-Astorga GR, Rivera-Bustamante R and Brown JK. 2006. A new strain of Tomato Chino La Paz virus associated with leaf curl disease of tomato in Baja California Sur, Mexico. *Plant Disease*. 90(7):973. DOI: 10.1094/PD-90-0973B

Holguín-Peña RJ, Hernández-Montiel LG y Latisnere-Barragán H. 2010. Identificación y Distribución Geográfica de *Bemisia tabaci* Gennadius y su Relación con Enfermedades Begomovirales en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de Baja California, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28(1):58-60. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61214206006>

Holguín-Peña RJ, Vázquez-Juárez R and Rivera-Bustamante RF. 2004a. Pepper Golden mosaic virus affecting tomatoes crops in the Baja California Peninsula, México, *Plant Disease*. 88(2):221. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.2.221A>

Holguín-Peña RJ, Vázquez-Juárez R, Mejía-Ruíz H, Garzón-Tiznado JA y Rivera-Bustamante RF. 2004b. Geminivirus en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y rango de hospedantes en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(1):107-116. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222114>

INEGI. 2012. Instituto nacional de geografía e informática Censo Agropecuario. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. <http://www.inegi.org.mx/> (consulta, 29 de junio de 2012).

Legaspi-Díaz F y Medina-Martínez R. 1998. Efectividad biológica de una formulación asperjable de feromona para controlar al gusano alfiler del tomate (*Keifferia lycopersicella*) en la Costa de Ensenada, B. C. México. *In: Memorias I Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. pp. 51-66.

Legaspi-Díaz F, Machain-Lillingston M, Domínguez-Patiño FDJ, Quiroz-Espinoza C y Carrasco-Peña JA. 2002. Pronostico demográfico de insectos depredadores del algodonoero

del Valle de Mexicali, B. C. 2002. pp 230-237. *In: Memorias III Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 352 p.*

Legaspi-Díaz F, Machain-Lillingston M, Carrasco-Peña JA, Quiroz-Espinoza C y Muñoz-Herrera E. Fluctuación poblacional de pulgón negro y otras plagas de La alfalfa del Valle de Mexicali, B. C. 2003. pp. 632-637. *In: Memorias VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 692 p.*

Ley-García J y Fimbres-Durazo NA. 2011. La expansión de la ciudad de Mexicali: una aproximación desde la visión de sus habitantes. *Región y sociedad. 23(52):209-238.* Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10221416007>

Loya-Ramírez JG y Toyos S. 2000. Identificación y parasitismo de una avispa parasitoide de huevecillos de chinche apestosa del tomate orgánico *Arvelius albopunctatus* (De Geer) en Los Cabos. *In: Memorias III Ciclo Académico Agropecuario. Universidad Autónoma de Baja California Sur. pp 106-109.*

Loya-Ramírez JG, Beltrán-Morales FA, Lucero-Pulido MDC y Toyos S. 2002. Evaluación de insecticidas orgánicos para control de chinche Apestosa *Arvelius albopunctatus* (Degeer) en la producción de tomate orgánico en Baja California Sur. Pp. 116-120. *In: Memorias V Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 692 p.*

Loya-Ramírez JG, Navejas-Jiménez J, Ruiz-Espinoza FH, Beltrán-Morales FA, Zamora-Salgado S y Cepeda-Palacios P. 2013. Control regional del psilido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Baja California Sur. pp. 535-539. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 781 p.*

Loya-Ramírez JG, Navejas-Jiménez J, Zárate-Lira PA, Beltrán-Morales FA, Ruiz-Espinoza FH y Reyes-Sánchez RG. 2014. Dinámica poblacional de ácaros en huerta de naranjos en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur pp. 643-648. *In: Memorias XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 1180 p.*

Machain-Lillingston M y Legaspi-Díaz F. 2000. Importancia de los Adultos y las Ninfas de Chinche Ligus en el algodónero del Valle de Mexicali, B. C. pp. 222-228. *In: Memorias III Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 312 p.*

Martínez-Carrillo JL, Pacheco JJ y Hernández A. 2002. Manejo integrado de plagas del algodónero en el sur de Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui, INIFAP. Folleto Técnico No. 46. Ciudad Obregón, México. 68 p. Disponible en línea: [http://jlmsonora.tripod.com/mip\\_folleto\\_tecnico\\_.pdf](http://jlmsonora.tripod.com/mip_folleto_tecnico_.pdf)

Medina-Martínez R, Legaspi Díaz F, Ceceña-Durán C, Ponce-Medina JF, Soto-Ortiz R, Medina-Gutiérrez JR, Velderrain-Figueroa AE, Araiza-Zúñiga D, Cárdenas-Salazar V, López-López A y Ruiz-Alvarado MC. 2008a. Fluctuación y control de plagas de mayor importancia económica en variedades Transgénicas y convencionales de algodónero, en el Valle De Mexicali, B.C. pp. 529-534. *In: Memorias XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 664 p.*

Medina-Martínez R, Ponce-Medina JF, Ceceña-Durán C, Soto-Ortiz R, Medina Gutiérrez JR Velderrain-Figueroa AE, Cruz-Villegas M, Araiza-Zúñiga D, Cárdenas-Salazar VA, Grimaldo-Juárez O, Legaspi-Díaz F, Ruiz-Alvarado MC y López-López A. 2008b. Fluctuación poblacional de plagas e insectos benéficos en alfalfa para producción de semillas en el Valle de Mexicali, B.C. pp. 535-538. *In: Memorias XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 664 p.*

Michaud R, Lehman WF and Rumbaugh MD. 1988. *In: Hanson, A. A. (ed). Alfalfa and alfalfa improvement. Madison, Wisconsin Agronomy monograph no. 29. ASA-CSSA-SSSA, Madison, USA. p 25-91. Disponible en línea: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/agronomymonogra/alfalfaandalfal/25?access=0&view=pdf>*

OEIDERUS. 2016. Oficinas Estatales de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.

Subdelegación Baja California. [http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/) (consulta, junio de 2016).

Ponce-Aguilar A. 2004. De la cueva pintada a la modernidad: Historia de Baja California. Biblioteca Loyola. Universidad Iberoamericana Campus Tijuana. 553 p.

Pulido-Herrera A, Moreno-Aguilar MA y Quintero-Meza MDJ. 1988. Evaluación del impacto de seis insecticidas sobre fauna benéfica en el control de chinche *Lygus* spp. en el valle de Mexicali. *In: Memorias Primer Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas.* México. Mexicali, Baja California, México. pp. 21-22.

Pulido-Herrera A, Moreno-Aguilar MA y Quintero-Meza MDJ. 2002. Distribución e incidencia de la “enfermedad de Pierce” *Xylella fastidiosa* en el estado de Baja California. Pp. 121-124. *In: Memorias V Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas.* Mexicali, Baja California, México. 352 p.

Pulido-Herrera A, Zavaleta-Mejía E, Cervantes-Díaz L, Grimaldo-Juárez O y Avilés-Marín SM. 2008. Incidencia, severidad e identificación del agente causal de la pudrición radical de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el Valle de la Trinidad, Baja California, México pp. 201-206. *In: Memorias XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas.* Mexicali, Baja California, México. 664 p.

Ramírez-Hernández J. 2006. Una visión de la problemática ambiental de Mexicali y su valle: elementos para su gestión. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México. 202 p.

Reyes-Catalán R. 1998. Control químico de la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*), y plagas del complejo de chupadores del algodnero, con diferentes mezclas de insecticidas. Valle de Mexicali, B. C. 1998. *In: Memorias I Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas.* Mexicali, Baja California, México. pp. 18-20.

Salazar-Huerta FJ. 1999. Evaluación de la efectividad biológica de Amistar 50WG (Azosystrobin) para el control del cáncer del tallo en jitomate (*Lycopersicon esculentum*

Mill) en el Valle de San Quintín, B. C. *In: Memorias II Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. pp. 28-32.

Samaniego MA. 2006. Breve historia de Baja California. Universidad Autónoma de Baja California-Editorial Porrúa. Mexicali, México. 248 p.

Samaniego-Gómez BY, Ordaz-Araujo A, Cervantes-Díaz L, Ceceña-Durán C, González-Mendoza D y Grimaldo-Juárez O. 2011. Cepas nativas de *Trichoderma harzianum* Rifai para el control de la pudrición vascular por *Fusarium oxysporum* Schlecht en pepino (*Cucumis sativum* L.). pp. 21 y 22. *In: Memorias II Simposium "Los microorganismos y su Potencial Biotecnológico para la Agricultura, Ambiente y Salud"*. 2da. Reunión Noreste sobre "Recursos Genéticos Microbianos". 2da Reunión Regional sobre recursos genéticos microbianos: Nodo-Noreste, SUBNARGEM. 22 p.

Samaniego-Gómez B, Cervantes-Díaz L, González-Mendoza D, Grimaldo-Juárez O, Ceceña-Durán C, Avendaño-Ruiz BD, Ochoa-Martínez DL. 2012. Presencia de virus fitopatógenos en especies de *Allium* de importancia hortícola en Baja California, México. pp. 345-350. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 1235 p.

Sánchez-Ogás Y. 1994. "Así ocurrió todo. El Asalto a las Tierras, en 1937". De por acá. 1:1-5.

Sánchez-Ogás Y. 2011. El reparto agrario en el Valle de Mexicali. Dhiré. México. 19 p.

Sánchez-Ramírez O. 1990. Crónica agrícola del valle de Mexicali. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México. 274 p.

SENASICA. 2016. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Campañas y Programas Fitosanitarios: Huanglongbing de los cítricos, Situación fitosanitaria actual. <http://senasica.gob.mx/?id=4608> (consulta, junio de 2016).

SIAP. 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (consulta, junio de 2016).

Torres-Bojórquez AI, Cervantes-Díaz L, Núñez-Ramírez F, Morales-Maza A. 2013. Detección de enfermedades virales en chile habanero y efecto de hierro sobre síntomas virales. pp. 561-565. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 781 p.

Valenzuela-Palafox JA, Guzmán-Ruíz SD y Camarillo-Pulido M. 2002. Humedad del grano y daño de elotero (*Heliothis zea*) en la expresión de aflatoxinas en maíz en el Valle de Mexicali. pp. 93-97. *In: Memorias V Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 352 p.

Velderrain-Figueroa AE y Legaspi-Díaz F. 1998. Preferencia de la mosquita blanca de la hoja plateada *bemisia argentifolii* (Belows and Perring) en cultivos, malezas y ornamentales del Valle de Mexicali. *In: Memorias I Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. pp. 26-41.

Walther-Meade A. 1996. El Valle de Mexicali. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México. 224 p.

## CAPITULO III

### CHILE HABANERO INFECTADO CON TOSPOVIRUS Y SU RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE HIERRO Y ACOLCHADO PLÁSTICO

#### 3.1 Resumen

De las enfermedades que afectan mayormente al cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se encuentran los tospovirus, de tal forma que puede llegar a reducir completamente su rendimiento. Durante el año 2012 y 2013, se realizó un experimento en dos etapas, la primera con una variedad de chile habanero infectada con tospovirus, la segunda etapa, se realizó con dos variedades de chile habanero (infectadas y no infectadas con tospovirus) y cubiertas con acolchados plásticos, con el objetivo, en ambas etapas, de evaluar el efecto de la aplicación de hierro en forma foliar en la incidencia del virus, severidad de síntomas y contenido de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y contenido relativo de clorofila (SPAD); y en la segunda etapa, el efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento, índice SPAD y  $\text{NO}_3$  en el extracto celular de peciolo (ECP). En la primera parte, los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques al azar con tres dosis de hierro con seis repeticiones, mientras que, en la segunda etapa del experimento, éstos se distribuyeron bajo un diseño factorial  $2 \times 2 \times 4$  (variedades, con o sin aplicación de hierro foliar, y colores de acolchado plástico). Los resultados del experimento uno, indicaron que no hubo diferencia significativa entre tratamientos respecto a la incidencia de los virus IYSV y TSWV y la severidad de los síntomas respecto a la aplicación de hierro foliar ( $P > 0.05$ ); de la misma manera, no hubo diferencia significativa en el contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila con respecto a los tratamientos de hierro foliar. En el experimento dos, los resultados obtenidos mostraron que la infección de la variedad y la aplicación de hierro foliar no afectaron el rendimiento ( $P > 0.05$ ), sin embargo, el tipo de acolchado plástico si lo modificó significativamente ( $P < 0.05$ ), incrementando el rendimiento de plantas con acolchado plástico transparente y plateado. El índice SPAD en hojas fue afectado significativamente ( $P < 0.05$ ) al inicio del experimento por los tratamientos variedad y aplicación de hierro foliar, mientras que a los 90 días después del trasplante (DDT) fue afectado por el acolchado, la variedad y aplicación de hierro ( $P < 0.005$ ), lo mismo que la interacción entre el acolchado y la aplicación de hierro ( $P < 0.02$ ). Por otro lado, las

concentraciones de NO<sub>3</sub> en ECP resultaron afectadas durante la mayor parte del tiempo en el experimento. Las mayores concentraciones de NO<sub>3</sub> en el ECP se presentaron en las plantas crecidas bajo acolchado plástico y plantas que no recibieron aplicación de hierro foliar.

