



9 786077 678694



Cultivo del chile en México

Zegbe Domínguez | Valdez Cepeda | Lara Herrera

Cultivo del **chile** en México

JORGE A. ZEGBE DOMÍNGUEZ
RICARDO DAVID VALDEZ CEPEDA
ALFREDO LARA HERRERA



Cultivo del **chile** en México

Tendencias de producción y
problemas fitosanitarios actuales

Cultivo del **chile** en México

Tendencias de producción y
problemas fitosanitarios actuales

JORGE A. ZEGBE DOMÍNGUEZ
RICARDO DAVID VALDEZ CEPEDA
ALFREDO LARA HERRERA



México, 2012

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,
se privilegia con el aval de la institución que la edita.

PRIMERA EDICIÓN 2012

© Jorge A. Zegbe Domínguez
Ricardo David Valdez Cepeda
Alfredo Lara Herrera

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
Coordinación de Investigación y Posgrado
Torre de Rectoría, tercer piso,
Campus UAZ Siglo XXI,
Carretera Zacatecas–Guadalajara km 6,
Ejido La Escondida, 98160, Zacatecas, México
uazproyectoeditorial@gmail.com

DERECHOS RESERVADOS CONFORME A LA LEY
ISBN 978–607–7678–69–4

COMITÉ TÉCNICO EDITORIAL
Jorge A. Zegbe Domínguez
Mario Domingo Amador Ramírez
Jaime Mena Covarrubias
Ricardo David Valdez Cepeda

CORRECCIÓN AL CUIDADO DE
Selene Carrillo Carlos
Georgia Aralú González Pérez

EDICIÓN AL CUIDADO DE
Georgia Aralú González Pérez
Israel David Piña García

DISEÑO DE PORTADA
Marco Triana Flores

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Durante la celebración del XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, efectuado en la ciudad de Zacatecas del 14 al 17 de agosto de 2007, tuvo lugar el simposio sobre el cultivo del chile «Tendencias de Producción y Problemas Fitosanitarios Actuales», con cuyas contribuciones se editó este libro.

Agradecemos el apoyo económico y el entusiasmo de las siguientes instituciones: Universidad Autónoma de Zacatecas, Fundación Produce Zacatecas A.C., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas y Comité Sistema–Producto Chile Zacatecas.

CONTENIDO

CAPÍTULO I | Importancia, diversidad genética y situación actual del cultivo del chile en México, 9

- Introducción, 11
- Variedades, 12
- Frutos Frescos, 13
- Chiles secos, 20
- Producción, 31
- Contribución a la dieta, 42
- Bibliografía, 44

CAPÍTULO II | Producción intensiva de chile manzano en invernadero y campo en México, 49

- Introducción, 51
- Producción en invernadero e hidroponía, 53
- Producción a campo abierto, 71
- Comparación técnica, financiera y comercial de producción en invernadero *versus* campo abierto, 77
- Bibliografía, 80

CAPÍTULO III | Concentración de capsaicinoides en chile manzano, 81

- Introducción, 83
- Manejo agronómico y evaluación de variedades, 84
- Discusión y conclusiones, 91
- Bibliografía, 93

CAPÍTULO III | Virus y fitoplasmas que afectan al cultivo del chile (*Capsicum annuum* L) en México, 95

- Introducción, 97
- Descubrimiento de los virus, 97
- Los virus en México, 99
- Bibliografía, 123

CAPÍTULO IV | Enfermedades emergentes en el cultivo
de chile en Aguascalientes y Zacatecas, 129

Introducción, 131

Virus del enrollamiento de las puntas del betabel (BCTV), 132

Marchitez manchada del jitomate, 143

Consideraciones finales, 145

Bibliografía, 146

CAPÍTULO V | Manejo integrado de plagas que atacan
al cultivo del chile en México, 149

Introducción, 151

Barrenillo del chile *Anthonomus eugenii*

Cano (Coleoptera: *Curculionidae*), 151

Insectos vectores, 159

Consideraciones finales, 177

Bibliografía, 178

Importancia, diversidad genética y situación
actual del cultivo del chile en México

Jorge A. Zegbe Domínguez
Jaime Mena Covarrubias
Ricardo David Valdez Cepeda
Mario Domingo Amador Ramírez
Gastón Esparza Frausto

INTRODUCCIÓN

El chile, *Capsicum annuum* y *C. frutescens*, junto con la papa (*Solanum tuberosum*), tomate (*Solanum lycopersicon*), tomate verde (*Physalis coztomatl*) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*), pertenece a la familia de las Solanáceas, a la subfamilia de la Solanoideae e incluye 3 mil 211 accesiones (Red de Trabajo e Información de Recursos Genéticos, GRIN por sus siglas en inglés, 2008). Esta planta es originaria de las regiones cálidas, templadas y frías de México (Ruiz *et al.*, 1977; Cásseres, 1980). Los descubrimientos arqueológicos han revelado que el cultivo del chile fue primero que el de jitomate y maíz. Junto con el aguacate (*Persea americana*), su domesticación data desde hace ocho mil años en Teotihuacan (Rojas, 1991).

Su consumo puede ser en fresco o seco y como verdura o condimento. Es un ingrediente indispensable en la cocina mexicana (se le ha llamado «el rey de la cocina mexicana») porque define, caracteriza y hace único el sabor de un platillo. Esta planta se cultiva y consume desde la época Prehispánica, en náhuatl era llamado *chili* o *tzilli*. Durante este tiempo los indígenas creían que los chiles tenían propiedades medicinales y nutritivas, en nuestros días los nutricionistas han confirmado dicha teoría. Los mayas nombraron así a una deidad cósmica que aludía a las características del chile, *Zak-Tzys*, de *Ak*, hierba y *Tzyr*, picante, «hierba picante». La dieta diaria de la sociedad prehispánica mexicana consistía, aparte del chile, en maíz y frijol (Ruiz *et al.*, 1977). De hecho, a lo largo de ese periodo se crearon recetas que hasta nuestros días son utilizadas, un ejemplo típico es el *molli* o mole.

A la llegada de los españoles se le bautizó como *aji*, *axi* (voz haitiana), pimienta, pimienta mexicana y pimienta de las Indias (Ruiz *et al.*, 1977; Cásseres, 1980). Las denominaciones fueron dadas por los conquistadores, quienes desconocían el fruto y relacionaban su sabor picante con el de la pimienta. Esta especie vegetal fue llevada de México al Viejo Continente y hoy es el condimento más común en el mundo en sus diversas variedades (picantes y dulces). Además no sólo es un ingrediente en la cocina, sino también un símbolo de identidad nacional. Se encuentra muy ligado a tradiciones y creencias de México, de ahí que se les prohibía a las mujeres entrar o acercarse a los chilares, puesto que se piensa que su presencia produce maleficios irreparables en los plantíos.

VARIETADES

En la época prehispánica se verifican términos en náhuatl para categorizar la gran variedad de chiles según su grado de picor como *cococ* (picantes), *cocopatic* (muy picantes) y *cocopalatic* (picantísimos). Todos los chiles son del género *Capsicum* de la familia de las Solanáceas. Los estudios taxonómicos coinciden en que son cinco las especies cultivadas: *Capsicum baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. annuum*, de ellas la que se señaló al final es la más importante.

El *C. annuum* agrupa la mayor diversidad, ya sean cultivados o silvestres. Destacan las siguientes variedades: guajillo o mirasol, piquín, de árbol, serrano, jalapeño, poblano y chilaca; los tres últimos, una vez secados, se denominan chipotle, ancho o mulato y pasilla, respectivamente. El cultivo de *C. annuum* se adapta a los distintos climas y tipos de suelo del país, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2 mil 500 m.

El chile habanero (*C. chinense*) y el manzano (*C. pubescens*) son originarios de Sudamérica, pero en nuestro país son muy conocidos, en especial en las regiones donde se cultivan: el habanero en Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Tabasco; el manzano, también identificado como ciruelo o perón, únicamente prospera en lugares altos que superen los 2 mil m sobre el nivel del mar, como en la Sierra de Puebla, Veracruz, Chiapas y algunas zonas de Michoacán. Aun y cuando GRIN (2008) ha indicado 3 mil 211 accesiones de chile, el número de variedades que se cultivan sólo en México es difícil de precisar. Sin embargo, se hará énfasis en aquellas más cultivadas, clasificadas como «dulces y picosos», y que son consumidas en fresco o seco.

Los chiles dulces frescos son en realidad menos picosos; por ejemplo, el poblano, aunque en ocasiones resulta tan picante como el jalapeño o serrano, éstos a su vez, pueden resultar no tan picantes. En conclusión, no hay una regla sobre el picor. El de la fruta depende en gran medida del clima (temperatura), radiación solar y cantidad de agua, entre otras actividades agronómicas que recibe durante el desarrollo del cultivo. Los frutos pequeños son más picosos que los grandes; de los frescos sobresalen el habanero y el manzano, les siguen jalapeño, serrano, chile de árbol, chile de agua y la chilaca. En un nivel moderado se ubican el poblano y el chile verde del norte; mientras que el fruto que no pica, e incluso tiene un sabor dulce, es el pimiento.

Entre los más picantes, cuyos frutos son consumidos secos, pueden mencionarse: chipotle, mora, morita, chile de árbol, pasilla y piquín; los menos picantes son mulato, guajillo, mirasol, chile seco del norte y el chilhuacle. Todos maduran en la planta; no obstante, el exceso de humedad es removido mediante su exposición al sol o de manera artificial en hornos construidos *ex profeso*. Los frutos secos cambian de nombre según la región de la que provienen o donde se cultivan.