**Palabras clave:** *Capsicum chinense*, chile, nitratos, clorofila.

### 3.2 Abstract

Tospoviruses are the diseases that mostly affect the cultivation of habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) with it is possibly reduce totally fruit yield. During 2012 and 2013, an experiment in two periods was conducted, the first period with one variety of habanero infected with tospovirus, the second period, used two varieties of habanero chili pepper plants (infected and un-infected with tospoviruses), with the objective, in both periods, of evaluate the effect of the spray of foliar iron in the viral incidence, severity of the symptoms and nitrate (NO<sub>3</sub>) and relative chlorophyll content (SPAD); also, in the second period, the effect of plastic mulch and foliar iron on fruit yield, SPAD index and NO<sub>3</sub> on the extract cellular of petiole (ECP). In the first period, the treatments were distributed in random blocks with three iron doses and six repetitions, meanwhile in the second period of the experiment, those were distributed under a factorial design (2 x 2 x 4: varieties, with or without application of foliar iron, and colors of plastic mulch). The results of the first period showed no significant difference between treatments and viral incidence and the severity of symptoms of IYSV and TSWV (P>0.05); same way, there was no significant difference in the nitrate and relative chlorophyll content and the treatments of foliar iron. In the second period, the results showed that infection of the variety and foliar application of iron did not affect performance (P>0.05), but with the type of plastic mulch was changed significantly (P <0.05), increasing the yield of plants with silver and clear plastic mulch. The SPAD index was affected significantly (P<0.05) beginning the experiment by the treatments of variety and application of foliar iron, while at 90 days after transplant (DAT) was affected by the mulch, variety and application iron (P <0.005), as well as the interaction between the mulch and the application of iron (P <0.02). Furthermore, NO<sub>3</sub> concentrations in ECP were affected during most of the time in the experiment. Highest concentrations of NO<sub>3</sub> in ECP were in plants grown under plastic mulch and plants that received foliar application of iron.

**Keywords:** *Capsicum chinense*, pepper, nitrates, chlorophyll.

### 3.3 Introducción

El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se produce tradicionalmente en las regiones tropicales del sur de México. El estado de Yucatán es el principal productor de habanero (SIAP, 2014). La producción estimada es de aproximadamente 8,632 toneladas al año, con un valor de \$140,825.25 mdp en el año 2014, con la generación de empleos de 3000 jornales (OEIDRUS, 2016; SIAP, 2016). El fruto del chile habanero puede ser consumido en fresco o procesado en la industria para la obtención de capsaicinoides, elaboración de salsas picantes, chile seco y en polvo, curtidos y conservas (Cisneros-Pineda *et al.*, 2007). Actualmente la demanda del fruto de chile habanero está en aumento gracias a la tendencia de promover la gastronomía mexicana, donde este fruto tiene representatividad nacional y su consumo se ha visto favorecido por el título de denominación de origen otorgado al chile habanero (DOF, 2010). La superficie de producción del habanero se ha ampliado a otras regiones con diferentes condiciones edafoclimáticas, tal es el caso del estado de Baja California, que a partir del año 2002 fue promovida la reconversión de cultivos, lo que favoreció la siembra del chile habanero (SIAP, 2016).

Por otra parte, de las diversas enfermedades que afectan al cultivo de chile habanero, se encuentran las de etiología viral, donde se reporta asociada la presencia de los géneros geminivirus y tospovirus (Garzón-Tiznado *et al.*, 2005; Cárdenas-Conejo *et al.*, 2010). El *iris yellow spot virus* (IYSV) y el *tomato spot wilt virus* (TSWV), pertenecientes al género Tospovirus, representan el principal problema fitopatológico al ocasionar pérdidas del 100% en el rendimiento (Pérez-Moreno *et al.*, 2004; Valdez-Bustos *et al.*, 2004). Esta reducción en el rendimiento se presenta por la incidencia de síntomas en los primeros estados fenológicos de las plantas, así como la severidad de los síntomas en las hojas ocasionada principalmente por la pérdida de clorofila (Ayanru y Sharma, 1982). La sintomatología ocasionada por la pérdida de clorofila está asociada a estrés biótico y puede ser indicador de estrés en la planta (Hendry and Price, 1993; Carter y Knapp, 2001); sin embargo, la clorosis es el principal síntoma asociado a la infección viral, que la disminución de la síntesis de clorofila o el aumento de la degradación de la misma (Bailiss, 1970; Balachandran *et al.*, 1997b; Almási *et al.*, 2000; Balachandran *et al.*, 1994, Hull, 2002).

Asimismo, se encuentra documentado el fenómeno de la disminución de fotosíntesis en el hospedante durante la infección viral, en la que se afecta la apertura estomática, los fotosistemas I y II e inhibición de la aclimatación a condiciones lumínicas extremas, el control estomático o mesofílico del suplemento de CO<sub>2</sub> y la actividad del ciclo de reducción del carbono en el hospedante (Osmond *et al.*, 1990; Balachandran y Osmond, 1994; Balachandran *et al.*, 1994; 1997b; Osmond *et al.*, 1998; Lohaus *et al.*, 2000; Rahoutei *et al.*, 2000; Sampol *et al.*, 2003). Asimismo, los virus en la fotosíntesis, afectan en las reacciones fotosintéticas primarias (Naidu *et al.*, 1984a y b; Goodman *et al.*, 1986; Reiner y Beachy, 1986 y 1989; Hodgson *et al.*, 1989; Gunasinghe y Berger, 1991; Banerjee *et al.*, 1995), el complejo de lisis/oxidación del agua (Rahoutei *et al.*, 1999 y 2000; Rahoutei 2000), el ciclo de Calvin y enzimas implicadas y la síntesis de almidón y transporte de fotoasimilados (Balachandran 1997a, Hull, 2002).

El tipo de nutrición de las plantas infectadas por virus ha demostrado tener un efecto en la expresión de síntomas producidos por estos patógenos (Kaplan y Bergman, 1985; Velasco, 1999). En el caso particular de TSWV se reportó relación entre el contenido de micronutrientes y la resistencia de la enfermedad por el hospedante, en el que destaca principalmente el contenido de hierro (González-Ríos, 1996; Quintero-Benítez, 2002). Estudios realizados reportan que la aplicación foliar de hierro disminuye la severidad de síntomas típicos de clorosis asociadas a enfermedades virales en plantas de chile habanero (Lozada-Cervantes *et al.*, 2005); también se menciona que las clorosis pueden estar asociadas a la nutrición y absorción de nitratos por la planta (Kosegarten *et al.*, 1998), o bien existe una relación entre el contenido de clorofila en la hoja y la concentración de nitrógeno presente en el hospedante (Peterson *et al.*, 1993).

El ambiente nutricional que provee la planta es crítico para los parásitos obligados como los virus. Los excesos o deficiencias de nutrimentos reducen el crecimiento vegetativo y pueden reducir la concentración viral en los tejidos. La suma de factores que interactúan entre el patógeno, hospedante, el medio ambiente y el tiempo, determina como una planta enferma es afectada por la nutrición (Huber, 1980; Velasco-Velasco *et al.*, 2001), así mismo, la multiplicación de los virus es exclusiva en células vivas, de tal forma que los

factores nutrimentales que influyen en el crecimiento de la planta hospedante también lo hacen en la multiplicación viral (Marschner, 1995).

Por otro lado, se señala que el uso de acolchados plásticos es una alternativa efectiva de manejo a virus, ya que disminuye las incidencias de insectos plaga, que pueden ser vectores o diseminadores potenciales de las enfermedades virales y mejora los rendimientos (Csizinski *et al.*, 1995). Recientemente, se han generado reportes sobre diversas enfermedades de tipo viral que han sido registradas en la península de Baja California, los cuales incluyen a los géneros tospovirus y geminivirus (Garzón-Tiznado *et al.*, 2005; Cárdenas-Conejo *et al.*, 2010); En el Valle de Mexicali en el año 2012 fueron observadas plantas de chile habanero con síntomas asociados a etiología viral, como son achaparramientos, clorosis, mosaicos, deformación de venas y hojas y deformaciones en fruto (Holguín-Peña *et al.*, 2004; Torres-Bojórquez *et al.*, 2013). Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de hierro foliar y el uso de acolchados en plantas de chile habanero infectadas con tospovirus y la respuesta en el crecimiento, clorofila y nitratos en el extracto celular de peciolo.

### **3.4 Materiales y métodos**

3.4.1 Experimento Uno. Se llevó a cabo en Mexicali, Baja California, en el periodo comprendido de febrero a abril del 2013. El cultivo de chile habanero fue establecido en invernadero comercial tipo israelí de 20,000 m<sup>2</sup> con tecnología media, cuyas temperaturas fluctuaron entre 6-30°C, 10-33°C y 12-35°C para los meses de febrero, marzo y abril, respectivamente; la variedad utilizada fue habanero “Naranja-Magnum”, sembrado el 11 de noviembre de 2012 en almácigos de 242 cavidades y fueron transplantadas el 4 de febrero de 2013 en macetas de 3.78 L de capacidad con sustrato peat moss y fibra de coco, con riego presurizado tipo espagueti en el que se aplicó la solución nutritiva “N 189 mg L<sup>-1</sup>, P 39 mg L<sup>-1</sup>, K 341 mg L<sup>-1</sup>, Mg 48 mg L<sup>-1</sup>, Fe 2 mg L<sup>-1</sup>, Mn 0.55 mg L<sup>-1</sup>, Zn 0.33 mg L<sup>-1</sup>, Cu 0.05 mg L<sup>-1</sup>, B 0.28 mg L<sup>-1</sup> y Mo 0.05 mg L<sup>-1</sup>” sugerida por Sunco, Ltd. (1990), pH de 5.6 y CE de 2.5. Posteriormente las plantas fueron sometidas a aplicaciones de hierro vía foliar quelatado a los 60, 75 y 90 días después del trasplante (ddt) en dosis de 0%, 0.25% y 0.50%. El experimento consistió de seis repeticiones con 39 plantas en total cada uno,

divididos en tres tratamientos, cada tratamiento consistió de 13 plantas con aplicaciones de hierro en las dosis anteriormente mencionadas, de las cuales, cuatro plantas fueron seleccionadas al azar para la evaluación de las variables. A los 15 días después de cada aplicación de hierro se tomaron muestras de hojas de los estratos alto, medio y bajo, para conformar una muestra compuesta de cada planta, lo anterior con la finalidad de evitar el sesgo ocasionado por la translocación de los virus a través de la planta (Srinivasan *et al.*, 2012), para determinar la presencia de enfermedades virales, el índice SPAD como indicador de clorofila relativa en hojas y la concentración de NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo.

#### 3.4.1.1 Detección de enfermedades virales, incidencia viral absoluta y severidad de los síntomas

De cada tratamiento, se seleccionaron cuatro plantas para detectar la presencia de enfermedades virales mediante la prueba inmunológica ELISA-DAS (Clarks y Adams, 1977), al inicio (14 de marzo de 2013) y al final del experimento (14 de mayo de 2013), usando un kit comercial con antisueros de fosfatasa alcalina (Agdia, INC) para los virus del Iris (IYSV) y Bronceado del Tomate (TSWV). La prueba se realizó siguiendo el protocolo sugerido por el fabricante. La incidencia viral se determinó utilizando como criterio el número de plantas infectadas entre el número total de plantas muestreadas (Lozada-Cervantes *et al.*, 2005). Adicionalmente se evaluó el grado de severidad de los síntomas asociados usando una escala visual cualitativa (Hernández-Verdugo, 2000) modificada a seis grados de severidad (Cuadro 1, Figura 1).

#### 3.4.1.2 Contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila

Quince días después de cada aplicación de hierro, se realizaron muestreos para determinar el contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila, tomando hojas maduras y expandidas de los estratos alto, medio y bajo, para conformar una muestra compuesta, lo anterior con la finalidad de evitar el sesgo ocasionado por la translocación de los virus a través de la planta (Srinivasan *et al.*, 2012). A las mismas hojas colectadas se les determinó el contenido relativo de clorofila, lo cual se realizó con la herramienta SPAD (Minolta® SPAD 502), luego de esto, se le retiró el peciolo para sustraer el extracto celular utilizando

una prensa manual de ajos para cuantificar el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo (Hochmuth, 1994) con un medidor de iones portátil (Cardy Nitrate Meter-HORIBA, Inc).

**Cuadro 1. Escala de severidad cualitativa modificada a seis grados.**

Escala de severidad en especies de <i>C. annuum</i>		Escala de severidad de enfermedad viral en chile habanero	
Grado	Síntoma	Grado	Síntoma
0	Ausencia de síntomas.	0	Ausencia de síntomas.
1	Ligera distorsión en hojas apicales y moteado en hojas expuestas a luz solar.	1	Distorsión atenuada de hojas apicales y moteado clorótico en hojas apicales.
2	Amarillamiento visible en zonas apicales de las hojas.	2	Visible clorosis y deformación en las hojas
3	Puntos amarillos aislados en la zona basal de la hoja que comienzan a formar redes.	3	Arrugas en hojas medias, visible deformación de bordes y acucharamiento.
4	Redes visibles de amarillamiento.	4	Distorsión total de la hoja, visible clorosis y notorio achaparramiento
5	Arrugas en la zona media de la hoja.	5	Muerte de la planta
6	Ligera curvación de hojas.		
7	Ligera distorsión y arrugamiento de la hoja.		
8	Distorsión de la hoja entera.		
9	Cantidad mayor de hojas infectadas que sanas, muerte de la planta.		

Escala propuesta por: William (1988).

Escala propuesta por: William (1988) modificada por Torres-Bojórquez *et al.* (2013)



**Figura 1. Escala visual cualitativa modificada. 1. Grado 0; 2. Grado 1; 3. Grado 2; 4. Grado 3; 5. Grado 4.**

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con tres tratamientos con seis repeticiones, cada repetición estuvo conformada por trece plantas. Los datos obtenidos fueron sometidos a correlación, análisis de varianza y regresión, y se analizaron con el programa estadístico Minitab© versión 13.

3.4.2 Experimento Dos. Se realizó en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California ubicada en el Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, en el periodo comprendido de marzo a mayo, en dicho lapso, las temperaturas registradas oscilaron entre los 22.3 °C a 48.6°C; se utilizó un invernadero de plástico de baja tecnología, sin control de temperatura y sin calefacción. Las plántulas de chile habanero Naranja-Magnum se sembraron en almácigos de la misma manera que en el experimento uno, siendo éstas trasplantadas el 8 de marzo de 2013 en camas de arena. Las camas de siembra se acondicionaron previamente mediante la adición de composta a base de gallinaza, mezclada con arena lavada en proporción 1:2. El riego se aplicó por cintilla utilizando la solución nutritiva que en el experimento uno (“N 189 mg L<sup>-1</sup>, P 39 mg L<sup>-1</sup>, K 341 mg L<sup>-1</sup>, Mg 48 mg L<sup>-1</sup>, Fe 2 mg L<sup>-1</sup>, Mn 0.55 mg L<sup>-1</sup>, Zn 0.33 mg L<sup>-1</sup>, Cu 0.05 mg L<sup>-1</sup>, B 0.28 mg L<sup>-1</sup> y Mo 0.05 mg L<sup>-1</sup>”). Los tratamientos fueron las aplicaciones de hierro foliar quelatado (15, 30, 45 y 60 ddt) en las mismas dosis que el experimento uno, así como también un tratamiento de acolchado plástico transparente y uno con suelo sin acolchar. El experimento tuvo seis repeticiones con 30 plantas, divididos en tres tratamientos, cada tratamiento fue de 10 plantas con las aplicaciones de hierro, de las cuales fueron seleccionadas al azar cuatro plantas para la evaluación de las variables de presencia de enfermedades virales, clorofila relativa en hojas y la concentración de NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo. 15 días después de cada aplicación de hierro se tomaron muestras compuestas siguiendo el procedimiento que en el experimento uno para la evaluación las variables.

3.4.2.1 Detección de enfermedades virales, incidencia viral absoluta y severidad de los síntomas

Se determinó al inicio (14 de marzo de 2013) y al final del ensayo (16 de mayo de 2013), la presencia de enfermedades virales mediante la prueba inmunológica ELISA-DAS y se

calculó la incidencia viral absoluta; por otro lado, se evaluó el grado de severidad de los síntomas observados usando la escala visual cualitativa modificada (Hernández-Verdugo, 2000).

#### 3.4.2.2 Contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila

Siguiendo el mismo procedimiento que en el experimento uno, se registró el contenido relativo de clorofila mediante lecturas SPAD y los datos de concentración de NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo.

#### 3.4.2.3 Rendimiento

Al final del experimento, se cuantificó en cada parcela por tratamiento el rendimiento de fruto y el follaje producido expresado en gramos por planta, y se calculó el índice de cosecha siendo éste la relación entre la cantidad de fruto producido y la cantidad de follaje de la planta.

El diseño experimental fue un diseño factorial 2 x 2 (dos dosis de hierro y dos acolchados). Los resultados se sometieron a correlación, análisis de varianza y regresión. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico Minitab© versión 13.

### **3.5 Resultados**

#### 3.5.1 Experimento uno

##### 3.5.1.2 Detección de enfermedades virales, incidencia viral absoluta y severidad de síntomas.

Los resultados de la prueba ELISA realizada al inicio de la investigación (15 DDT) revelaron que las plantas de habanero se encontraban infectadas con el Virus del iris (IYSV) y el Virus del bronceado del tomate (TSWV), pertenecientes al género Tospovirus. La incidencia viral inicial absoluta se registró en 33.3% para el caso del TSWV y el IYSV se presentó en un 22.2%; en cuanto a la incidencia viral absoluta final, se obtuvieron rangos de 27.7 y 5.5% para TSWV e IYSV respectivamente (Anexo 1). No se encontró diferencia significativa en cuanto a los tratamientos respecto a la incidencia de virus ( $p > 0.05$ ). En cuanto a los síntomas mostrados por las plantas, mediante la escala visual cualitativa fue

posible clasificar a las plantas de acuerdo a la severidad de los síntomas que presentaron, tanto al inicio como al final del estudio, los porcentajes cuantificados se muestran en el Cuadro 2. Al someter los datos obtenidos a su análisis estadístico, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos de hierro ( $p>0.05$ ), no obstante, cualitativamente se observó una reducción de síntomas en las plantas tratadas respecto a los testigos sin aplicación (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Porcentaje de plantas de acuerdo a la severidad.**

Severidad	Inicial (15ddt) <sup>z</sup>	Final (90ddt)
0	0	0
1	0	10
2	16.6	43.3
3	33.3	33.3
4	50	13.3
5	0	0

<sup>z</sup>Expresado en porcentaje (%). ddt= días después del trasplante

### 3.5.1.3 Contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila

Los resultados obtenidos en el análisis de correlación indicaron que no existe relación directa entre los tratamientos y el contenido de nitratos y contenido relativo de clorofila. De la misma forma, no hubo diferencia significativa para estas dos variables respecto a los tratamientos ( $p>0.05$ ). Cabe destacar que el contenido relativo de clorofila en las mediciones fue mayor en las plantas infectadas con tospovirus con aplicaciones de fierro al 0.5 y 0.25% que, respecto al testigo sin aplicación, a excepción de los 90 ddt, donde se obtuvo un contenido menor con la aplicación de 0.50% de fierro foliar (Cuadro 3). Referente al contenido de nitratos en extracto celular de peciolo, en las tres fechas de muestreo los mayores contenidos se registraron en el tratamiento de fierro al 0.50%, mientras que el tratamiento de fierro al 0.25% registro los valores más bajos en los muestreos 75 y 90 días después de la aplicación, 220.8 y 230.8 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en la tercera fecha de muestreo el menor valor se presentó en el testigo sin aplicación (248.3 mg L<sup>-1</sup>).



**Cuadro 3. Condición nutrimental expresada como índice SPAD y concentración de NO<sub>3</sub> en el extracto celular de pecíolo en plantas de chile habanero infectada con Tospovirus (Experimento 1: 2013-1).**

Hierro foliar (%)	SPAD (75ddt)	SPAD (90 ddt)	SPAD (110 ddt)	NO <sub>3</sub> (75 ddt)	NO <sub>3</sub> (90 ddt)	NO <sub>3</sub> (110 ddt)
0.00%	39.0(5.3)	39.0(5.3)	54.1(6.1)	241.7(43.5)	240.8(43.5)	248.3(29.1)
0.25%	40.6(13.5)	43.3(7.7)	53.2(8.9)	220.8(26.7)	230.8(26.7)	255.8(42.8)
0.50%	40.0(12.8)	34.9(15.9)	50.3(3.6)	260.8(44.0)	248.3(44.0)	278.3(45.4)
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R <sup>2</sup>	0.4	11.1	6.0	11.1	3.9	11.0

‡: Cada repetición constituye un grupo de trece plantas; NS=No significativa o significativa a  $P \leq 0.05$ . () = Desviación estándar.

### 3.5.2 Experimento dos.

#### 3.5.2.1 Detección de enfermedades virales e incidencia viral absoluta

Mediante la prueba ELISA-DAS, realizada al inicio y al final del experimento, se corroboró que las plantas de habanero se encontraban infectadas con los Tospovirus IYSV y TSWV. La incidencia viral inicial absoluta se registró en 48.8% para el caso del TSWV y el IYSV se presentó en un 27.5%; en cuanto a la incidencia viral absoluta final, se obtuvieron rangos de 10.3 y 20.6% para TSWV e IYSV respectivamente (Anexo 2); sin embargo, al someter los datos a análisis estadístico, no se encontró diferencia significativa en cuanto a los tratamientos de aplicaciones de hierro respecto a la incidencia de virus ( $p > 0.05$ ). En tanto, en este experimento no se pudo emplear la escala de severidad ya que las plantas se mantuvieron asintomáticas.

### 3.5.2.2 Contenido de relativo de clorofila y contenido de nitratos en extracto celular de peciolo

No hubo relación directa entre los tratamientos y el contenido de nitratos ni con contenido relativo de clorofila. Así mismo, el análisis de varianza reveló que, a los 30ddt, el efecto del acolchado transparente tuvo efecto directo en la cantidad de NO<sub>3</sub> en extracto celular de peciolo, dichos efectos cedieron hacia los 45ddt y se manifestaron nuevamente a los 60ddt (Cuadro 4); a su vez, en cuanto al índice SPAD, se encontró que, para este factor, el tratamiento de acolchado no fue de significancia, mientras que la aplicación de hierro foliar tuvo inferencia sobre este valor únicamente a los 60ddt (Cuadro 5).

**Cuadro 4. Análisis de varianza de la condición nutrimental expresada como concentración de NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo en plantas de chile habanero infectada con Tospovirus por efecto del acolchado plástico y aplicación de hierro foliar.**

Fuente de variación	NO <sub>3</sub> 15ddt	NO <sub>3</sub> 30ddt	NO <sub>3</sub> 45ddt	NO <sub>3</sub> 60ddt
Acolchado (A)	0.679NS	0.007*	0.660NS	0.170NS
Hierro foliar (H)	0.061NS	0.008*	0.595NS	0.010**
A x H	0.614NS	0.847NS	0.433NS	0.461NS
R <sup>2</sup>	0.40	0.68	0.20	0.59

<sup>‡</sup>: Cada repetición constituye un grupo de trece plantas; \*, \*\* Significancia a P<0.05 y P<0.01 respectivamente; NS = no significativa: P>0.05; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación. ddt = Días después del trasplante.

**Cuadro 5. Análisis de varianza de la condición nutrimental expresada como índice SPAD en el extracto celular de pecíolo en plantas de chile habanero infectada con Tospovirus por efecto del acolchado plástico y aplicación de hierro foliar.**

Fuente de variación	SPAD 15 ddt	SPAD 30 ddt	SPAD 45 ddt	SPAD 60 ddt
Acolchado (A)	0.185NS	0.575NS	0.137NS	0.883NS
Hierro foliar (H)	0.480NS	0.770NS	0.349NS	0.043*
A x H	0.690NS	0.222NS	0.762NS	0.814NS
R <sup>2</sup>	0.25	0.26	0.31	0.42

‡: Cada repetición constituye un grupo de trece plantas; \*, \*\* Significancia a P<0.05 y P<0.01 respectivamente; NS = no significante: P>0.05; ddt = Días después del trasplante.

### 3.5.2.3 Rendimiento

No se encontró diferencia significativa en la variable rendimiento respecto a los tratamientos de hierro foliar, sin embargo, como se observa en el Cuadro 6, se obtuvo mayores rendimientos en los tratamientos que contaban con acolchado plástico con relación al testigo sin acolchar. Por otro lado, en cuanto a los tratamientos de hierro, se encontró que en el caso de los tratamientos con acolchados, el tratamiento de 0.50% de hierro foliar presentó mayor cantidad de frutos, seguido por el tratamiento 0.25% y en último lugar el testigo sin aplicación de hierro; contrastando con esto, en los tratamientos sin acolchado plástico, el tratamiento de hierro foliar 0.50% tuvo un menor rendimiento respecto al testigo sin aplicación; sin embargo, en este caso, los tratamientos de hierro foliar tuvieron mayor producción de follaje que el testigo.

**Cuadro 6. Aplicación de hierro foliar y acolchado plástico en el rendimiento de chile habanero infectada con Tospovirus (Experimento 2: 2013-2).**

Tratamiento de acolchado plástico	Fierro Foliar (%)	Frutos	Follaje	Fruto+follaje	índice de cosecha
		g planta <sup>-1</sup>			
Acolchado plástico	0.00	237.01(165.0)	1744.05(452.0)	1981.11(330.4)	12.7(10.1)
	0.25	438.51(256.1)	1605.93(145.2)	2044.44(236.6)	20.8(11.2)
	0.50	441.58(173.6)	1358.17(805.0)	1799.75(902.0)	26.0(8.5)
Significancia		NS	NS	NS	NS
R <sup>2</sup>		0.07	0.01	0.01	0.20
Sin acolchado	0.00	149.33(77.6)	840.9(299.9)	990.25(222.2)	16.8(11.9)
	0.25	85.67(19.6)	1052.5(233.7)	1138.25(214.0)	7.9(3.2)
	0.50	84.50(49.6)	1041.7(106.5)	1126.25(56.9)	7.6(4.8)
Significancia		NS	NS	NS	NS
R <sup>2</sup>		0.13	0.03	0.01	0.13
Acolchado plástico vs sin acolchado		NS	*	**	NS

<sup>‡</sup>: Cada repetición constituye un grupo de trece plantas; \*, \*\* Significancia a P<0.05 y P<0.01 respectivamente; NS = no significante: P>0.05; () = Desviación estándar.

### 3.6 Discusión

#### 3.6.1 Experimento uno

Los resultados de la prueba ELISA realizada al inicio y al final de la investigación revelaron que las plantas de habanero se encontraban infectadas con el Virus del iris (IYSV) y el Virus del bronceado del tomate (TSWV), pertenecientes al género Tospovirus, esto coincide con lo encontrado por Samaniego-Gómez (2012), quien reportó por primera vez la presencia de estos virus en especies solanáceas y género *Allium* en la península de Baja California; por otra parte, los resultados de la incidencia inicial absoluta contrastan

con los obtenidos por Cervantes-Lozada *et al.* (2005), ya que ellos encontraron la menor incidencia viral a los cero días después del trasplante, mientras que en nuestro estudio, la incidencia fue mayor al inicio del experimento y disminuyó hacia el final del mismo.