FRUTOS FRESCOS

Chile chilaca

El fruto en fresco es de color verde negruzco, brillante, de forma alargada algo plana y retorcida, carnososo, picante y en ocasiones muy picante. Mide entre 15 y 23 cm de largo y de 2 a 4 cm de ancho (imagen 1). Cuando se seca, se pone negro y se le conoce como pasilla, la gran mayoría se deja secar. Se cultiva en los estados de Jalisco, Nayarit y Michoacán.

Es característico de la región centro del país, donde se elimina la epidermis antes de emplearlo en la cocina. En el Distrito Federal es consumido diariamente en diferentes platillos como rajas o picado inmerso en los guisos. En Michoacán lo llaman chile cuernillo o chile para deshebrar en rajas delgadas, para incluirlo en platillos regionales como la carne de puerco con uchepos (bolitas de masa tipo tamal) o en corundas.



Imagen 1. Chile chilaca.

Chile húngaro

Cuando está fresco presenta un color verde limón, brillante, tiene forma alargada y un tanto plana, algunas veces retorcido, picante y en ocasiones muy picante (4 mil a 5 mil °Scoville), mide entre 20 y 30 cm de largo (imagen 2). Es usado en salsas en combinación con otros chiles (como serrano y jalapeño), ajo, cebolla y tomate. Con estos ingredientes se cocinan salsas frías y tibias. Asimismo es empleado en platillos a base de carne blanca y roja; en reuniones en las que la carne asada es el principal platillo se rellena con queso y se cocina directo a la parrilla y sirve de complemento de la carne asada. De manera similar se sirve en un platillo tarasco, cuyo principal ingrediente es el huevo, llamado «minguichi» (Stephan, 2003).



Imagen 2. Chile húngaro.

Chile ancho o poblano

Es fresco, carnoso, de tamaño grande y forma cónica aplanada con algunas ondulaciones, verde oscuro con piel brillante, aunque algunas variedades pueden ser más claras. No es exactamente picoso, tiene sabor definido (mil 500 a 2 mil 500 °Scoville). El fruto mide 16 cm de largo por 6 cm de ancho (imagen 3). Se consume por igual en fresco que deshidratado, ya que el 50 por ciento de la producción es para el mercado en fresco (CONAPROCH, 2007). Es uno de los más populares en la cocina mexicana:

el fruto entero se rellena con distintos guisos, a este platillo se le conoce como chiles rellenos.



Imagen 3. Chile ancho o poblano.

Chile güero

Chile *X-Cat-Ik* (significa chile güero en maya) o chile de la península de Yucatán. Es de color amarillo pálido, delgado, puntiagudo, de forma cónica alargada y poco ondulado. Mide alrededor de 11 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho (imagen 4). Es moderadamente picoso o muy picoso; se consume en fresco, asado, entero, sin pelar. Es un ingrediente importante de conservas de mariscos en escabeche, pero también se utiliza en guisos de aves (pavo o pollo). Como parte de la evolución culinaria de la península yucateca, en la actualidad se rellena con cochinita pibil, cazón, entre otros. Se sirve capeado, frío o caliente.



Imagen 4. Chile güero.

Chile jalapeño

Fruto fresco, color verde oscuro, de forma cónica alargada, a veces puntiagudo o chato, carnoso con piel brillante. Mide en promedio 6 cm de largo y 2.5 cm de ancho (imagen 5). Se considera picoso o muy picoso. Se cultiva en diferentes regiones del país. Es empleado como fruto verde, crudo o cocido. Por su picor, se prepara en diferentes salsas verdes, salsas de jitomate o salsas de mesa. El nombre de chile jalapeño es el más común, porque antiguamente se cultivaba en Jalapa, Veracruz, desde donde se comercializaba a otras partes del país.

En la ciudad de México se le conoce como chile cuaresmeño porque sólo en la época de cuaresma era consumido. Existen algunas variedades regionales del nombre: chile gordo; chile papaloapan (variedad del jalapeño chico que crece cerca de Papaloapan, ambos en Veracruz); se le conoce de igual manera como chile alegría, fruto con forma típica del jalapeño grande y muy picoso, tan picoso que, de modo coloquial, se dice que causa alegría, pues el consumidor brinca por su picor. El jalapeño más grande mide unos 12 cm de largo y unos 4 cm de ancho, es de color rojo y presenta rayas que parecen escamas de pez, similares a las del guachinango; se encuentra en Chihuahua, Oaxaca y Puebla. Cuando llega a su estado de maduración toma un color rojo intenso y se utiliza indistintamente como el verde.



Imagen 5. Chile jalapeño.

Chile serrano

Picoso, de tamaño pequeño y color verde si está inmaduro y rojo al llegar a su madurez. Es de forma cilíndrica cuyo ápice termina en punta lisa. En promedio mide de 3 a 5 cm de largo y un centímetro de diámetro (imagen 6). Su cáscara es tersa y brillante, nunca opaca o arrugada, en general se consume inmaduro. Llamado también chile verde, adquiere su nombre por el lugar de cultivo de origen las sierras de los estados de Puebla, Hidalgo y México. Cuando en las recetas de cocina no especifican o sólo mencionan al chile verde, se trata sin duda del serrano. Se consume crudo, cocido, asado o frito. Un gran porcentaje se enlata en diversas presentaciones como escabeche, encurtidos, rajas, etcétera.



Imagen 6. Chile serrano.

Chile pimienta morrón

Fresco, brillante y carnoso, de colores verde oscuro, rojo, anaranjado y amarillo (imagen 7). En promedio mide 10.5 cm de largo y 8.5 cm de diámetro. Fue el primer chile mexicano que se cultivó en la región de Castilla en España y luego en otras partes de Europa. Es llamado pimienta o pimienta morrón. Es fácil de encontrar en los mercados populares y aunque se vende muy bien, cabe mencionar que en la comida mexicana tradicional su uso es limitado en comparación con el resto de los chiles. Por ejemplo, se prepara en ensaladas, asados, arroz, con platillos de cordero, cerdo, huevos o tortilla (ER, 2000).



Imagen 7. Chile pimiento.

Chile habanero

Clásico de la comida yucateca, su color es verde claro y cuando madura pasa de amarillo a anaranjado. Su textura es suave y su forma recuerda una linternita; mide aproximadamente 4 cm de largo y 3 cm de ancho (imagen 8). Es el fruto más picoso de todos (200 mil a 350 mil °Scoville). La mayoría de las personas lo consumen en la etapa de color verde o amarillo. No se usa seco, se come en fresco, crudo, asado o cocido. En ocasiones sólo se rompen un poco y se pasan por alguna salsa para que suelten su picor. Es originario de la zona del Caribe, pero se desconoce el por qué se le llama habanero, pues al parecer no es oriundo de La Habana, Cuba.

Décadas atrás sólo se ingería en los estados de la península de Yucatán, en Tabasco, Chiapas y Veracruz; en la actualidad se halla en todo el país. Por su calidad, color, sabor, superficie cultivada y número de productores beneficiados, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial ha otorgado la denominación de origen al chile habanero producido en Yucatán (Boffil, 2008).



Imagen 8. Chile habanero.

Chile manzano

Carnoso, bulboso con forma cónica, piel brillante de color amarillo intenso; mide en promedio unos 5 cm de largo y 3 cm en su parte más ancha (imagen 9). Es muy picante, similar al chile habanero, ambos clasificados como los frutos más picosos en el país y en el mundo (350 mil a 580 mil °Scoville). En Oaxaca, Michoacán y Veracruz se conoce como chile canario (por su color amarillo), chile perón y chile cera, respectivamente. En términos de color del fruto, están aquellos que son verdes pero maduran en tonos de amarillo, y los que son verdes pero maduran en color rojo; sin embargo, los primeros son los más picosos.



Imagen 9. Chile manzano.

CHILES SECOS

Término genérico que describe un gran número de tipos de chiles secados de manera natural o artificial (deshidratado). Una vez secos se emplean en la cocina mexicana (ancho, mulato, guajillo, entre otros). Algunos, además de secos, son ahumados como chile chipotle (jalapeño), mora y morita.

Chile ancho

Este fruto en fresco se denomina chile poblano. Una vez seco adquiere un color café rojizo, mide en promedio 12 cm de largo y 7 cm en la parte más ancha. Tiene forma triangular, la epidermis es de textura rugosa y brillante, es flexible al tacto y nunca tieso (imagen 10). Al remojar se adquiere un tono ladrillo y es el encargado de impregnar un color rojizo a la mayoría de los guisos. No se debe confundir con el mulato, que es más oscuro y grande. Para distinguirlos se deben cortar longitudinalmente y orientar un trozo a contra luz: el ancho se ve color rojo vital, mientras que el mulato es café. Debido al amplio uso que tiene en la cocina mexicana se le conoce como chile para guisar, porque se prepara en salsas para platillos de cualquier tipo de carne, se colorean caldos y sopas. Con este chile se cocinan un sin número de moles, adobos y salsas picantes.



Imagen 10. Chile ancho cultivado en Zacatecas.