Por otra parte, no hubo diferencia significativa para las variables contenido de nitratos respecto a los tratamientos de hierro foliar, lo que difiere con los obtenidos por Rodríguez-Mendoza *et al.* (1998) en la solanácea *Lycopersicon esculentum*, quienes reportan una correlación directa entre lecturas SPAD y contenido de nitrógeno en hojas respecto a la aplicación de micronutrientes; a su vez, coincide con lo reportado por Zambrano-Vaca (2011), quien encontró que no existe diferencia significativa en estas variables respecto a la aplicación de distintas fuente de fertilización en chile dulce (*Capsicum annuum*), atribuyéndole este efecto a que los requerimientos de la planta debían ser proporcionados en varias aplicaciones de nutrimentos en distintas etapas de desarrollo.

Referente al contenido relativo de clorofila, los resultados indican que no se encontró relación entre el contenido relativo de clorofila y las aplicaciones de hierro, pudiendo deberse a que la asimilación de hierro se ve influenciada por la presencia de otros cationes, y en el caso de  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Zn^{2+}$  (Lingle *et al.*, 1963). Sin embargo, los contenidos mayores de clorofila relativa se reportaron en los tratamientos asperjados con hierro foliar al 0.50%.

Además, mediante la escala visual cualitativa fue posible clasificar a las plantas de acuerdo a la severidad de los síntomas que presentaron tanto al inicio como al final del estudio. Al someter los datos obtenidos a su análisis estadístico, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos ( $p > 0.05$ ); estos resultados no permiten explicar el comportamiento observado en el experimento, donde hubo una visible mejoría respecto a los síntomas virales en los tratamientos con aplicaciones de fierro foliar, no obstante, de manera cualitativa, se presentó la reducción de síntomas en las plantas tratadas con fierro (Cuadro 6).

### 3.6.2 Experimento dos

Se corroboró la presencia de los tospovirus Virus del iris (IYSV) y el Virus del Bronceado del Tomate (TSWV), pertenecientes al género Tospovirus, mediante la prueba de ELISA-

DAS, realizada al inicio y al final del experimento. En este sentido, el resultado del cálculo del coeficiente de incidencia viral absoluta disminuyó hacia el final del experimento, pudiendo deberse esto, a las aplicaciones de hierro foliar. En distintos estudios se ha evaluado la aplicación de micronutrientes tal es el caso de Mg, Zn y Fe, para la reducción de la incidencia viral (Velasco-Velasco, 2000); esto concuerda con lo encontrado en el presente estudio, donde la incidencia viral disminuyó hacia el final del mismo. Por su parte, las plantas se mostraron asintomáticas durante el desarrollo del experimento, esto pudo haberse debido a que al tratarse de meses cálidos (marzo, abril y mayo) las condiciones ambientales no son óptimas para los virus, ya que se conoce que la temperatura es un papel fundamental para la expresión de síntomas en las plantas (Agrios, 2004).

Por otra parte, se conoce que los virus inhiben el proceso de fotosíntesis existen estudios que se centran en su efecto sobre las reacciones fotosintéticas primarias (Naidu *et al.*, 1984a y b; Goodman *et al.*, 1986; Hodgson *et al.*, 1989; Gunasinghe y Berger, 1991; Reinero y Beachy, 1986 y 1989; Banerjee *et al.*, 1995), el complejo de lisis/oxidación del agua (Rahoutei *et al.*, 1999 y 2000; Rahoutei 2000), el ciclo de Calvin y enzimas implicadas, la síntesis de almidón y el transporte de fotoasimilados (Balachandran 1997a, Hull, 2002), entre otros.

El caso particular del hierro, este en su forma celular está asociado con los cloroplastos, determinando el importante papel que este elemento desempeña en la fotosíntesis. El hierro es esencial para la síntesis de clorofila. Cuando se suministra a plantas hierro en diferentes concentraciones, se observa una correlación entre contenido de hierro y contenido de clorofila. De esta manera, la clorofila es un tetrapirrol, que contiene enzimas ferrosas, y el hierro del citocromo participa directamente en las reacciones de transferencia de electrones necesarias para realizar el proceso fotosintético, y cuando el hierro es deficiente, existe una reducción de la actividad de las enzimas catalasa, peroxidasa, citocromo oxidasa y citocromos (Price, 1968). De ahí que, al final de las aplicaciones de hierro foliar, se determinó un incremento del contenido relativo de clorofila (Cuadro 2), determinado en unidades SPAD, ya que la pérdida de clorofila está asociada a estrés biótico y ésta es un buen indicador de estrés en la planta (Hendry and Price, 1993). La reducción de los contenidos de clorofila en plantas infectadas con distintos virus ha sido reportada

recientemente por Sutha y Rajappan (1998), Mali y colaboradores (2000), Milavec y colaboradores (2001), Pineda y colaboradores (2008), Arora y colaboradores (2009) y Singh y Shukla (2009).

Sin embargo, otros estudios que se enfocan al efecto de las enfermedades virales de los géneros Potexvirus, Potyvirus y Tobamovirus sobre el contenido de nitrógeno en sus diversas formas asimilables en diferenciales de solanáceas, aseveran que algunas especies provocan un incremento o decremento en el contenido de  $\text{NO}_3$  y  $\text{NO}_4$ , y en el caso particular del virus mosaico del tomate y virus mosaico del tabaco, se provoca un incremento de los nitratos y una mayor expresión de síntomas virales (Huber, 1980; Velasco-Velasco, 2001; Sinha y Srivastava, 2010). Esto concuerda con lo encontrado en este estudio, donde la concentración de nitratos se incrementó en la segunda y tercera medición; sin embargo, en este experimento la concentración de  $\text{NO}_3$  disminuyó hacia el final del mismo (Cuadro 2), esto puede ser debido a que las temperaturas hacia finales de mayo se incrementan en la región, y ambientes excesivamente calientes provocan la desnaturalización de la enzima RuBP carboxilasa, encargada de fijar el  $\text{CO}_2$  atmosférico en el mesófilo de las hojas, con lo que la fotosíntesis disminuye o se nulifica. Por otra parte, otros estudios señalan que la infección viral provoca incrementos en las concentraciones de nitrógeno total en comparación de plantas sanas, lo que coincide con los resultados encontrados en la medición tres, donde los contenidos de  $\text{NO}_3$  fueron mayores que en las plantas infectadas sin tratamientos de hierro que en las plantas con tratamientos de hierro, atribuyéndose este fenómeno a que las plantas enfermas con virus tienen una mayor tasa de respiración lo que pudiera derivar en la acumulación de más aminoácidos que en las plantas sanas (Chakraborty, 1993; Selman y Grant, 2008; Szczepanski and Redolfi, 2008; Sinha y Srivastava, 2010).

Así pues, estudios recientes señalan que los acolchados plásticos tienen un efecto directo en la disminución de incidencia viral, expresión de síntomas en plantas enfermas, así como en el rendimiento (Stapleton and Summers, 2002; Summers *et al.*, 2005). Por otra parte, los fotosintatos pueden ser utilizados para crecimiento vegetativo, para la síntesis de reservas y para respiración. La proporción de fotosintatos dirigidos a cada uno de estos tópicos depende de la edad fisiológica y condición de la planta. En nuestro estudio, se encontró que

los acolchados plásticos fueron factor fundamental para obtener un mayor rendimiento en referencia de los tratamientos sin acolchar; por otra parte, se generó un mayor crecimiento vegetativo en los tratamientos sin acolchar, lo que indica que la planta dirigió sus fotosintatos a la producción de follaje, pudiendo deberse esto a que la presencia de virus crea una condición de estrés biótico obligando a la planta a generar mayor área fotosintética para contrarrestar los posibles efectos cloróticos que puedan provocarse en las hojas por la presencia de enfermedades virales.

### **3.7 Conclusiones**

Se recomienda el asperjado de hierro foliar como alternativa para la disminución de síntomas virales, que, aunque no se encontró diferencia estadística, si se observó una tendencia biológica a la disminución de los mismos.

De acuerdo a los resultados de este capítulo, el uso de acolchados plásticos como alternativa de manejo de enfermedades virales en chile habanero es recomendable, ya que los datos de esta investigación demostraron que se logran mayores rendimientos en referencia a las plantas de chile habanero sin acolchado plástico.

### **3.8 Literatura citada**

- Agrios GN 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Academic Press. New York, USA. 922p.
- Ayanru DKG and Sharma VC. 1982. Effects of Cassava mosaic disease on certain leaf parameters on fiel-grown Cassava clones. *Phytopathology*. 72(8):1057-1059. DOI: 10.1094/Phyto-72-1057
- Almási A, Apatini D, Bóka K, Bóddi D and Gáborjányi R. 2000. BSMV infection inhibits chlorophyll biosynthesis in barley plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 56: 227-33. DOI: 10.1006/pmpp.2000.0266
- Arora R, Joshi UN, Gupta PP and Singh JV. 2009. Effect of Yellow mosaic virus on pathogenesis related enzymes and chlorophyll content in mothbean (*Vigna aconitifolia*). *Acta Phytopathologica Entomologica Hungarica*, 44: 49-60. DOI: 10.1556/APhyt.44.2009.1.6

- Bailiss KW. 1970. Infection of cucumber cotyledons by cucumber mosaic virus and the participation of chlorophyllase in the development of the chlorotic lesions. *Annals of Botany*. 34: 647-55. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a084398
- Balachandran S and Osmond BC. 1994. Susceptibility of Tobacco Leaves to Photoinhibition following Infection with Two Strains of Tobacco Mosaic Virus under Different Light and nitrogen Nutrition Regimes. *Plant Physiology*. 104: 1051-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.104.3.1051>
- Balachandran S, Osmond CB and Daley FP. 1994. Diagnosis of the Earliest Strain-Specific Interactions between Tobacco Mosaic Virus and Chloroplasts of Tobacco Leaves in Vivo by Means of Chlorophyll Fluorescence Imaging. *Plant Physiology*. 104: 1059-65. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.104.3.1059>
- Balachandran S, Hull JR, Martins AR, Vaadia Y and Lucas JW. 1997a. Influence of environmental stress on biomass partitioning in transgenic tobacco plants expressing the movement protein of tobacco mosaic virus. *Plant Physiology*. 114: 475-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.114.2.475>
- Balachandran S, Hurry VM, Kelley SE, Osmond CB, Robinson SA, Rohozinski J, Seaton GGR and Sims DA. 1997b. Concepts of plant biotic stress. Some insights into the stress physiology of virus-infected plants, from the perspective of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*. 100(2): 203-13. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb04776.x
- Banerjee N, Wang JY and Zaitlin M. 1995. A single nucleotide change in the coat protein gene of tobacco mosaic virus is involved in the induction of severe chlorosis. *Virology*. 207: 234-39. DOI: 10.1006/viro.1995.1070
- Cardenas-Conejo Y, Arguello-Astorga G, Poghosyan A, Hernandez-Gonzalez J, Lebsky V, Holguin-Peña J, Medina-Hernandez D and Vega-Peña S. 2010. First Report of Tomato yellow leaf curl virus Co-infecting Pepper with Tomato chino La Paz virus in Baja California Sur, Mexico. *Plant Disease*. 94:1266. DOI: 10.1094/PDIS-06-10-0444
- Cisneros-Pineda O, Torres-Tapia LW, Gutiérrez-Pacheco LC, Contreras-Martín F, González-Estrada T, and Peraza-Sánchez SR. 2007. Capsaicinoids quantification in chili

peppers cultivated in the state of Yucatán, Mexico. *Food Chem.* 104: 1755-1760. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.076

Chakraborty S, Sinha A and Reddy BVB, 1995. Post infection changes in total nitrogen, total phosphorus and protein contents of cucurbit plants affected by cucumber mosaic viruses. *Adv. Plant Sci.* 8: 417-419.

Clark MF and Adams AN. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology.* 34:475-483. DOI: 10.1099/0022-1317-34-3-475

Costa P and Giacomelli GA. 2005. Ensuring success: Protected horticulture. Productivity based on levels of technology. The ABCs of greenhouse production technological considerations. *Productores de Hortalizas.* 14(2):48-53.

Csizinski AA, Schuster DJ and Kring JB. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120(5): 778-784. Disponible en línea: <http://journal.ashspublications.org/content/120/5/778.full.pdf>

Díaz FA. 1993. *Enfermedades infecciosas de los cultivos.* Editorial Trillas. México. 288p.  
Diario Oficial de la Federación (DOF). 4 de junio de 2010. Primera sección. Organismos desconcentrados o descentralizados. Instituto mexicano de la propiedad industrial. Declaratorio general de protección de la denominación de origen "chile habanero de la península de Yucatán". Tomo DCLXXXI(4). [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5145315&fecha=04/06/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5145315&fecha=04/06/2010)

Funayama-Noguchi S and Terashima I. 2006. Effects of Eupatorium yellow vein virus infection on photosynthetic rate, chlorophyll content and chloroplast structure in leaves of *Eupatorium makinoi* during leaf development. *Functional Plant Biol.* 33: 165-175. DOI: 10.1071/FP05172

Garzón-Tiznado JA, Celis-Aramburo TJ, Velarde-Félix S, Ceballos-Ruiz J, Pilar Barbosa-Jasso P, Reyes-Moreno C, Martínez-Carrillo JL, Sánchez-Peña P y Hernández-Verdugo S. 2005. Detección de virus fitopatógenos en la región Centro-Norte del Pacífico Mexicano.

Revista Mexicana de Fitopatología. 23: 226-233. Disponible en línea: <https://www.researchgate.net/publication/236679445>

Gill CK and Singh L. 2000. Biochemical changes in mungbean cultivar, ML-267 infected with Yellow mosaic virus. *Insect Environ.* 6: 86-87. DOI: 10.3923/ijv.2010.150.157

González-Ríos M. 1996. Efecto de niveles nutrimentales de las infecciones de los Virus Marchitez Manchada del Tomate y Jaspeado del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 pp. Disponible en línea: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BCPUE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001914>

Goodman RN, Király Z and Wood RK. 1986. Photosynthesis. Pp: 46-47. *In*: Goodman, Robert N. (ed). *The Biochemistry and Physiology of Plant Disease*. University of Missouri Press. Columbia, USA. 433 p.

Gunasinghe UB and Berger PH. 1991. Association of Potato Virus y Gene Products with Chloroplasts in Tobacco. *Molecular Plant - Microbe Interactions.* 4(5): 452-57. DOI: 10.1094/MPMI-4-452

Hendry GAF and Price AH. 1993. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. Pp: 148-152. *In*: Hendry, G.A.F. and Grime, J.P. (eds.). *Methods in Comparative Plant Ecology*. Chapman & Hall. London, UK. 252p. DOI: 10.1007/978-94-011-1494-3

Hernández-Verdugo S, Guevara-González RG, Rivera-Bustamante RF y Oyama K. 2000. Screening wild plants of *Capsicum annuum* for resistance to Pepper Huasteco Virus (PHV): Presence of viral DNA and differentiation among populations. *Euphytica.* 122(1):31-36. DOI: 10.1023/A:1012624830340

Hochmuth GJ. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology.* 4(3):218-222. <http://horttech.ashspublications.org/content/4/3/218.full.pdf>

Hodgson AJR, Beachy NR and Pakrasi BH. 1989. Selective inhibition of photosystem II spinach by tobacco mosaic virus: an effect of the viral coat protein. *FEBS Letters*. 245(1-2): 267-70. DOI:10.1016/0014-5793(89)80234-0

Holguín-Peña RJ, Vázquez-Juárez R, Mejía-Ruiz CH, Garzón-Tiznado JA y Rivera-Bustamante RF. 2004. Geminivirus en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(1):107-116. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222114>

Huber DM. 1980. The role of mineral nutrition in defense. Pp. 386-406. *In*: Horsfall, J.G. and Cowling, E.B. (eds.). *Plant disease, an advanced treatise*. Vol. 5. Academic Press. New York, USA. 534 p.

Hull R. 2002. *Matthews plant virology*. Fourth edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 1001 p.

Lingle JC, Tiffin LO and Brown JC. 1963. Iron Uptake-Transport of Soybeans as Influenced by Other Cations. *Plant Physiology*. 38(1): 71-76. DOI:10.1104/pp.38.1.71

Lohaus G, Heldt HW and Osmond CB. 2000. Infection with phloem limited abutilon mosaic virus causes localized carbohydrate accumulation in leaves of abutilon striatum: relationships to symptom development and effects on chlorophyll fluorescence quenching during photosynthetic induction. *Plant Biology*. 2(2): 161-67. DOI: 10.1055/s-2000-9461

Lozada-Cervantes DM, Tun Suárez JM, Cristóbal-Alejo J y Pérez-Gutierrez A. 2005. Acolchado negro y niveles de fierro para reducir la severidad de Geminivirus en chile habanero. *In*: *Memorias de I Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico*. 154 p. Disponible en línea: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5261626dcf57d7f57943d73d&asetKey=AS%3A272155051266048%401441898228464>

Mali PC, Burman U and Lodha S. 2000. Effect of planting dates and development of yellow mosaic virus on biochemical constituents of moth bean genotypes. *Indian Phytopathology*. 53(4):379-383. Disponible en línea: <http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IPPJ/article/viewFile/19345/9650>

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. London, UK. 889 p.

Milavec M, Ravnikar M and Kovac M. 2001. Peroxidases and photosynthetic pigments in susceptible potato infected with potato virus YNTN. *Plant Physiology and Biochemistry*. 39(10):891-898. DOI: 10.1016/S0981-9428(01)01303-1

MINITAB. 2000. Minitab statistical software v.13.32. Minitab Inc. State College. Pennsylvania, USA.

Minolta Camera Co. Ltd., 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions, Osaka, Minolta, p. 22.

Naidu RA, Krishnan M, Nayudu MV and Gnanam A. 1984b. Studies on peanut green mosaic virus infected peanut (*Arachis hypogaea* L.) leaves. II Chlorophyll-protein complexes and polypeptide composition of thylakoid membranes. *Physiological Plant Pathology*. 25(2):191-98. DOI:10.1016/0048-4059(84)90057-2

Naidu RA, Krishnan M, Ramanajam P, Gnanam A and Nayudu MV. 1984a. Studies on peanut green mosaic virus infected peanut (*Arachis hypogaea* L.) leaves. I. Photosynthesis and photochemical reactions. *Physiological Plant Pathology*. 25:181-190. DOI:10.1016/0048-4059(84)90056-0

Osmond BC, Daley FP, Badger RM and Lüttge U. 1998. Chlorophyll fluorescence quenching during photosynthetic induction in leaves of *Abutilon striatum* Dicks. Infected with Abutilon mosaic virus, observed with a Fiel-Portable imaging system. *Botanica Acta*. 111(5):390-397. DOI: 10.1111/j.1438-8677.1998.tb00724.x

Pérez-Moreno L, Rico-Jaramillo E, Sánchez Pale JR, Asencio- Ibáñez JT, Díaz-Plaza R y Rivera-Bustamante RF. 2004. Identificación de virus fitopatógenos en cultivos de importancia económica en el estado de Guanajuato, México *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(02):187-197. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/612/61222205.pdf>

Peterson TA, Blackmer TM, Francis DD and Scheppers JS. 1993. Using a chlorophyll meter to improve N management. A Nebguide in Soil Resource Management: D-13

fertility. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska. Lincoln, Nebraska, USA. File G93-1171. 7p. Disponible en línea: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2349&context=extensionhist>

Pineda M, Soukupova J, Matous K, Nedbal L and Baron M. 2008. Conventional and combinatorial chlorophyll fluorescence imaging of tobamovirus-infected plants. *Photosynthetica*. 46(3):441-451. DOI:10.1007/s11099-008-0076-y

Quintero-Benítez JA. 2002. Resistencia de *Lycopersicon esculentum* Mill. al virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 119 pp. Disponible en línea: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=COLPOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=031692>

Rahoutei J. 2000. Efecto de la infección viral en el proceso fotosintético de la planta huésped. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Rahoutei J, Garcia-Luque I and Barón M. 2000. Inhibition of photosynthesis by viral infection: Effect on PSII structure and function. *Physiologia Plantarum*. 110(2):286-92. DOI: 10.1034/j.1399-3054.2000.110220.x

Rahoutei J, Barón M, Garcia-Luque I, Droppa M, Neményi A and Horvath G. 1999. Effect of tobamovirus infection on the thermoluminescence characteristics of chloroplast from infected plants. *Zeitschrift für Naturforschung C*. 54(9-10):634-639. DOI: 10.1515/znc-1999-9-1004

Reinero A and Beachy NR. 1986. Association of TMV coat protein with chloroplast membranes in virus-infected leaves. *Plant Molecular Biology* 6(5):291-301. DOI: 10.1007/BF00034936.

Rodríguez-Mendoza, MN. 1997. Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Disponible en línea: <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=SUELOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=003482

Samaniego-Gómez BY, Cervantes-Díaz L, González-Mendoza D, Grimaldo-Juárez O, Ceceña-Durán C, Avendaño-Ruíz BD y Ochoa-Martínez DL. Presencia de virus fitopatógenos en especies de *Allium* de importancia hortícola en Baja California, México. pp. 345-350. En: Memorias XV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. 1235 p. Disponible en línea: [http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/26/2013/anuales/anu\\_820-25-2014-05-1.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/26/2013/anuales/anu_820-25-2014-05-1.pdf)

OEIDRUS. 2016. Oficinas Estatales de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Subdelegación Yucatán. <http://www.oeidrus-yucatan.gob.mx/> (consulta, junio de 2016).

Selman IW and Grant SA. 2008. Some effects of nitrogen supply on the infection of tomato plants with tomato spotted wilt virus. *Annals of Applied Biology*. 45(3):448-455. DOI: 10.1016/0048-4059(73)90061-1

SIAP. 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consulta, junio de 2016).

Singh V and K. Shukla K. 2009. Effect of PRSV infection on pigment content and assimilation of carbohydrate in *Carica papaya* L. *Annals of Plant Protection Sciences*. 17(1):152-156. DOI: 10.3923/ijv.2010.240.245

Sinha A and Srivastava M. 2010. Biochemical Changes in Mungbean Plants Infected by Mungbean yellow mosaic virus. *International Journal of Virology*. 6(3):170-157. DOI: 10.3923/ijv.2010.150.157

Srinivasan R, Sundaraj S, Pappu HR Diffie S, Riley DG and Gitaitis R. 2012. Transmission of Iris Yellow Spot Virus by *Frankliniella fusca* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Jornal of economic entomology*. 105(1):40-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EC11094>

Stapleton JJ and Summers CG. 2002. Reflective mulches for management of aphids and aphid-borne virus diseases in late-season cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*). *Crop protection*. 21(10):891-898. DOI:10.1016/S0261-2194(02)00055-8

Sutha RMK and Rajappan K. 1998. Tomato wilt virus infection on photosynthetic pigments in tomato. *Plant Disease Research*. 13: 138-140.

Sutula CL, Gillet JM, Morrisey SM and Ramsdell DC. 1986. Interpreting ELISA data and establishing the positive-negative threshold. *Plant Disease*. 70(8):722-726. DOI: 10.1094/PD-70-722

Summers CG, Mitchel JP and Stapleton JJ. 2005. Mulches reduce aphid-borne viruses and whiteflies in cantaloupe. *California agriculture*. 59(2):90-94. Disponible en línea: <https://ucanr.edu/repositoryfiles/ca5902p90-69188.pdf>

Szczepanski M and Redolfi P. 2008. Changes in the proteins of bean leaves infected with tobacco necrosis or Alfalfa mosaic viruses *Journal of Phytopathology*. 113(1):57-65. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1985.tb00826.x

Torres-Bojórquez AI, Cervantes-Díaz L, Núñez-Ramírez F, Morales-Maza A. 2013. Detección de enfermedades virales en chile habanero y efecto de hierro sobre síntomas virales. pp. 561-565. *In: Memorias XVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. 781 p.

Valdez-Bustos G, Torres-Pacheco I, Lugo-Rodríguez DM, R., Guevara-González R, Gonzáles-Chavira MM, Guzmán-Maldonado SH, Guevara-Guevara L y Paredes-Uribe R. 2004. La cantidad de virus y la etapa fenológica; influencia en algunas variables de respuesta en la interacción TEV-chile. *Primera Convención Mundial del Chile*. León, Guanajuato del 27 al 29 de junio de 2004. 168 p.

Velasco-Velasco VA. 2000. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra*. 17(3):193-200. Disponible en línea: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art193-207.pdf>

Velasco-Velasco VA, Alcantar-González G, Sanchez-García P, Estañol-Botello E, Zavaleta-Mejía E, Cárdenas-Soriano E, Rodríguez –Montessoro R y Martínez-Garza M. 2001. Efecto de N, P y K en plantas de chile jalapeño infectadas con el Virus Jaspeado Del Tabaco. Terra Latinoamericana. 2:117-125. Disponible en línea: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/2/art117-125.pdf>

Yadav SK. 2010. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. South African Journal of Botany. 76(2):167-179. DOI: 10.1016/j.sajb.2009.10.007

## CAPITULO IV

### UTILIZACIÓN DE ACOLCHADO PLÁSTICO Y APLICACIÓN DE HIERRO FOLIAR EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) INFECTADO CON VIRUS CULTIVADO EN MALLASOMBRA

#### 4.1 Resumen

La infección del cultivo chile habanero por efecto de los virus es uno de las principales limitantes en su sistema de producción. Se ha documentado que incrementar la tasa de crecimiento al inicio del cultivo, además de utilizar la nutrición con hierro aplicada en forma foliar, puede reducir la sintomatología provocada por los mismos y mantener los rendimientos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de hierro foliar y la utilización de cuatro colores de acolchados plásticos sobre el comportamiento de chile habanero infectado con virus producido en malla sombra. Se utilizaron dos dosis de hierro aplicado en forma foliar (0 y 0.5  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), dos variedades de chile habanero (infectada y no infectada con virus) y cuatro colores de acolchado plástico (desnudo, blanco, plateado y negro). Se midió el índice SPAD, concentración de nitratos en el extracto celular de hoja (ECH), el crecimiento y el rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que el acolchado plástico modificó significativamente ( $P \leq 0.01$ ) el índice SPAD solo al inicio y al final del estudio. Así mismo, durante el tiempo que duró el estudio la aplicación de hierro foliar afectó negativamente ( $P < 0.05$ ) la concentración de nitratos en ECH. El crecimiento resultó modificado por el empleo de acolchado plástico y por la variedad de chile habanero utilizada. Al final del estudio, la utilización de acolchado plástico plateado incrementó significativamente ( $P \leq 0.001$ ) el rendimiento debido al incremento en el número frutos, pero no por el peso de los mismos. El efecto de la variedad con virus no condicionó el rendimiento del cultivo.