Chile cascabel

Se le llama así porque cuando se agita sus semillas suenan como un cascabel de víbora (imagen 11). Es seco, de forma redonda, casi esférico, color café rojizo, mide en promedio unos 3 cm de diámetro, tiene la cáscara tersa y dura, moderadamente picante, de sabor agradable, algo anuezado; se emplea en guisos, adobos, sopas y salsas condimentadas. El chile catarina se le parece.



Imagen 11. Chile cascabel.

Chile chilcostle

Chilcostle proviene del náhuatl *chilli*, chile y *coztic*, amarillo, chile amarillo. Su color es rojo oscuro, de piel delgada y sabor picante. Mide entre 12 y 15 cm de largo y aproximadamente 3 cm de ancho. Es un chile regional de Oaxaca que se cultiva en el área de Cañada Chica, difícil de encontrar dentro del mismo estado, y por lo tanto no se comercializa fuera de él. Es usado como saborizante de moles, guisos y tamales.

Chile chilhuacle

Su nombre proviene del náhuatl y significa chile viejo. Bajo ese término se conoce a tres chiles secos de diferentes colores: el chilhuacle negro, rojo y amarillo. Se cultiva en la región de Cañada Chica, Oaxaca, es escaso, caro y difícil de conseguir. Al secarse mantiene su forma original y no se arruga como otros; su cáscara es tersa.

Por su tonalidad cada uno es protagonista en diferentes tipos de moles. El chile chilhuacle negro es de cáscara negra, mate, con forma voluminosa que asemeja a un chile pimiento morrón en miniatura. En promedio mide 7 cm de diámetro, 8 cm de largo y es moderadamente picante. El aroma y sabor es afrutado, parecido al tabaco, ciruela pasa y chocolate amargo. Es el más caro de los tres, aunque es más fácil de encontrar. Ocho chiles pesan en promedio 100 g. Por su color, es un fruto muy importante para la preparación del mole negro de Oaxaca.

El color del chile chilhuacle es amarillo cercano al naranja, mide 6 cm de diámetro en su parte más ancha y unos 9 cm de largo. Es el más escaso de los tres e indispensable en el mole amarillo de Oaxaca. Respecto al rojo, mide de 6 a 9 cm de largo y 6 cm de diámetro, de un tono rojo oscuro negruzco, de forma muy similar al chilhuacle amarillo. No es tan picante y se emplea en varios tipos de moles oaxaqueños.

Chile chipotle

Es el nombre asignado al chile jalapeño deshidratado y ahumado que proviene del náhuatl *chilli*, chile, y *poctli*, humo, chile ahumado (imagen 12). Es de color café oscuro, textura arrugada y está considerado entre los más picosos de todos los chiles para consumo en seco. En promedio, mide 6 cm de largo y 2.5 cm de ancho. La técnica de ahumado data de la época Prehispánica. Con él se preparan salsas picantes y guisos que se denominan enchipotlados. Se venden secos en los mercados populares para hacerlos en escabeche o adobados; no obstante, la mayoría se adquiere en lata, por lo que la manera artesanal de prepararlos cada vez es menos frecuente.



Imagen 12. Chile chipotle.

Chile de árbol

Chile alargado, delgado, de color rojo brillante y muy picante. Mide regularmente 7 cm de largo y 1 cm de ancho (imagen 13). Este chile no crece en árbol, como lo sugiere su nombre, sino que la planta en la que se desarrolla es más alta que el promedio de las otras especies. Es muy picante y se consume cuando está seco. Con él se sazonan diversos platillos y salsas de mesa (se aprovecha todo el fruto incluyendo semillas y venas). Si alguna receta menciona al chile de árbol, implica que el fruto debe usarse seco.



Imagen 13. Chile de árbol.

Chile guajillo o mirasol

Es de color café rojizo, de piel tersa y con forma triangular alargada. Mide en promedio 10 cm de largo y 3 cm en la parte más ancha (imagen 14). Junto con el chile ancho, es el más utilizado en el país en cualquier tipo de platillos preparados con carnes rojas y blancas; además es un ingrediente fundamental en la preparación de moles, adobos, salsas picantes, etcétera. Por lo común se usa mezclado con otros chiles para dar mejor sazón a las salsas. Debe de estar siempre remojado para poder molerlo perfectamente, después es necesario colarlo para eliminar el exceso de residuos de la epidermis.



Imagen 14. Chile guajillo seco.

Chile morita

Se trata de una variedad semejante al jalapeño, pero más pequeño, de cáscara tersa, brillante, de color similar a la mora y muy picante, con cierta dulzura. Mide aproximadamente 3 cm de largo y 2 cm de ancho. Se consume en algunas partes de Veracruz, Puebla y el Distrito Federal seco y ahumado para preparar platillos con carnes rojas y blancas, encurtidos, adobados y salsas picantes.

Chile mulato

Es un tipo de chile poblano que se comercializa seco o deshidratado. Es muy parecido al chile ancho, aunque no se puede sustituir por éste debido a su sabor tan particular. Mide en promedio 12 cm y 7 cm de largo y ancho, respectivamente (imagen 15). El fruto seco presenta una epidermis gruesa. El sabor es por lo regular dulce, cercano al chocolate, algunas veces resulta picoso. Es típico en la preparación del mole poblano y otros platillos.



Imagen 15. Chile mulato seco.

Chile pasilla

Su nombre se debe al aspecto arrugado, similar al de la uva pasa, que adquiere al secarse. Para no confundirlo con el chile pasilla de Oaxaca, se le conoce también como chile mexicano. Su forma es alargada y el fruto mide de 15 a 20 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho (imagen 16). Es de color café negruzco, con una superficie brillante, arrugada y de sabor picante. Con él se elabora una gran variedad de salsas (la borracha por ejemplo, que contiene pulque) y diferentes tipos de moles, adobos, revoltijos. Suele acompañar distintos platillos con carnes rojas y blancas, se puede cocinar en rodajas, frito y servido de guarnición clásica de la sopa de tortilla (sopa azteca) que se consume principalmente en el Distrito Federal. En algunos hogares mexicanos las semillas y venas se fríen para usarse como saborizantes en ciertos platillos.



Imagen 16. Chile pasilla.

Chile pasilla de Oaxaca

Es muy diferente al chile pasilla: mide 12 cm o más de largo, de cáscara brillante y arrugada; tiene forma triangular y alargada, de color vino tinto oscuro; el sabor es similar al del chile mora; se considera picoso. Los frutos de tamaño de primera calidad (12 cm de largo o más) se usan para rellenar, los frutos de segunda se emplean en curtidos o salsas, y los de tercera en la preparación de salsas. Es oriundo de la región Mixe del estado de Oaxaca. Su producción es escasa, por lo que su comercialización tiene lugar en tiendas o mercados de la entidad, en algunas partes de Puebla y en ciertos mercados de la capital del país en los que se ofrecen productos oaxaqueños.

Chile piquín

Su nombre proviene del náhuatl y significa pulga, de ahí que también se le llame chile «pulga». De igual modo se le conoce con nombres derivados de los distintos lugares donde crece y de sus propiedades culinarias, el más común en el país es el piquín (imagen 17). Se trata de un chile espontáneo, perenne, que crece en diferentes terrenos porque es diseminado por los pájaros. Los cambios de clima, de suelo y la diseminación de la semilla han provocado variación genética. Los frutos inmaduros son de color verde, de forma redonda y ligeramente cónicos, al secarse

adquieren el color rojo sepia. Ya sea fresco o seco es muy picante. Es especial para elaborar salsas y forma parte importante en conservas de encurtidos.

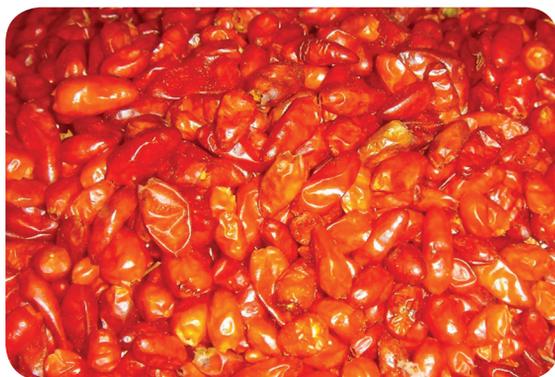


Imagen 17. Chile piquín.

Chile puya

El fruto fresco es conocido en la ciudad de México como chile guajillo puya o guajillo del que pica. El fruto seco es muy parecido al chile guajillo, aunque es más delgado y picante, mide más o menos 10 cm de largo y 2 cm de ancho (imagen 18).



Imagen 18. Chile puya.

Calidad comercial del chile seco

El valor que alcanza el chile seco o deshidratado supera cinco veces más comparado con el valor del chile para consumo en fresco, además, la relación beneficio–costo se incrementa dependiendo del nivel tecnológico aplicado en el sistema de producción (Reyes–Rivas, 2006). Es por ello que se han puesto reglas de calidad para la venta de los diferentes tipos de chile seco que se comercializan en el territorio nacional. Las principales características establecidas por la Norma Mexicana para Chiles Secos y Enteros incluyen las dimensiones de longitud como criterio de clasificación de los chiles guajillo, puya, ancho, mulato, pasilla y de árbol (tabla 1). En este sistema, los frutos de tercera se agrupan en la categoría de frutos de rezaga o frutos «pintos», «chirsol» o «paloma», que sirven para la elaboración de subproductos (imagen 19).



Imagen 19. Calidades de chile seco «Mirasol».

TABLA 1
 CLASIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE CHILE
 POR SU TAMAÑO (NMX-FF-10/1-SCFI-2006)

<i>Tipo</i>	<i>Categoría</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Fórmula para estimar el peso seco de la pulpa (g)</i>
Guajillo	Extra	>14	>3	>9	$PSP^* = (0.7298)(PF) - (0.2372)$ (0.85)
	Primera	10-14	2.5-3	5-9	
	Segunda	<10	<2,5	<5	
Puya	Extra	>10	>1.5	>3.5	$PSP = (0.7906)(PF) - (0.5948)$ (0.85)
	Primera	8-10	1,0-1,5	3,0-3,5	
	Segunda	<8	<1,0	<3,0	
Ancho	Extra	>10	>6	>22	$PSP = (0.7364)(PF) - (0.0898)$ (0.85)
	Primera	7-10	5-6	20-22	
	Segunda	7-10	<5	<20	
Mulato	Extra	>10	>7	>17	$PSP = (0.7643)(PF) - (0.1653)$ (0.85)
	Primera	7-10	5-7	14-17	
	Segunda	>7	>3	<14	
Pasilla	Extra o flor	>20	>3	>7.5	$PSP = (0.6889)(PF) + (0.1187)$ (0.85)
	Primera	14-20	2.5-3	7.0-7.5	
	Segunda	<14	<2.5	<7.0	
De árbol	Extra	No Aplica	No Aplica	No Aplica	—
	Primera	9-11	9-11	1.0-1.5	
	Segunda	7<9	<1.0	<1.0	

*El peso fresco (PF) se introduce a la fórmula correspondiente
 y el cálculo estima el peso seco de la pulpa.

Sin importar su tamaño las principales clases de chile deben cumplir con ciertos atributos de calidad exigidos por la Norma Mexicana para Chiles Secos y Enteros. Sus características dependen del tipo de chile que se trate: forma y color determinado; sabor y olor peculiar; frutos desarrollados, enteros, sanos, limpios, con textura firme y brillante; tener al cosecharse el grado de madurez óptimo y con pedúnculo; no presentar humedad en la epidermis ni pudrición o signos de descomposición, defectos por agentes patógenos, genéticos, fisiológicos y mecánicos; tampoco debe contener residuos contaminantes de roedores.

La concentración de capsaicinoides o grado de picor (pungencia) varía con relación al tipo de chile. La incluida en la Norma Oficial se

encuentra entre los mil y 30 mil °Scoville (tabla 2) (Collins *et al.*, 1995). El grado de picor puede ser mayor o menor según el tipo de chile y su estado fisiológico (Betts, 1999; Alvarado–Nava *et al.*, 2006; ss, 2008). El otro atributo es el color, medido en términos de ángulo de matiz (Dorji *et al.*, 2005).

TABLA 2
ATRIBUTOS DE CALIDAD INCLUIDOS EN LA NORMA MEXICANA PARA
CHILES SECOS. EL PICOR EN °SCOVILLE (NMX–FF–10/1–SCFL–2006)

Tipo	Categoría	Especificaciones sensoriales	Color (ángulo Matiz)	Picor
Mulato	Extra	Enteros, sanos, grandes, forma acorazonada o triangular. Color negro uniforme intenso. No presentan decoloración, son rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformación.		
	Primera	Enteros, sanos, medianos y grandes, color negro uniforme intenso. No manifiestan decoloración, son rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.	70.54– 71.27	1,000– 1,500
	Segunda	Enteros o parcialmente quebrados, sanos, chicos y medianos, negro no uniforme, decolorados, rugosos. Pueden exhibir manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones.		
Pasilla	Extra o flor	Enteros, sanos, grandes, color negro uniforme intenso. No presentan decoloración, son rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.		
	Primera	Enteros, sanos, grandes y medianos, color negro uniforme. No reflejan decoloración, son rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones	70.28 –74.66	1,000– 1,500
	Segunda	Enteros o parcialmente quebrados, sanos, medianos y chicos. Color negro no uniforme y/o verdoso. Levemente decolorados. Son lisos, pueden presentar manchas, quemaduras, raspaduras o deformaciones.		
De árbol	Extra	No aplica		
	Primera	Enteros, sanos, grandes en su tipo. Color rojo intenso en su tipo. Sin decoloración, manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.	46.74– 57.23	5,000– 30,000
	Segunda	Enteros, sanos, medianos en tipo. Pueden mostrar decoloración, manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones.		

PRODUCCIÓN

Mundial

De acuerdo con las estadísticas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2008), la producción mundial de chile en fresco o verde fue de 25.9 megatoneladas (MT). El chile es cultivado en ciento cuatro países alrededor del mundo en aproximadamente 1.7 millones de hectáreas. El rendimiento varía desde 1.0 hasta 280 toneladas por hectárea en Etiopía y Holanda, respectivamente. El extraordinario rendimiento que registra Holanda (junto con Reino Unido, Bélgica, Finlandia, entre otros) es debido a que se produce bajo sistemas de protección agrícola. En contraste, en países en desarrollo, donde por lo regular se produce a cielo abierto, el rendimiento fluctúa entre 1.0 toneladas por hectárea como en Etiopía y 99.4 toneladas por hectárea en la República de las Islas Maldivas. Cabe señalar que China es el productor líder al cosechar el 50.4 por ciento de los chiles en el mundo. Los diez países con mayor producción a cielo abierto, en términos de porcentaje, se enlistan a continuación: China (50.4), Turquía (7.1), México (6.5), España (4.2), Estados Unidos de América (3.5), Indonesia (3.4), Nigeria (2.8), Egipto (1.8), República de Corea (1.5), Italia (1.3).

La producción de chile seco es de suma importancia económica en México. Según el informe del Plan Rector Nacional del Sistema Producto Chile (PRN-SPCH, 2007), México ocupó el noveno lugar mundial en la producción de chile seco, con una producción de 58 mil toneladas en una superficie cultivada de 33 mil ha. Diez son los países líderes en la producción de chile seco, en términos de porcentaje, son: India (50.4), China (11.0), Bangladesh (8.5), Perú (7.4), Pakistán (5.6), Etiopía (5.3), Vietnam (3.6), Myanmar (3.2), México (2.7), Hungría (2.3).

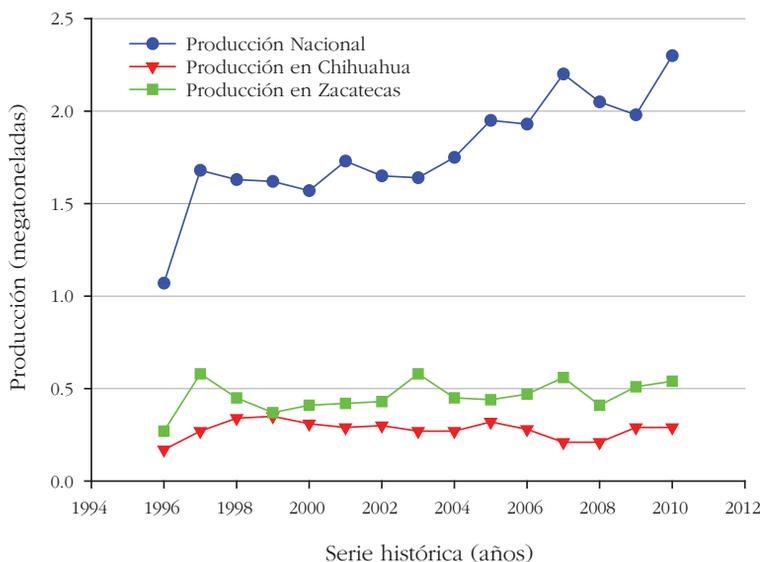
Entre los países con mayor rendimiento se encuentran China, Perú y Hungría con 6.6, 7.6 y 8.7 toneladas por hectárea. México produce en promedio 1.75 toneladas por hectárea y está en función del nivel tecnológico y superficie que cada productor dedica al cultivo. Por ejemplo, productores con superficies mayores a 30 ha con alta tecnología pueden aspirar a un rendimiento entre 2.3 toneladas por hectárea (Reyes-Rivas *et al.*, 2006) y 4.3 con una tecnología experimental (Serna *et al.*, 2008).

Nacional

Chile verde

El chile es una hortaliza que se cultiva en todos los estados de la República Mexicana, donde el 80 por ciento de la producción es para consumo doméstico. El consumo doméstico *per cápita* es de aproximadamente 15 kg (PRNSPCH, 2007). La información estadística del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera indica que la producción nacional de chile fresco o en verde fue de 2.0 megatoneladas para 2009 (SIAP, 2010). Se produce en 135 mil ha, su rendimiento oscila entre 3.0 y 37 toneladas por hectárea en los estados de Puebla y Nuevo León. El extraordinario rendimiento que registra el estado de Nuevo León (junto con Tamaulipas y Sinaloa) se debe a que es producido bajo sistemas de protección agrícola. En contraste, en términos de producción acumulada anual (toneladas), el estado de Sinaloa ocupa el primer lugar con un 25.3 por ciento de la producción nacional, le siguen Chihuahua y Zacatecas (gráfica 1).

GRÁFICA 1



Otras entidades que destacan por su elevada producción (en porcentaje) son: San Luis Potosí (8.0), Tamaulipas (5.7), Jalisco (3.8), Sonora (2.3), Durango (2.3), Michoacán (2.3), Guanajuato (1.9).