**Palabras clave:** *Capsicum chinense*, plasticultura, rendimiento, malla sombra, nitratos, clorofila.

## 4.2 Abstract

One of the main constraints in the production of habanero chili pepper is the infection by virus. Recently has been documented that promoting the growth rate at the beginning of season crop, and using iron foliar nutrition, it is possible to reduce the symptoms caused by them and sustain yields. The objective of this research was to evaluate the effect of foliar application of iron and use of four colors of plastic mulch on the behavior of habanero chili pepper infected with viruses grown in shade-net. Two rates of foliar iron (0 and 0.5  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), two varieties of habanero chili pepper (infected and not infected with virus) and four colors of plastic mulch (bare, white, silver and black soil mulch) were evaluated. SPAD index, nitrate concentration in the cell extract of leaves (ECH), growth and crop yield was measured. Results showed that plastic mulching significantly ( $p \leq 0.01$ ) modifies the SPAD index only at the beginning and end of the study. Also during the season, foliar application of iron adversely affected ( $P < 0.05$ ) the concentration of nitrates in ECH. Growth was modified by the use of plastic mulch and the variety of habanero chili pepper. At the end of the study, the use of silver plastic mulch increased the yield significantly ( $p \leq 0.001$ ) due to the increase in the number, but not by the weight the fruits. The presence of virus on habanero variety no conditioned the crop yield.

**Keywords:** *Capsicum chinense*, *plasticulture*, yield, shade-net, chlorophyll, nitrates.

### 4.3 Introducción

La producción y exportación de hortalizas es una de las principales actividades económicas en Baja California, México. Recientemente se han realizado esfuerzos por parte del gobierno del estado para la diversificación de los cultivos producidos, lo que ha derivado en la introducción de distintas especies de hortalizas a las cultivadas tradicionalmente, siendo el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo malla-sombra, una alternativa de opción económicamente rentable (SIAP, 2016).

Actualmente, se han detectado enfermedades de tipo viral las cuales infectan los cultivos hortícolas producidos en la península de Baja California (Holguín-Peña *et al.*, 2004). Los virus, por su carácter infectivo, representan una de las amenazas de mayor importancia a los cultivos, produciendo pérdidas en los rendimientos de hasta el 100% (Valdez *et al.*, 2004; Pérez-Moreno *et al.*, 2004).

En la producción de cultivos bajo malla sombra la protección y el control de plagas puede realizarse de manera eficaz, dependiendo del calibre (relación entre el área abierta y el área total) y color de la malla (Ben-Yakir *et al.*, 2012). Algunas de las plagas excluidas con la utilización de mallas son: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Frankliniella occidentalis*) y pulgones (*Myzus persicae*). Adicionalmente se restringe el ciclo epidemiológico de enfermedades virales debido a la transmisión de los mismos insectos (Bell y Barker, 2000; Yehezkel, 2000; Hanafi, 2005).

Por otra parte, la utilización de acolchados plásticos en la agricultura protegida es un elemento auxiliar en el manejo integrado de plagas, debido a que interfieren con la visibilidad de los insectos y dependiendo del color, atraen o repelen a las plagas. Se ha identificado que los acolchados amarillos, plateados, blancos y transparentes son efectivos para reducir las poblaciones de mosca blanca (Orozco-Santos *et al.*, 1995; Csizinszky *et al.*, 1995; Hiljea *et al.*, 2001; Kummar y Poehling, 2006). También, los acolchados proveen beneficios al desarrollo radicular de la planta al modificar la temperatura y humedad del suelo acelerando el crecimiento, desarrollo y rendimiento, por lo que se consideran una opción para mejorar la producción de cultivos (Inzunza-Ibarra *et al.*, 2007; Gil-Marín *et al.*,

2012). Al modificar el ambiente en la zona radicular de la planta, es posible incrementar la eficiencia del uso del agua y, por lo tanto, la humedad relativa, haciendo posible reducir la aparición de enfermedades fúngicas y de tipo bacterianas (Lamont, 2005). Además, los acolchados crean el efecto de solarización, lo cual reduce la cantidad de inóculo de enfermedades disponible en el suelo (Stapleton y DeVay, 1986; Pinkerton *et al.*, 2000).

Otro beneficio de los acolchados, es que al disminuir o repeler las poblaciones de insectos plaga vectores de virus, se reduce la incidencia de dichas enfermedades (Csizinszky *et al.*, 1995; Hilje *et al.*, 2001). Greenough, Black y Bond (1990) encontraron que los acolchados plásticos en cultivos de solanáceas redujeron el número de trips presentes en el cultivo y la incidencia de virus del bronceado de tomate (TSWV) en comparación al suelo sin acolchar. Así mismo, se ha documentado que los acolchados plásticos retardan la infección con virus transmitidos por áfidos en calabaza zucchini y que, además, mejoran los rendimientos obtenidos que plantas sin acolchar (Summers *et al.*, 1995).

Existen estudios que indican que la nutrición de las plantas juega un papel fundamental ante la expresión de síntomas producidos por la infección de virus. Lo anterior se debe a que los virus son parásitos obligados y los excesos o deficiencias de nutrimentos reducen el crecimiento vegetativo afectando la concentración viral en los tejidos. Lo anterior podría justificarse debido a que el principal mecanismo asociado a pérdidas del rendimiento de las plantas por los virus, es el ataque a los sistemas fotosintéticos (Balachandran *et al.*, 1997). La infección viral provoca clorosis por la disminución de la síntesis de clorofila o la degradación de la misma, en este sentido, la clorosis representa un indicador de estrés biótico en la planta (Hendry y Price, 1993).

La clorosis presentada por las hojas en los cultivos es ocasionada por diversos factores, entre los que destaca la falta de funcionalidad del hierro en el tejido celular. Este mineral se encuentra confinado en los cloroplastos donde el proceso fotosintético toma lugar (Briat *et al.*, 2010). También, el hierro está ligado directamente al citocromo y algunas proteínas fundamentales para la fotosíntesis (filoquinina y ferredoxina) y toma parte directa en el transporte de electrones en el proceso fotosintético (Manrique-Reol, 2003; Zavala-Estrada *et al.*, 2011).

Estudios realizados en tomate infectado con virus indicaron que el hierro parece ser un factor limitante para la multiplicación de ciertos virus (Nandi y Raychaudhuri, 1966). Recientemente, Lozada-Cervantes y colaboradores (2005) encontraron que aplicaciones de hierro en forma foliar lograron disminuir síntomas típicos de clorosis en plantas de chile habanero infectadas con TSWV. Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de hierro foliar y la utilización de cuatro colores de acolchados plásticos sobre el comportamiento de chile habanero infectado con virus producido en malla sombra.

#### **4.4 Materiales y métodos**

El experimento se realizó bajo condiciones de malla sombra sobre una superficie de 400 m<sup>2</sup> ubicada en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Mexicali, Baja California, México (32°32'29.71" N, 115°24'51.71" O), durante los meses de marzo a julio de 2014. En este periodo las temperaturas dentro de la malla sombra fluctuaron entre los 26 y 46°C. Se cultivaron dos variedades de chile habanero: Sun Valley y Magnum, ambas de tipo naranja; las semillas de habanero fueron sometida a la prueba inmunológica ELISA-DAS (Clark y Adams, 1977) con la finalidad de detectar la presencia de virus, resultando únicamente positiva la variedad Magnum, para virus TSWV. Posteriormente, fueron sembradas en charolas en diciembre de 2013 y fueron trasplantadas dentro de la malla sombra el 28 de marzo de 2014. Al contar con seis hojas verdaderas, las plantas fueron sometidas nuevamente a la prueba de ELISA para corroborar la infección con virus. Solo la variedad Magnum resultó positiva a la presencia del virus del bronceado del tomate (TSWV) y de la mancha amarilla del iris (IYSV).

Se instaló un sistema de riego por goteo por cintilla mediante el cual se aplicó la fertilización, utilizando una solución nutritiva estándar (Morales-Maza *et al.*, 2011). Se emplearon tres acolchados plásticos de color (plata, blanco y negro) así como un tratamiento de suelo desnudo. Las plantas se trasplantaron sobre camas de arena separadas a 1.60 m y a doble hilera con una separación de 40 cm de espacio entre plantas y 20 cm entre hileras.

Los tratamientos utilizados fueron combinaciones de acolchado plástico, aspersión de hierro foliar y las dos variedades de chile habanero. Las aspersiones se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante (DDT) a dosis de 0 y 0.5  $\mu\text{g L}^{-1}$  de hierro. Se cuantificó el contenido relativo de clorofila en hoja. Esta variable se midió 15 días después de cada aplicación, en hojas maduras recientemente expandidas empleando la herramienta SPAD (Minolta® SPAD 502). Las hojas en las que se cuantificó el índice SPAD, se cosecharon y se les separó el peciolo de la lámina foliar. Mediante el uso de una prensa manual de ajos se obtuvo el extracto celular (ECH) para determinar el contenido de nitratos. La cuantificación se realizó mediante un medidor de iones portátil (Cardy Nitrate Meter-HORIBA, Inc).

A los 45 y 90 días después del trasplante (DDT), se midió la altura y el diámetro de tallo de las plantas. Al llegar las plantas a cosecha se realizaron dos cortes y se cuantificó el rendimiento en peso fresco expresado en gramos y el número de frutos por metro cuadrado. El diseño experimental empleado fue completamente al azar con un arreglo factorial 2x4x2, donde la parcela principal fueron las variedades, la sub-parcela los acolchados plásticos y la sub-sub-parcela la aplicación de hierro. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico MINITAB 14.0. Se realizó un análisis de varianza, regresión y comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

## **4.5 Resultados**

### **4.5.1 Índice SPAD**

El índice SPAD resultó afectado por el tratamiento acolchado plástico solamente a los 30 y 75 días después del trasplante, sin embargo, no se encontró efecto por las aplicaciones de hierro ni por la variedad utilizada, tampoco hubo significancia en la interacción entre los tratamientos (Cuadro 1).

A los 30 DDT se obtuvo un mayor índice SPAD en plantas cultivadas con el tratamiento de acolchado plástico plata (56.3 unidades SPAD) seguido por el plástico negro y blanco (54.9 y 52.0 unidades SPAD, respectivamente) y el menor índice SPAD se presentó con el testigo sin acolchar, con 51.6 unidades SPAD (Cuadro 2). A los 75 DDT, el comportamiento fue

similar, los mayores índices se encontraron en los tratamientos con acolchados, obteniendo el mayor índice el acolchado plata con 57.1 unidades SPAD, mientras que el menor índice SPAD lo presentó el testigo sin acolchar, con 51.1 unidades SPAD (Cuadro 2).

#### 4.5.2 Nitratos en Extracto celular de hoja

Los tratamientos de acolchado plástico no afectaron el contenido de nitratos en ECH en ninguna de las fechas evaluadas. Tampoco se identificó diferencia significativa en el contenido de nitratos en ECH entre las variedades durante los primeros tres muestreos, solo hasta los 75 DDT. Por su parte, la aplicación de hierro foliar afectó los contenidos de nitratos durante todas las fechas evaluadas (Cuadro 1).

A los 75 DDT La variedad Magnum presentó una concentración de nitratos en ECH de 2654 mg L<sup>-1</sup>, mientras que Sun Valley alcanzó los 2937 mg L<sup>-1</sup> (Cuadro 2). Por su parte, las plantas que recibieron la aplicación de hierro foliar mantuvieron menores concentraciones de nitratos en ECH que las plantas que no recibieron dicha aplicación. Los valores obtenidos en plantas sin aplicación estuvieron entre el 70 y 86% por encima de las que recibieron aplicación de 0.5 µg L<sup>-1</sup> hierro foliar.

**Cuadro 1. Análisis de varianza del índice SPAD en hoja y contenido de nitratos en ECH en el cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.**

Fuente	SPAD				NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )			
	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT
Acolchado (A)	0.010*	0.202	0.881	0.016	0.696	0.074	0.726	0.728
Variedad (V)	0.056	0.265	0.456	0.415	0.185	0.578	0.095	0.009
Hierro foliar (H)	0.111	0.852	0.227	0.144	0.002	<0.001	0.027	<0.001
A x V	0.881	0.203	0.392	0.739	0.806	0.312	0.764	0.840
A x H	0.523	0.086	0.240	0.083	0.819	0.402	0.806	0.093
V x H	0.604	0.658	0.647	0.739	0.099	0.496	0.318	0.009
A x V x H	0.565	0.384	0.218	0.211	0.623	0.422	0.976	0.232
C.V.	7.08	9.38	9.12	8.25	22.15	22.41	21.86	12.69

\* Significancias. DDT = Días después del trasplante

**Cuadro 2. Índice SPAD y concentración de nitratos en ECH en el cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.**

Acolchado	SPAD				NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )			
	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT
Sin acolchar	51.60 b	52.80	52.36	51.10 b	3037	2508	2787	2707
Blanco	52.02 b	51.08	53.52	53.26 ab	2835	2704	2979	2783
Plateado	56.38 a	55.35	52.65	57.15 a	2731	2658	2808	2825
Negro	54.95 ab	54.23	53.71	52.99 b	2850	3167	3029	2866
Significancia	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
<b>Variedad</b>								
Magnum	52.65	54.18	52.53	54.15	2739	2809	2743	2654 b
Sun Valley	54.82	52.55	53.59	53.10	2987	2709	3058	2937 a
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
<b>Hierro</b>								
Hierro foliar 0.0 µg L <sup>-1</sup>	54.82	53.23	53.92	54.58	3158 a	3246 a	3112 a	3258 a
Hierro foliar 0.5 µg L <sup>-1</sup>	52.84	53.50	52.20	52.67	2568 b	2272 b	2689 b	2333 b
Significancia	NS	NS	NS	NS	**	***	*	***

Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales. NS: no significativo; \*, \*\*, \*\*\*. Significancia a  $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$ , y  $P \leq 0.001$  respectivamente. DDT = días después del trasplante.

#### 4.5.3 Diámetro de tallo y altura

Se encontró diferencia significativa entre los diámetros del tallo en referencia al acolchado plástico en ambas fechas de muestreo (45 y 90 DDT). Sin embargo, la variedad y las aplicaciones de hierro foliar afectaron el comportamiento de esta variable únicamente a los 45 días después del trasplante (Cuadro 3). La altura por su parte, resultó afectada en ambas fechas por el acolchado plástico y la variedad. La aplicación de hierro, sólo la afectó a los 90 DDT.

A los 45 DDT, las plantas con acolchado blanco obtuvieron el menor diámetro del tallo con un valor de 3.7 mm, mientras que el resto de los tratamientos estuvieron entre los 3.9 y 4.2 mm (Cuadro 4). A los 90 DDT, el tratamiento acolchado blanco mantuvo el diámetro de tallo menor (10.6 mm) seguido por el tratamiento sin acolchar (11.4 mm), el acolchado negro (11.5 mm) y el acolchado plateado (12.1 mm). El efecto varietal, solo se marcó en el diámetro de tallo a los 45 DDT, siendo mayores los valores para Sun Valley con 4.3 mm y

Magnum con solo 3.7 mm. Lo mismo sucedió con la concentración de hierro en peciolo, encontrando los menores diámetros de tallo al realizar la aspersión foliar.

Por otra parte, el acolchado plástico con el que se expresó mayor altura en planta en ambos muestreos fue el plateado y el de menor altura fue el blanco; mientras que la variedad con mayor altura fue Sun Valley en las dos fechas de examinación, con 11.2 y 61.1 cm, respectivamente, y Magnum con 10.4 y 58.6 cm, respectivamente. Por su parte, los tratamientos de hierro solo influenciaron la altura de planta al final de experimento, y la mayor expresión se dio en los testigos sin aplicación, con 60.0 cm de altura (Cuadro 4).

**Cuadro 3. Análisis de varianza del diámetro de tallo y altura de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.**

Fuente	Diámetro del tallo		Altura	
	45 DDT	90 DDT	45 DDT	90 DDT
Acolchado (A)	0.001	0.003	<0.001	0.002
Variedad (V)	<0.001	0.817	<0.001	<0.001
Hierro foliar (H)	<0.001	0.634	0.514	0.043
A x V	0.007	0.085	0.211	0.048
A x H	0.005	0.900	0.218	0.537
V x H	<0.001	0.570	0.236	0.031
A x V x H	0.048	0.439	0.183	0.661
C.V.	7.41	8.12	1.82	5.73

\* Significancias; C.V. = Coeficiente de variación; DDT = Días después del trasplante.

**Cuadro 4. Diámetro de tallo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.**

Acolchado	Diámetro del tallo (mm)		Altura (cm)	
	45 DDT	90 DDT	45 DDT	90 DDT
Sin acolchar	3.9 ab	11.4 ab	10.7 ab	61.1 a
Blanco	3.7 b	10.6 b	10.3 b	58.0 c
Plateado	4.2 a	12.1 a	11.3 a	61.1 a
Negro	4.0 a	11.5 ab	10.8 ab	59.3 b
Significancia	**	**	***	**
<b>Variedad</b>				
Magnum	3.7 b	11.4	10.4 b	58.6 b
Sun Valley	4.3 a	11.4	11.2 a	61.1 a
Significancia	***	NS	***	***
<b>Hierro</b>				
Hierro foliar 0.0 $\mu\text{g L}^{-1}$	4.1 a	11.5	10.6	60.0
Hierro foliar 0.5 $\mu\text{g L}^{-1}$	3.8 b	11.4	11.0	59.8
Significancia	**	NS	NS	*

Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales. NS: no significativo; \*, \*\*, \*\*\*. Significancia a  $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$ , y  $P \leq 0.001$  respectivamente. DDT = días después del trasplante.

#### 4.5.4 Rendimiento de fruto

El acolchado plástico tuvo efecto en el rendimiento y número de los frutos, se encontró diferencia significativa en ambos cortes, así como también en la cosecha total (Cuadro 5). Sin embargo, el peso individual de cada fruto no se vio afectado por el acolchado. Por su parte, la variedad tuvo efecto sobre el rendimiento y número de fruto únicamente en el segundo corte, reflejándose también en el rendimiento total, no así en el peso individual de fruto. No obstante, los tratamientos asperjados con hierro foliar no mostraron diferencia significativa con respecto a esta variable.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento de fruto de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.**

Fuente	Cosecha 5 de Junio de 2014		Cosecha 9 de junio de 2014		Cosecha total		
	Rendimiento	Número de frutos m <sup>-2</sup>	Rendimiento	Número de frutos m <sup>-2</sup>	Rendimiento	Número de frutos m <sup>-2</sup>	Peso del fruto
Acolchado (A)	0.001*	<0.001	0.003	0.006	0.001	<0.001	0.650
Variedad (V)	0.084	0.319	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.186
Hierro foliar (H)	0.355	0.947	0.243	0.176	0.173	0.368	0.229
A x V	0.006	0.018	0.013	0.026	<0.001	<0.001	0.599
A x H	0.641	0.423	0.186	0.219	0.301	0.102	0.794
V x H	0.844	0.857	0.326	0.379	0.723	0.484	0.562
A x V x H	0.928	0.988	0.783	0.899	0.832	0.921	0.844
C.V.	30.71	31.47	27.06	28.44	21.70	20.48	9.95

\* Significancias; C.V. = Coeficiente de variación.

Así pues, durante el primer corte, el acolchado que mostró mayor peso y número de frutos fue el color plata (372.4 g m<sup>-2</sup> y 56.9 frutos m<sup>-2</sup>), mientras que, en el segundo corte, la mayor expresión se obtuvo con el acolchado blanco tanto en peso como número de fruto (259.3 g m<sup>-2</sup> y 43.9 frutos m<sup>-2</sup>). Durante ambos cortes, el acolchado negro fue uno de los tratamientos que obtuvo menor peso y número de frutos (209.4 g m<sup>-2</sup> y 31.0 frutos m<sup>-2</sup>, y 191.9 g m<sup>-2</sup> y 32.9 frutos m<sup>-2</sup>, respectivamente). Al evaluar el rendimiento total, se encontró que el testigo sin acolchar tuvo igual rendimiento y número de frutos que los acolchados blanco y plata, y superó al rendimiento total presentado por el acolchado plástico negro (Cuadro 6).

Por su parte, la variedad sólo afectó el rendimiento y número de fruto durante el segundo corte. Lo mismo sucedió al contabilizar el rendimiento y número de frutos totales. La variedad sobresaliente en esta variable fue Sun Valley. Para el caso del factor aplicación de hierro foliar no afectó ninguno de los parámetros de rendimiento evaluados.

**Cuadro 6. Rendimiento de fruto fresco de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.**

Acolchado	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha total		
	Rendimiento (g m <sup>2</sup> )	Número de frutos m <sup>2</sup>	Rendimiento (g m <sup>2</sup> )	Número de frutos m <sup>2</sup>	Rendimiento (g m <sup>2</sup> )	Número de frutos m <sup>2</sup>	Peso del fruto (g)
Sin acolchar	327.1 a	51.7 a	251.3 ab	42.6 a	578.4 a	94.3 a	6.1
Blanco	317.1 a	45.9 ab	259.3 a	43.9 a	576.4 a	89.8 a	6.4
Plateado	372.4 a	56.9 a	179.0 c	30.4 b	551.4 a	87.2 a	6.3
Negro	209.4 b	31.0 b	191.9 bc	32.9 ab	401.3 b	64.0 b	6.3
Significancia	**	**	*	*	**	***	NS
<b>Variedad</b>							
Magnum	282.3	44.2	171.2 b	29.1 b	453.5 b	73.4 b	6.2
Sun Valley	330.7	48.5	269.6 a	45.8 a	600.3 a	94.3 a	6.4
Significancia	NS	NS	**	**	***	***	NS
<b>Hierro</b>							
Hierro foliar 0.0 µg L <sup>-1</sup>	293.8	46.2	210.2	35.3	503.9	81.6	6.2
Hierro foliar 0.5 µg L <sup>-1</sup>	319.3	46.5	230.6	39.6	549.9	86.1	6.4
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales. NS: no significativo; \*, \*\*, \*\*\*. Significancia a P≤0.05, P≤0.01, y P≤0.001 respectivamente.

#### 4.6 Discusión

Uno de los síntomas visuales presentados por las plantas infectadas por virus es la clorosis foliar. Durante el tiempo que duró este estudio, no se apreció un efecto claro sobre la clorosis de las hojas. Solo el color de acolchado plástico plateado mostró un efecto significativo al incrementar en la intensidad de color verde en hojas al inicio y al final del estudio. Los resultados anteriores son consistentes con los obtenidos por Díaz-Pérez (2010), quien encontró que plantas de chile bell acolchadas con plástico plateado incrementaron el crecimiento y desarrollo de las plantas en relación a plantas acolchadas con plástico blanco o negro. La justificación encontrada por dicho autor fue que la luz reflejada por el acolchado plástico se encuentra asociada con las propiedades ópticas de transmisión, absorción y reflexión de luz de onda corta y onda larga.

Por otro lado, en la aplicación de hierro entre las variedades de chile habanero, ambas mantuvieron la misma intensidad de color verde, descartando la posibilidad de expresión temprana en hojas de los virus IYSV y TSWV. Al parecer, la condición para la expresión de síntomas en este tipo de virus generalmente es el aumento en la temperatura del

ambiente (Moury, Gebre, Marchoux, Daubéze, & Palloix, 1998), aunque también tiene que ver el tipo de plantas. Por ejemplo, en el cultivo de tabaco es más remarcable la aparición de los síntomas de clorosis que en plantas de tomatillo (Llamas-Llamas *et al.*, 1998).

Por su parte las concentraciones de nitratos en ECH, no resultaron afectadas por el acolchado plástico utilizado. Sin embargo, al final del estudio, la variedad Sun Valley mostró mayores concentraciones de nitratos. Lo anterior se podría explicar por la capacidad de absorción o acumulación de compuestos en el tejido foliar y la diferencia varietal que existe entre las plantas, siendo éste último el tercer factor de importancia en la acumulación de nitratos en plantas después de los factores ambientales y nutrimentales (Umar e Iqbal, 2006). Así mismo, el decremento de nitratos en ECH por la aplicación de hierro pudo haber sido el resultado del papel funcional que tiene este mineral al ser parte de la molécula de ferredoxina, la cual a su vez interviene en la reducción u oxidación de sustancias NADP+, compuestos oxigenados o nitrogenados (Srivastava *et al.*, 2013). Resultados similares fueron encontrados por Anchondo y colaboradores (2001), al nutrir plantas de chiles picosos con altas concentraciones de hierro en forma de EDDHA.

El vigor de la planta, expresado como diámetro del tallo y altura, fue resultado principal del acolchado plástico. Las plantas acolchadas con plástico color blanco, frecuentemente presentaron menor vigor que el resto de los tratamientos. Lo anterior no explicó relación alguna con el rendimiento obtenido por el cultivo tal como lo menciona Díaz-Pérez (2010) en su investigación. Estos resultados son contrarios a los encontrados por Ashrafuzzaman y colaboradores (2011), quienes señalan en su estudio que plantas de chile bell cultivadas con acolchado plástico, alcanzaron mayor altura, número de ramas, hojas y diámetro del tallo que las plantas no acolchadas.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios sobre la respuesta de los cultivos al acolchado plástico, referidos en la literatura, han sido realizados bajo condiciones de cielo abierto. Quedaría abierta la posibilidad de comparar la influencia del acolchado plástico sobre el crecimiento en plantas cultivadas bajo ambos ambientes de crecimiento (Khah *et al.*, 2006).

Al evaluar las variedades por separado, fue evidente que Sun Valle (plantas sin virus) presentó mayor altura que Magnum (plantas con virus), lo que a su vez en esta variedad favoreció el incremento en rendimiento y número de frutos, sobre todo durante la segunda cosecha y la cosecha total. Resultados similares han sido encontrados por Borges-Gómez y colaboradores (2012), cuando estudiaron la influencia de la nutrición mineral en plantas de chile habanero, inoculadas y no inoculadas con begamovirus. Al respecto, en la producción de chile bajo ambientes cálidos como los prevalecientes en la región de este estudio, es importante lograr un desarrollo temprano del cultivo antes de la cosecha de fruta con el fin de minimizar las pérdidas de rendimiento por efecto de aborto de flor o de frutos (Alon *et al.*, 2001).

#### **4.7 Conclusiones**

La aplicación de hierro foliar no mostró una clara respuesta a la disminución de síntomas producidos por los virus debido a que las variedades evaluadas no mostraron síntomas de clorosis en las hojas. Así mismo, influyó en la acumulación de nitratos en extracto celular de hoja, disminuyéndola; por su parte, en cuanto a diámetro de tallo y altura, sólo manifestó efecto a los 90 días después del trasplante. La aplicación de hierro no impactó en el rendimiento de fruto.

Los tratamientos acolchados tuvieron efecto en el índice SPAD, obteniéndose los mayores índices en los tratamientos acolchados en referencia al testigo sin acolchar; en contraste, los acolchados plásticos no afectaron el contenido de nitratos en ECH y diámetro de tallo; a su vez, afectaron negativamente en la expresión de la altura de planta, ya que se alcanzaron mayores alturas en los tratamientos sin acolchar, y de manera similar, el mayor rendimiento en cosecha total se obtuvo en los tratamientos sin acolchar, seguido muy de cerca por el acolchado blanco.