Chile seco

La producción de chile seco posee poca relevancia para la industria, ya que una gran proporción de chile se deshidrata, hecho que obliga a incrementar los precios al consumidor. Por otro lado, el chile deshidratado tiene una demanda en el país como elemento esencial en la comida mexicana.

El estado de Zacatecas es el principal productor de chile seco en México. De las 38 mil ha dedicadas a su cultivo, en el 74 por ciento de la superficie se produjeron los chiles tipo guajillo (mirasol), ancho y de árbol (SIAP, 2010). La producción de chile ancho ocupa el primer lugar en el país, seguido del guajillo, pasilla y de otros tipos de chile, no menos importantes: ancho (42.4), guajillo (26.4), pasilla (14.0), mirasol (6), no especificado (5.9), costeño (1.7), puya (1.4), mulato (1.1), de árbol (cola de rata) (0.8), tabaquero (0.2).

Problemática

El sistema productor de chile enfrenta diferentes problemas de tipo biológico, social y económico que terminan por limitar la productividad del cultivo.¹ A pesar de que en el Plan Rector Nacional del Sistema Chile, 2007, se habla de organización de consejos y comités estatales, no se asume la trascendencia de la problemática de la organización de los productores. A continuación se indican los problemas del Sistema Producto Chile:

a) El financiamiento es urgente debido a la alta competencia internacional hacia el mercado nacional y de exportación, lo cual resulta básico en la adquisición de infraestructura, tecnología de producción y de postcosecha para competir con los otros países productores.

b) Reducido apoyo económico destinado a la investigación y al desarrollo en procesos de postcosecha, con la finalidad de incrementar ingresos y tener acceso a nuevos mercados.

¹ Pueden ser consultados con mayor detalle en el Plan Rector Nacional del Sistema Producto Chile (2007).

c) Falta de implementación de buenas prácticas agrícolas pre y postcosecha y escasa tecnología para cosecha, secado, selección y empaque, lo que ocasiona serios problemas de inocuidad y calidad que limitan la exportación.

d) Los costos de los insumos en México y en el resto del mundo son contrastantes, de modo que un mismo producto se adquiere hasta 50 por ciento más barato fuera del país.

e) El aumento en el consumo mundial de esta especie brinda alternativas de mercado para los productos mexicanos. Aparte de las necesidades mencionadas en los puntos anteriores, se requiere mejorar canales de comercialización, campañas de promoción de la calidad y caracterización del chile mexicano, y de esa forma recuperar el mercado interno que en la actualidad está posicionado por los chiles importados. Al hacerlo también mejoraría la penetración de los productos mexicanos en el mercado mundial, tanto en fresco como en seco y procesados.

f) Principalmente la industria procesadora de chiles se ha orientado a hacer productos con chiles de bajo costo, a la vez que se ha limitado a elaborar productos con chiles de alta calidad. La pequeña industria es un sector muy amplio y dinámico que enfrenta diversos problemas, entre ellos falta de financiamiento, dificultades para conseguir tecnología, desarrollo de una imagen propia y definición de mejores canales de comercialización.

g) La comercialización del producto entre los mismos productores, comercializadores locales y foráneos provoca una depresión en el precio de venta en las diferentes temporadas del año. Por otro lado, existe una competencia desleal para el chile nacional, debido a que los chiles importados son más baratos y de baja calidad. Es necesaria la creación de programas que incentiven el consumo interno de los diversos tipos de chiles que hay en el país.

h) Nula regularización de las importaciones de chile hacia México que afecta a los productores nacionales. No existen normas internacionales que regulen la sanidad y calidad de las clases de chiles y se desconocen las normas nacionales de calidad.

i) Altos costos de producción según el nivel tecnológico aplicado. Las nuevas tecnologías incrementan el rendimiento y la calidad del producto, pero los costos de control fitosanitario y de genotipos mejorados son muy altos.

j) El precio de los chiles para consumo en fresco es determinado diariamente por la oferta y la demanda, mientras que el precio del chile en seco es más estable porque fluctúa durante la temporada de producción. El Tratado de Libre Comercio con Perú, en abril de 2011, prevé una depresión mayor del precio del chile seco.

k) Los productores tecnificados dependen de semilla mejorada importada de los Estados Unidos y otros países. Sin embargo, estos híbridos presentan baja calidad organoléptica, industrial y corta vida de anaquel. La supeditación también consiste en la importación de nuevas tecnologías desarrolladas en otros países con costos elevados.

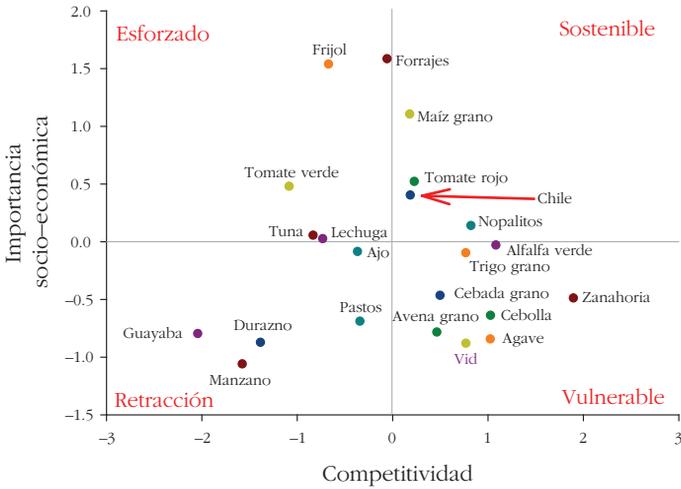
Producción de chile en Zacatecas

Aun cuando el estado de Zacatecas es líder en la producción de chile seco y genera el 35 por ciento del valor total en el sector agrícola, los productores enfrentan problemas de comercialización, infraestructura, asistencia técnica y sistemas de producción (Galindo *et al.*, 2002). Es preciso aclarar que el chile es un cultivo sostenible, es decir, tiene una alta trascendencia socioeconómica y competitiva en comparación con el cultivo de árboles frutales, cuyos índices de competitividad e importancia socioeconómicas son bajos (gráfica 2).

Comercialización

Al igual que en otros productos hortícolas, la falta de organización de sociedades de producción conlleva a que la venta anual del chile sea a través de intermediarios, quienes fijan el precio de venta final. Por ejemplo, el 33 por ciento de los productores ofrecen su producto (verde o seco) a compradores de su misma localidad; el 42 por ciento vende su cosecha (seca y verde) a compradores foráneos que se instalan en los centros de producción. Los precios de venta suelen ser bajos, pues la temporada de mayor oferta se encuentra entre septiembre y diciembre. La agroindustria prácticamente no existe en esta región, lo que impide la agregación de valor al producto.

GRÁFICA 2



Fuente: Sánchez y Rumayor (2010).

Social

El grado de escolaridad es determinante a fin de que los productores se involucren en un esquema empresarial y sustentable del cultivo del chile, factor que facilita el acceso a la tecnología, a aspectos gerenciales y de organización (Lacki, 1996). En ese sentido, se detectó que el 89 por ciento de los productores entrevistados no asistió a la escuela o sólo cursaron hasta el sexto grado de primaria, sólo el 2 por ciento declaró ser profesionista. Asimismo, el 50 por ciento de ellos son mayores de cincuenta y seis años. La baja escolaridad y la edad avanzada de los productores limitan el avance tecnológico del cultivo con enfoque empresarial. Además, no existe alguna organización de productores que facilite la comercialización del producto verde o seco, ni tampoco una agroindustria que les permita brindar valor agregado al producto.

Asistencia técnica (extensión agrícola)

Gaytán (1970) define a la extensión agrícola (asistencia técnica) como un proceso de enseñanza mediante el cual las familias rurales reciben

información agropecuaria confiable y de aplicación práctica e inmediata, con el objetivo de elevar el nivel socioeconómico de la población rural. Es imperativo subrayar que las innovaciones tecnológicas deben ser atractivas desde dos perspectivas: fácil aplicación y la producción de dividendos económicos significativos (Rogers y Shoemaker, 1974).

Luego de la desaparición del Programa Oficial de Extensión Agrícola en 1995 (Sanderson, 1990; Anónimo, 2008), el gobierno estatal de Zacatecas, a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, ha implementado con poco éxito diversos programas de asistencia técnica. Los resultados se reflejan en la reducida exposición de los productores (26 por ciento de una muestra de ellos) a la asistencia técnica y con especialistas. Esta situación restringe el enlace entre la investigación y el sistema productivo regional, así como la función de profesionales en la transferencia de adelantos científicos y tecnológicos.

Los productores de chile zacatecanos obtienen las indicaciones de manejo de su cultivo de técnicos y vendedores de casas comerciales que distribuyen productos para el campo (sobre todo productos químicos), en lugar de buscar la información en las instituciones del sector agropecuario del estado y con los agentes de cambio. El estudio de Galindo *et al.* (2002) reveló que el 100 por ciento de los productores de chile entrevistados acuden a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA), con el fin de realizar trámites relacionados con programas de apoyos directos al campo (tal es el caso de PROCAMPO), pero no para indagar acerca de asistencia técnica; sólo el 2 por ciento se ha dirigido a otras instituciones (INIFAP y Escuela de Agronomía) vinculadas con el sector agropecuario de Zacatecas, para solicitar asistencia técnica en sus cultivos.

Otro aspecto notable en la adopción de nuevas tecnologías es la exposición de los productores a los medios de comunicación (Mendoza, 1979). El estudio de Galindo *et al.* (2002) determinó que el 78 por ciento de los productores no leen los periódicos locales, folletos o revistas que contengan información agropecuaria ni asisten a demostraciones. La principal fuente de información son las casas comerciales que distribuyen productos para el campo y no las instituciones de investigación, quienes son fuente primaria de información e innovaciones tecnológicas. Los productores utilizan diversos medios de comunicación (radio

y televisión) en un alto porcentaje, lamentablemente la transmisión de temas agropecuarios son pocos o nulos.

Desviaciones técnicas del cultivo

Más allá de los problemas señalados, existen algunos que se relacionan con la tenencia de la tierra, de la cual el 46 por ciento es ejidal con sus superficies menores a 3 ha. Existe una alta correlación entre el tamaño reducido de la superficie y los altos costos de producción, bajos rendimientos y bajo beneficio (Galindo *et al.*, 2002; Reyes *et al.*, 2006). En adición, el productor de chile se ve obligado a diluir sus actividades en otras (ganadería, comercio, albañilería y autoempleo), lo que limita la atención hacia el cultivo del chile como fuente principal de ingresos. Los problemas asociados de modo directo al cultivo, según Galindo *et al.* (2002), se enlistan a continuación.

Preestablecimiento

1. En el Altiplano de Zacatecas se cultiva principalmente chile tipo mirasol, seguido del ancho y en menor porcentaje puya, mulato, árbol, pasilla y guajón, lo que sugiere una reducida diversidad genética.

2. Se desconoce el origen de la semilla de chile para producir su plántula y de las plántulas para establecer el cultivo. Esto agrava el problema de enfermedades y afecta el potencial de rendimiento.

3. Como casi no existen semillas certificadas de los chiles mirasol, árbol, puya, pasilla y guajón, o bien, sus costos son elevados, entonces un alto porcentaje de los productores selecciona su propia semilla del conjunto de frutos cosechados, tomando como referencia sólo su apariencia externa, o eligen en la pasera o en las agrupaciones de chile formadas en las deshidratadoras, lo que contribuye a acentuar el problema de enfermedades y bajos rendimientos.

4. El 91 por ciento de los agricultores produce su propia planta en almácigos tradicionales. Sin embargo, al momento del trasplante la plántula tiene que ser arrancada del suelo, lo que ocasiona una gran cantidad de heridas, punto de entrada de enfermedades que sufre los primeros días después del trasplante mientras restablece su sistema radical.

5. Para evitar problemas causados por enfermedades del suelo, el 66 por ciento de los productores cambia cada año de terreno para establecer sus almácigos, mientras que el resto lo hace en el mismo sitio, lo que favorece el problema de *damping-off* y reduce la población de plántulas en el almácigo y posteriormente en campo.

6. El 33 por ciento de los productores de planta no aplica ningún fertilizante después de la siembra de sus almácigos, lo que significa plántula de baja calidad y mayor susceptibilidad al estrés post trasplante.

Post trasplante

1. Uno de los problemas con el cultivo del chile es que se ha convertido en un monocultivo. El 10.3 por ciento de los agricultores no realiza rotación de cultivos en sus terrenos, por lo que los suelos son contaminados con hongos que atacan la hortaliza. El resto de los productores hace una rotación de cultivos inadecuada al producir otros que son susceptibles a los hongos del suelo que atacan a las plantas de chile.

2. Los productores acostumbran trasplantar dos o tres plantas por mata para asegurar por lo menos una, lo cual es ineficiente; esta práctica se hace en plántula producida en almácigo porque hay pérdidas a causa del estrés de agua, ataque de enfermedades y desecación por vientos fuertes, comunes en la zona productora de chile.

3. El uso del agua de riego no es eficaz y coadyuva a la sobre-explotación de los acuíferos, ya que el 89 por ciento de los productores usa el riego rodado, que es el método menos apropiado para regar el cultivo.

4. Existe una gran diversidad de formulaciones de fertilizantes inorgánicos aplicadas a los suelos en dosis distintas a la recomendada por el INIFAP, lo que normalmente resulta en aplicaciones excesivas o menores a las requeridas por el cultivo.

5. En el cultivo del chile se presentan varias plagas (pulgua saltona, barrenillo, gusanos trozadores, paratrioza y pulgones, entre otras) que si no se controlan de forma oportuna pueden causar daños significativos al rendimiento y calidad del producto. La mayoría de los productores aplica insecticida de manera calendarizada, en consecuencia se hacen aplicaciones en exceso o cuando ya se tiene un daño económico en el cultivo.

6. Las enfermedades que afectan negativamente al rendimiento y calidad del producto son «miada de perro» y secadera (Vázquez *et al.*, 2004).

7. El control mecánico y manual de la maleza es variable y, por ende, su costo. Es una de las actividades que requiere mayor cantidad de recursos económicos. Las principales especies que se combaten en la región son aceitilla, quelite, lampote y zacates.

8. El deshidratado en las secadoras de los chiles tipo pasilla, ancho y mulato, por ser frutos carnosos, representa un alto costo de inversión. En contraste, los tipos mirasol, árbol, guajón y puya son deshidratados en la misma planta.

En resumen, los productores manifiestan un sinnúmero de desviaciones técnicas en la cadena de producción del chile en el estado de Zacatecas: falta de recursos económicos (56 por ciento), alto costo de los insumos (46 por ciento), alto costo de la energía eléctrica (29 por ciento), precio variable de la cosecha (26 por ciento), comercialización deficiente (23 por ciento), ataque de enfermedades (16 por ciento), falta de crédito (14 por ciento), falta de mano de obra (10 por ciento), falta de asistencia técnica (9 por ciento), ataque de plagas (9 por ciento), falta de tierras buenas (7 por ciento), altos costos de producción (5 por ciento), falta de agua en los pozos (5 por ciento), presencia de granizo (5 por ciento), producción de planta (5 por ciento), falta de maquinaria agrícola (3 por ciento), falta de equipo de riego por goteo (3 por ciento), presencia de maleza (3 por ciento), problemas de salud y edad avanzada (2 por ciento), presencia de heladas (1 por ciento) y alto costo del corte (1 por ciento) (Galindo *et al.*, 2002).

Extensionismo en el cultivo del chile

Galindo *et al.* (2003) realizaron un estudio para determinar el estado en que se encuentra la extensión agrícola en el cultivo del chile que podrían suponer lo que sucede en el resto de los sistemas relevantes para Zacatecas. La extensión agrícola es un proceso de comunicación entre los profesionales y los actores de los sistemas que facilita la adopción y transferencia de tecnologías que impactan en el estatus socioeconómico de las familias rurales (Gaytán, 1970). Acorde con las conclusiones de Galindo y sus colaboradores, se divide en dos secciones.

Escolaridad y extensionismo

Según la investigación la mayoría de los extensionistas son originarios de la entidad, con carrera de ingeniero agrónomo y egresados de la Universidad Autónoma de Zacatecas, con conocimiento de la problemática agroclimática y socioeconómica de la región. En el año 2002, aproximadamente el 50 por ciento de los asistentes técnicos tenían una edad entre treinta y dos y cuarenta años, lo cual apuntó sobre la experiencia profesional de los extensionistas. El 70 por ciento de los entrevistados mencionaron que tenían menos de seis años prestando sus servicios como extensionistas.

Los extensionistas entrevistados señalaron que su capacitación es continua (5.5 cursos de capacitación por año) y que se refleja en su vasta experiencia en el establecimiento y conducción de parcelas demostrativas; en la planeación, ejecución y evaluación de actividades de asistencia técnica; en la producción directa de cultivos; y en la organización de reuniones para pláticas y eventos de capacitación. Agregaron que más del 30 por ciento de su tiempo lo dedican a esta actividad y que el 86 por ciento de ellos atiende entre treinta y ciento ochenta receptores.

Estatus laboral del extensionista

El estudio reveló que los agentes de cambio tienen baja o nula relación con el entorno institucional y, en consecuencia, la recepción de apoyos con la intención de desarrollar su trabajo es escasa. Lo anterior se debe a que no existe un plan estratégico a largo plazo por parte del Gobierno Estatal para que la actividad sea permanente. Por otro lado, aun cuando el 90 por ciento de los entrevistados manifestó su deseo de continuar desempeñándose como extensionistas, la apatía de los productores es la principal limitante de comunicación entre extensionistas y receptores de la tecnología.

En cuanto a las necesidades de información técnica que tienen los extensionistas son aquellas vinculadas con control de plagas, enfermedades y comercialización. El Campo Experimental Zacatecas constituye una fuente fundamental de información que los extensionistas usan para hacer sus recomendaciones con los productores. Por último, los entre-

vistados indicaron que los impedimentos primordiales que restringen social, económica y ambientalmente la producción de chile son falta de organización, crédito y asistencia técnica; altos costos de los insumos; comercialización; y abatimiento de los mantos acuíferos.