#### **4.8 Literatura citada**

Achondo JA, Wall MM, Gutschick VP and Smith DW. 2001. Pigment accumulation and micronutrient concentration of Iron-deficient chile peppers in hydroponics. Hortscience.

36(7):1206–1210. Disponible en línea:  
<http://hortsci.ashspublications.org/content/36/7/1206.full.pdf>

Aloni B, Peet M, Pharr M and Karni L. 2011. The effect of high temperature and high atmospheric CO<sub>2</sub> on carbohydrate changes in bell pepper (*Capsicum annuum*) pollen in relation to its germination. *Physiologia Plantarum*. 112(4):505-512. DOI: 10.1034/j.1399-3054.2001.1120407.x

Ashrafuzzaman M, Abdul-Halim M, Razi-Ismail M, Shahidullah SM and Alamgir-Hossain M. 2011. Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Braz. Arch. Biol. Technol.* 54(2):321-330. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132011000200014>

Balachandran S, Hurry V, Kelley SE, Osmond CB, Robinson SA, Rohozinski J, Seaton GGR and Sims DA. 1997. Concepts of plant biotic stress. Some insights into the stress physiology of virus-infected plants, from the perspective of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*. 100(2):203-13. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb04776.x

Bell ML and Baker JR. 2000. Comparison of greenhouse screening materials for excluding whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ. Entomol.* 93(3):800-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.800>

Ben-Yakir D, Antginus Y, Offir Y and Shahak Y. 2012. Colored shading nets impede insect invasion and decrease the incidences of insect-transmitted viral diseases in vegetable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 144(3):249-257. DOI: 10.1111/j.1570-7458.2012.01293.x

Borges-Gómez LC, Chale CV, Canul GD, Tun SJ, Reyes OV, Ruiz SE and Urrestarazu GM. 2012. Influence of mineral nutrition on the tolerance to begomovirus on 'habanero' peppers plants (*Capsicum chinense* Jacq.). *Acta Hortic.* 947:329-335. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.947.42

Briat JF, Duc C, Ravet K and Gaymard F. 2010. Ferritins and iron storage in plants. *Biochim Biophys Acta* 1800(8):806–814. DOI:10.1016/j.bbagen.2009.12.003

Clark MF and Adams AN. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* 34(3):475-483. DOI: 10.1099/0022-1317-34-3-475

Csizinski AA, Schuster DJ and Kring JB. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120(5):778-784. Disponible en línea: <http://journal.ashspublications.org/content/120/5/778.full.pdf>

Díaz-Pérez JC. 2010. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) grown on plastic film mulches: effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. *Hortscience*. 45(8):1196–1204. Disponible en línea: <http://hortsci.ashspublications.org/content/45/8/1196.full.pdf+html>

Gil-Marín JA, Montaña-Mata NJ and Plaza R. 2012. Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. *Bioagro*. 24(12):143-148. Disponible en línea: <http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v24n2/art09.pdf>

Greenough DR, Black LL and Bond WP. 1990. Aluminum-surfaced mulch: an approach to control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. *Plant Dis.* 74(10):805-808. Disponible en línea: [https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1990Articles/PlantDisease74n10\\_805.PDF](https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1990Articles/PlantDisease74n10_805.PDF)

Hanafi A. 2005. Invasive pests and diseases: a challenge to IPM in greenhouse crops. *Phytoparasitica*. 33(5):423-426. DOI: 10.1007/BF02981390

Hendry GAF and Price AH. 1993. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. *In:* Hendry G.A.F. & Grime, J.P. (Eds), *Methods in Comparative Plant Ecology*. Chapman & Hall, London. pp.148-152.

Hiljea L, Costab HS and Stansly PH. 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection*. 20(9):801–812 DOI:10.1016/S0261-2194(01)00112-0

Holguín-Peña RJ, Vázquez-Juárez R. and Rivera-Bustamante RF. 2004. Pepper Golden mosaic virus affecting tomatoes crops in the Baja California Península, México. *Plant Disease*. 88(2):221. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.2.221A>

Inzunza-Ibarra MA, Mendoza-Moreno SF, catalán-Valencia EA, Villa-Castorena MM, Sánchez-Cohen I y López-Román A. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Fitotecnia Mexicana*. 30(4):429-436. Disponible en línea: <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/30-4/10a.pdf>

Kumar P and Poehling M. 2006. UV-blocking plastic films and nets influence vectors and virus transmission on greenhouse tomatoes in the humid tropics. *Environ. Entomol.* 35(4):1069–1082. DOI:10.1603/0046-225X-35.4.1069

Khah EM, Kakava E, Mavromatis A, Chachalis D and Goulas C. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *Journal of Applied Horticulture*, 8(1):3-7 Disponible en línea: <http://horticultureresearch.net/pdf/Effect%20of%20grafting%20on%20growth%20and%20yield%20of%20tomato.pdf>

Lamont WL. 2005. Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology* 15(3):477-481. Disponible en línea: <http://horttech.ashspublications.org/content/15/3/477.full.pdf+html>

Llamas-Llamas ME, Zavaleta-Mejía E, González-Hernández VA, Cervantes-Díaz L, Santizo-Rincon JA and Ochoa-Martínez DL. 1998. Effect of temperature on symptom expression and accumulation of tomato spotted wilt virus in different host species. *Plant Pathology*. 47(3):341–347 DOI: 10.1046/j.1365-3059.1998.00249.x

Lozada-Cervantes DM, Tun Suárez JM, Cristóbal-Alejo J y Pérez-Gutierrez A. 2005. Acolchado negro y niveles de fierro para reducir la severidad de Geminivirus en chile habanero. *In: Memorias de I Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico*. Disponible en línea:

<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5261626dcf57d7f57943d73d&assetKey=AS%3A272155051266048%401441898228464>

Manrique-Reol E. 2003. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas*. 12(1):1-11. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54012108>

Morales-Maza A, Ávila-Casillas A, Hernández-Vázquez B, Payan-Ochoa P y Alvarado-Padilla JI. 2011. Producción intensiva de tomate en camas de arena en el Valle de Mexicali B.C. Desplegable para productores No. 35. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP. Mexicali, México. 2 p. Disponible en línea: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3317/ProduccionintensivadetomateencamasdearenaenelVallededeMexicaliBC.pdf?sequence=1>

Moury B, Gebre KS, Marchoux G, Daubéze A and Palloix A. 1998. High temperature effects on hypersensitive resistance to Tomato Spotted Wilt Tospovirus (TSWV) in pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *European Journal of Plant Pathology*. 104(5):489–498. DOI: 10.1023/A:1008618022144

Nandi P and Raychaudhuri SP. 1966. Effect of iron on the concentration of potato virus X in tomato. *American Potato Journal*. 43(1):6-9. Disponible en línea: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02860962>

Orozco-Santos M, Pérez-Zamora O and López-Arriaga O. 1995. Floating row cover and transparent mulch to reduce insect populations, virus diseases and increase yield in cantaloupe. *Florida Entomologist*. 78(3):493-501. Disponible en línea: <http://journals.fcla.edu/flaent/article/view/59152/56831>

Pérez-Moreno L, Rico-Jaramillo E, Sánchez-Palé JR, Asencio-Ibáñez JT, Díaz-Plaza R y Rivera-Bustamante RF. 2004. Identificación de virus fitopatógenos en cultivos de importancia económica en el estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(2):187-197. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/612/61222205.pdf>

Pinkerton JN, Ivors, KL, Miller ML and Moore LW. 2000. Effect of Soil Solarization and Cover Crops on Populations of Selected Soilborne Plant Pathogens in Western Oregon. *Plant Dis.* 84(9):952-960 DOI: 10.1094/PDIS.2000.84.9.952

Stapleton JJ and DeVay JE. 1986. Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop protection* 5(3):190-198. DOI:10.1016/0261-2194(86)90101-8

Summers CG, Stapleton JJ, Newton AS, Duncan RA and Hart D. 1995. Comparison of sprayable and film mulches in delaying the onset of aphid-transmitted virus diseases in Zucchini squash. *Plant Dis.* 79(11):1126-1131. Disponible en línea: [https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1995Articles/PlantDisease79n11\\_1126.pdf](https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1995Articles/PlantDisease79n11_1126.pdf)

SIAP. 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consulta, junio de 2016).

Srivastava AP, Hirasawa M, Bhalla M, Chung JS, Allen JP, Johnson MK, Rubio LM, Vaccaro B, Subramanian S, Flores E, Zabet-Moghaddam M, Stille K and Knaff DB. 2013. Roles of four conserved basic amino acids in a ferredoxin-dependent cyanobacterial nitrate reductase. *Biochemistry.* 52(25):4343-4353. DOI: 10.1021/bi400354n

Umar AS and Iqbal M. 2006. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 27(1):45-57. DOI: 10.1051/agro:2006021

Valdez-Bustos G, Torres-Pacheco I, Lugo-Rodríguez DM, R., Guevara-González R, Gonzáles-Chavira MM, Guzmán-Maldonado SH, Guevara-Guevara L y Paredes-Uribe R. 2004. La cantidad de virus y la etapa fenológica; influencia en algunas variables de respuesta en la interacción TEV-chile. Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato del 27 al 29 de junio de 2004. 168 p.

Wachira JM, Mshenga PM and Saidi M. 2014. Comparison of the profitability of small-scale greenhouse and open-field tomato production systems in Nakuru-North District, Kenya. *Asian J. Agric. Sci.* 6(2):54-61. Disponible en línea: <http://maxwellsci.com/print/ajas/v6-54-61.pdf>

Yehezkel A. 2000. Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research.* 71(1-2):213–220. DOI:10.1016/S0168-1702(00)00199-4

Zavala-Estrada F, Maldonado-Torres R, Sandoval-Villa M, Álvarez-Sánchez ME, Colinas-León MT y Ramírez-Vallejo P. 2011. Cambios morfológicos y fisiológicos en hojas de frijol tolerante y susceptible a deficiencia de hierro. *Terra Latinoamericana.* 29(3): 267-276. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57321283005.pdf>

**Anexo 1.** Resultados de la prueba ELISA para la detección de tospovirus en chile habanero, experimento uno.

Dosis de hierro	TSWV		IYSV	
	Absorbancias (nm)			
	ELISA Inicial	ELISA Final	ELISA Inicial	ELISA Final
0.50%	0.102	0.057	0.083	0.064
0.25%	0.083	0.055	0.093	0.065
0.00%	0.085	0.054	0.074	0.062
0.50%	0.093	0.057	0.069	0.063
0.25%	0.112	0.051	0.100	0.062
0.00%	0.072	0.056	0.070	0.069
0.50%	0.068	0.056	0.064	0.063
0.25%	0.073	0.055	0.065	0.058
0.00%	0.085	0.066	0.074	0.062
0.50%	0.070	0.057	0.076	0.068
0.25%	0.073	0.054	0.071	0.059
0.00%	0.063	0.053	0.095	0.057
0.50%	0.116	0.054	0.067	0.060
0.25%	0.104	0.060	0.070	0.069
0.00%	0.079	0.052	0.071	0.072
0.50%	0.063	0.059	0.074	0.065
0.25%	0.274	0.054	0.156	0.062
0.00%	0.113	0.056	0.065	0.061
<b>Criterio de detección</b>	<b>0.101</b>	<b>0.057</b>	<b>0.089</b>	<b>0.072</b>

<sup>‡</sup>Se consideran positivas las plantas con absorbancias mayores o iguales a las del criterio de detección.

**Anexo 2.** Resultados de la prueba ELISA para la detección de tospovirus en chile habanero, experimento dos.

Dosis de hierro	TSWV		IYSV	
	Absorbancias (nm)			
	ELISA Inicial	ELISA Final	ELISA Inicial	ELISA Final
0.50%	0.082	0.073	0.082	0.064
0.50%	0.101	0.079	0.101	0.075
0.25%	0.058	0.068	0.075	0.080
0.25%	0.086	0.077	0.086	0.069
0.00%	0.070	0.073	0.070	0.061
0.50%	0.062	0.072	0.062	0.064
0.50%	0.072	0.067	0.072	0.069
0.25%	0.083	0.066	0.083	0.068
0.25%	0.076	0.060	0.076	0.065
0.00%	0.086	0.072	0.086	0.082
0.50%	0.072	0.061	0.072	0.066
0.50%	0.077	0.075	0.077	0.076
0.25%	0.069	0.062	0.069	0.081
0.25%	0.070	0.059	0.070	0.070
0.00%	0.092	0.060	0.092	0.066
0.50%	0.074	0.080	0.074	0.071
0.50%	0.074	0.077	0.074	0.068
0.25%	0.080	0.062	0.080	0.065
0.25%	0.074	0.061	0.074	0.066
0.00%	0.071	0.082	0.071	0.069
0.50%	0.070	0.067	0.070	0.063
0.50%	0.067	0.062	0.067	0.062
0.25%	0.071	0.066	0.071	0.071
0.25%	0.067	0.081	0.067	0.086
0.00%	0.084	0.065	0.084	0.070
0.50%	0.071	0.061	0.071	0.068

0.50%	0.074	0.064	0.074	0.078
0.25%	0.072	0.061	0.072	0.067
0.25%	0.069	0.063	0.069	0.062
0.00%	0.070	0.062	0.070	0.066
<b>Criterio de detección</b>	<b>0.072</b>	<b>0.080</b>	<b>0.074</b>	<b>0.073</b>

<sup>†</sup>Se consideran positivas las plantas con absorbancias mayores o iguales a las del criterio de detección.