CONTRIBUCIÓN A LA DIETA

El sabor picante (picor) del chile se debe sobre todo a los alcaloides denominados capsaicina y dihidrocapsaicina que se encuentran en la placenta de los frutos del chile (Betts, 1999; Cruz *et al.*, 2007). Los chiles verdes contienen aproximadamente el 83 por ciento de la mezcla de estos dos compuestos, además de 0.6 por ciento de grasas, 0.3 por ciento de proteínas, 6.0 por ciento de carbohidratos y 7.0 por ciento de fibras; mientras que los chiles secos contienen alrededor del 10 por ciento de los dos primeros compuestos. Cano (1998) expone algunos ejemplos de la variabilidad del picor entre cultivares: en pimientos el picor va de 0 (no detectable) hasta 100 grados Scoville (°S), en chile jalapeño entre 2 mil y 10 mil °S, en chile cayene entre 50 mil a 100 mil °S y en chile habanero entre 150 mil y 350 mil °S (Restrepo, 2006). También la concentración de vitamina c es hasta dos y tres veces mayor que en la naranja, el limón y la guayaba (Cruz *et al.*, 2007; Fernández, 2007). El chile común (*Capsicum annum*) contiene en promedio 128 mg de ácido ascórbico y 420 unidades internacionales (UI) de vitamina A por cada 100 g de fruto (González *et al.*, 2004). En contraste, *Capsicum frutescens* (L) contiene entre 2 y 50 mg de ácido ascórbico y entre 200 y 20 mil UI de vitamina A por cada 100 g de fruto. Enseguida se presenta la composición de elementos nutritivos de una muestra compuesta de 100 g de diferentes variedades de chiles, según Alnicolsa del Perú (2008):

TABLA 3

	Mínimo	Máximo
Agua (gramos)	20.7	93.1
Carbohidratos (gramos)	5.3	63.8
Proteínas (gramos)	0.8	6.7
Extracto etéreo (gramos)	0.3.	0.8
Fibra (gramos)	1.4	23.2

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Cenizas (gramos)	0.6	7.1
Calcio (miligramos)	7.0	116.0
Fósforo (miligramos)	31.0	200.0
Hierro (miligramos)	1.3	15.1
Caroteno (miligramos)	0.03	25.2
Tiamina (miligramos)	0.03	1.09
Riboflabina (miligramos)	0.07	1.73
Niacina (miligramos)	0.75	3.30
Ácido ascórbico (miligramos)	14.4	157.5
Calorías	23	233
Capsaicina (miligramos/ gramos de peso)	150	335

Propiedades terapéuticas del chile

Por mucho tiempo se pensó que el picor de algunas variedades de chile ocasionaba daños a la salud humana, en concreto para el aparato digestivo (Salazar y Silva, 2004). López *et al.* (1995), en una encuesta a personas de diecinueve años (sin importar su sexo), encontraron que el 15 por ciento afirmó que esta especie vegetal causa enfermedades conectadas con el tracto gastrointestinal, mientras que aproximadamente el 11 por ciento consideró que el consumo de chile es inofensivo. La encuesta no mostró ningún vínculo entre el consumo de los entrevistados (90 por ciento) y las creencias que prevalecen concernientes a sus efectos sobre la salud humana.

En contraposición, en Australia se llevó a cabo un experimento con diabéticos a los que se les aplicó una dosis de 33 mg de capsaicina en su dieta (Montaner, 2006). Los resultados fueron sorprendentes ya que determinaron que los niveles de glucosa fueron menores en el grupo de pacientes tratados. Los investigadores concluyeron que la capsaicina debe ser sugerida en pacientes con hiperinsulinemia, pero también para pacientes con problemas de circulación sanguínea (Jiofacj *et al.*, 2008). Muchos de los testimonios acerca de las propiedades terapéuticas del fruto del chile han sido documentados por VitaNet (1996). Aquí sólo se enumeran las acciones y aplicaciones médicas asociadas con él: detiene

hemorragias internas y externas; facilita la curación de úlceras; es un buen antioxidante por su alto contenido de flavonoides; incrementa la actividad cardiaca sin aumentar la presión sanguínea; reduce el colesterol en la sangre; mantiene elasticidad de vasos sanguíneos y capilaridad; previene ataques cardiacos y embolias; minimiza daños por ataque cardiaco o descenso repentino del flujo sanguíneo; reconstruye y cicatriza tejidos dañados del estómago; fortalece al sistema inmunológico gracias a su alto contenido de vitamina c; mejora la digestión al incrementar la secreción de ácido clorhídrico; normaliza la presión sanguínea; elimina grasa y regula la temperatura corporal; alivia el dolor de artritis, cicatrices de cirugía y herpes; al usarse como crema puede proteger contra quemaduras por congelación; es un poderoso catalizador para otras hierbas medicinales (ajo, jengibre); sana la psoriasis (alteraciones de la piel).

BIBLIOGRAFÍA

- ALNICOLSA del Perú. 2008. El ají, la especia del nuevo mundo. Consultado el 12 de octubre de 2011 en <http://taninos.tripod/capsaicin.htm>.
- Alvarado–Nava, M. D., R. Velásquez–Valle y J. Mena–Covarrubias. 2006. Cosecha, postcosecha y productos agroindustriales de chile seco. En: A.G. Bravo Lozano, G. Galindo González y M.D. Amador Ramírez (editores). Tecnología de producción de chile seco. Libro Técnico, número 5. Zacatecas. INIFAP/CIRNOC/Campo Experimental Zacatecas, pp. 195–221.
- Anónimo. 2008. Transferencia de tecnología y capacitación. Consultado el 27 de agosto de 2011 en http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/maiz/capitulo_6c.pdf.
- Betts, T.A. 1999. Pungency quatization of hot pepper sauces using HPLC. *Journal Chemical Education* 76:240–244.
- Boffil, L.A. 2008. Dan al chile habanero denominación de origen. *La Jornada*. Consultado el 15 de octubre de 2008 en <http://www.jornada.unam.mx/2008/10/13/index.php?section=estados&article=035n3est&partner=rss>.
- Cano–Alvarado, M.F. 1998. El cultivo del chile. Potencial exportable de chiles en fresco, de una zona libre de plagas. Consultado el 6 de septiembre de 2008 en <http://www.mflor.mx/materias/temas/cultivochiles/cultivochiles.htm>.

- Cásseres, E. 1980. Producción de hortalizas. San José de Costa Rica. Editorial IICA. 387 p.
- Collins, M.D., L.M. Wasmund and P.W. Bosland. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. *HortScience* 30:137-139.
- Consejo Nacional de Productores de Chile (CONAPROCH). 2007. Usos del chile ancho. Consultado el 12 de octubre de 2010 en http://www.conaproch.org/ch_chiles_diccionario_chileancho_usoshtm.
- Cruz-Pérez, A.B, V.A. González-Hernández, R.M. Soto-Hernández, M.A. Gutiérrez-Espinosa, A.A. Gardea-Béjar y M. Pérez-Grajales. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41:627-635.
- Dorji, K., M.H. Behboudian and J.A. Zegbe-Domínguez. 2005. Water relations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Scientia Horticulturae* 104:137-149.
- EuroResidentes (ER). 2000. Pimientos/Pimiento. Consultado el 12 de octubre de 2008 en <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/pimientos.htm>.
- Fernández-Trujillo, J.P. 2007. Extracción convencional de oleoresina de pimentón dulce y picante. Generalidades, composición, proceso e innovaciones y aplicaciones. *Grasas y Aceites* 58:252-263.
- Galindo-González, G., C. López-Mendiola, B. Cabañas-Cruz, H. Pérez-Trujillo y A. Robles-Martínez. 2002. Caracterización de productores de chile en el altiplano de Zacatecas. Folleto Técnico número 5. Zacatecas. INIFAP/CIRNOC/Campo Experimental Zacatecas. 102 p.
- Galindo-González, G., H. Pérez-Trujillo, B. Cabañas-Cruz, C. López-Mendiola y A. Robles-Martínez. 2003. Caracterización de extensionistas que asisten a los productores de chile del altiplano de Zacatecas. Folleto Técnico número 10. Zacatecas. INIFAP/CIRNOC/Campo Experimental Zacatecas. 79 p.
- Gaytán E., F. 1970. Identificación de los principales problemas y medios de información actuales y preferidos de los ganaderos en el estado de Nuevo León. Tesis de licenciatura. Escuela de Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León.
- Germplasm Resources Information Network (GRIN). 2008. United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. Consultado el 23

- de abril de 2008 en <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?311784#image>.
- González, C., A. Ortega y J. Carrera. 2004. Mercados y factibilidad del ají. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias* 2:66–71. Universidad del Cauca.
- Jiofack, T., C. Fokunang, V. Kemeuze, E. Fongnzossie, N. Tsabang, R. Nkuinkeu, P.M. Mapongmetsem and B.A. Nkongmeneck. 2008. Ethnobotany and phytopharmacopoea of the southwest ethnoecological region of Camerron. *Journal of Medicinal Plants Research* 2:197–206.
- Lacki, P. 1996. Rentabilidad en la agricultura ¿con más subsidios o con más profesionalismo? Santiago de Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 20 p.
- López-Carrillo, L., M.C. Fernández-Ortega, R. Costa-Días, J. Franco-Marina, T. Alejandro-Badillo. 1995. Creencias sobre el consumo de chile y la salud en la ciudad de México. *Salud Pública de México* 37:339–343.
- Mendoza-Mendoza, S. 1979. Rendimientos de cultivos y necesidades de información técnica de ejidatarios, colonos y pequeños propietarios del Valle del Yaqui, Sonora. Tesis de maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Colegio de Postgraduados. México.
- Montaner, J. 2006. Chiles picantes y curativos. *Diario de la Seguridad Alimentaria*. Consultado el 8 de septiembre de 2010 en www.consumaseguridad.com.
- Plan Rector Nacional Sistema Producto Chile. 2007. San Luis Potosí. SAGARPA/INCA-Rural. 58 p.
- Restrepo-Gallego, M. 2006. Oleorresinas de *capsicum* en la industria alimentaria. *Revista Lasallista de Investigación* 3:43–47.
- Reyes-Rivas, E., A.G. Bravo-Lozano, H. Salinas-González y L.H. Padilla-Bernal. 2006. Rentabilidad de chile seco en Zacatecas, México. *Revista Fitotecnía Mexicana* 29:137–144.
- Roges, M.E. and F. Shoemaker. 1974. Communication of innovation a cross-cultural approach. New Cork, USA. The Free Press Division. MacMillan Co.
- Rojas, T. 1991. La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días. México. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes/Grijalbo. 420 p.
- Ruiz-Ruiz, M., Nieto-Roaro e I. Larios-Rodríguez. 1977. Tratado elemental de botánica. Catorceava edición. México. Editorial ECLALSA. 730 p.

- Salazar–Olivo, L.A. y C.O. Silva–Ortega. 2004. «Efectos farmacológicos de la capsaicina, el principio pungente del chile». *Biología Scripta* 1:7–14.
- Sánchez–Toledano, B.I. y A.F. Rumayor–Rodríguez. 2010. Evaluación del entorno para la innovación tecnológica en Zacatecas. Publicación especial número 18. Zacatecas. INIFAP/CIRNOC/Campo Experimental Zacatecas. 20 p.
- Sanderson, S.E. 1990. La transformación de la agricultura mexicana. Estructura internacional y política del cambio rural. México. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes/Grijalbo. 290 p.
- Scoville scale (Ss). 2008. Consultado el 20 de agosto de 2008 en http://en.wikipedia.org/wiki/Scoville_scale.
- Serna–Perez, A., J.A. Zegbe, J. Mena–Covarrubias y S. Rubio Díaz. 2008. Sistemas de manejo para la producción sustentable de chile seco cv. mirasol. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:41–44.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Chile verde. Consultado en enero de 2010 en <http://www.siap.gob.mx/index.php?idCat=107>.
- Stephan, S. 2003. Minguichi regional de la meseta tarasca. Consultado el 12 de octubre de 2010 en <http://chowhound.chow.com/topics/294308>.
- Vázquez–López, A., B. Tlapal–Bolaños, M.J. Yañez–Morales y M. Quintos–Escalante. 2004. Etiología de la marchitez del chile de agua (*Capsicum annum* L.) en tres localidades de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México, pp. 337–339.
- VitaNet ® Staff. 1996. *Capsicum*. Therapeutic power and herbal catalyst. Pleasant Grove, UT, USA. Woodland Pub. Inc. 31 p. Consultado el 8 de septiembre de 2008 en <http://vitanetonline.com/forums/1/Thread/363>.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS, CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO.

CAPÍTULO II

Producción intensiva de chile manzano
en invernadero y campo en México

Mario Pérez Grajales
Rogelio Castro Brindis

INTRODUCCIÓN

El chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) es una especie originaria de las partes altas de Perú y Bolivia; fue introducido a México a principios del siglo XX. Es el único tipo de chile que se encuentra en regiones con altitudes entre mil 700 y 2 mil 500 m sobre el nivel del mar. En los últimos cinco años las observaciones en campo demuestran la existencia de al menos mil 500 ha distribuidas en la Sierra Norte de Puebla, en Michoacán (Tacámbaro y Zitácuaro), en Veracruz (Huatusco y Zongolica), en el Estado de México (Coatepec de Harinas y San Miguel Tlaixpan) y en Chiapas (San Cristóbal de las Casas y Motozintla). Existe gran diversidad de este tipo de chile en cuanto a color, forma y tamaño de fruto. En general, se prefieren los frutos amarillos sobre los rojos, los de forma de manzana o cuadrada en lugar de los que tienen forma de pera; los frutos medianos (70 mm) son más buscados que los frutos grandes (90 mm).

Con el incremento en la demanda de chile manzano en Los Ángeles, California, y los mercados nacionales, la calidad de tal producto y su oferta durante todo el año es imprescindible. La producción en México se caracteriza por ser esencialmente de temporal (secano). En consecuencia la oferta se concentra en los meses de julio a diciembre y es baja de enero a junio. En el último decenio, el chile manzano se ha cultivado en invernadero y a campo abierto con riego por goteo, sistemas que generan mayor calidad y rendimiento del fruto; además brindan la oportunidad de abastecer los mercados en los meses de enero a junio, cuando menos oferta existe (Pérez y Castro, 1998; Pérez *et al.*, 2004).

La producción se realiza en zonas altas y frías (Pérez y Castro, 1998), en huertos de traspatio y en superficies de hasta 5 ha, donde se le asocia con árboles frutales dado que es una planta que requiere de sombra, es decir, una planta de baja intensidad lumínica (imagen 1). El cultivo depende del temporal y los rendimientos son relativamente bajos, entre 5 a 7 toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$) en comparación con las 75 $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ y una mayor calidad de fruto obtenidas bajo un sistema de producción intensivo en invernadero, lo cual representa una ventaja potencial para su comercialización (Pérez y Castro, 1998).



Imagen 1. Producción de chile manzano asociado con aguacate en Tacámbaro, Michoacán, México.

La producción de chile manzano en invernadero no rebasa las 10 ha en todo el país. Sin embargo, el empleo de esta técnica ha sido adoptado de manera vertiginosa. Se caracteriza por el uso de malla sombra, sustratos inertes, solución nutritiva, riego por goteo, sistema de tuto-reo, poda de ramas y hojas, control de plagas y enfermedades con el uso de trampas y sustancias repelentes, todo ello enfocado a mejorar las condiciones de cultivo para obtener mayor calidad, rendimiento y oportunidad de producción que satisfaga la demanda de un mercado creciente.

En el programa de producción y mejoramiento genético de dicha especie en la Universidad Autónoma Chapingo se ha generado, además de la tecnología de producción, conocimientos sobre fisiología, nutrición, bromatología, comercialización y usos (Pérez y Castro, 1998). Debido a que la información se encuentra dispersa, el presente documento integra el trabajo de investigación y experiencias prácticas realizadas en cuanto al manejo de este cultivo en invernadero a lo largo de trece años.

PRODUCCIÓN EN INVERNADERO E HIDROPONIA

Una alternativa que ayuda en la disminución de los efectos adversos del ambiente de producción de chile manzano es la producción intensiva en invernadero. En ella se emplea malla sombra o plástico blanco lechoso al 50 por ciento, riego por goteo, solución nutritiva, sistema de tutoreo, variedades mejoradas, altas densidades de población, entre otros componentes tecnológicos encaminados a obtener altos rendimientos y calidad de fruto.

Tratamiento de la semilla

La semilla más apropiada para la siembra de chile manzano es la que proviene directamente de los frutos, porque la testa aún posee alto contenido de humedad y facilita su rompimiento durante el proceso de germinación, por lo que se obtiene la emergencia en cinco o seis días. Si no se cuenta con semillas recién cortadas de los frutos, entonces la germinación y emergencia se verán afectadas a causa del endurecimiento de la testa. A fin de evitarlo se recomienda remojar la semilla en agua simple de doce a veinticuatro horas antes de realizar la siembra, lo que contribuirá a su reblandecimiento y permitirá que germine en doce días aproximadamente. Asimismo la semilla puede tratarse químicamente con soluciones de ácido sulfúrico o ácido giberélico (Activol) en concentración de 200 a 300 ppm para facilitar y acelerar la germinación. La adición de 10 g de Captán por kg de semilla es vital para prevenir enfermedades fungosas.

Variedades

En México la generación de variedades de chile manzano es reciente, hasta el año 2002 sólo se empleaban variedades criollas. Es en la Universidad Autónoma Chapingo donde se inician los trabajos de mejoramiento genético de la especie (Pérez *et al.*, 1998). De 1994 a 1999 se llevaron a cabo amplias colectas de frutos provenientes de plantas sobresalientes de las diversas regiones productoras de chile manzano de México y Perú (imagen 2).



Imagen 2. Formas y colores de frutos de chile manzano.

De acuerdo con las necesidades de los consumidores del centro del país, las variedades interpoblacionales con mayor demanda son la Zongolica x Puebla, y la Puebla, ambas de fruto amarillo, de tamaño mediano a grande (imagen 3) y de ciclo perenne. Las plantas de la variedad Zongolica x Puebla tienen entrenudos cortos (11 cm), hojas medianas, alto número de frutos, de dos a tres lóculos; el tiempo del primer fruto maduro después del trasplante es de cinco meses. En cambio, la variedad Puebla presenta entrenudos largos (18 cm), hojas grandes, frutos cuadrados, de tres a cuatro lóculos, pericarpio grueso (0.5 cm), larga vida de postcosecha; el tiempo del primer fruto maduro después del trasplante es de cinco meses y medio.



Imagen 3. Variedades de chile manzano:
Zongolica x Puebla (A) y Puebla (B).

Para la generación de variedades interpoblacionales, seis poblaciones criollas sobresalientes fueron cruzadas entre ellas a través de un diseño dialélico método II de Griffing; es decir, seis progenitores y quince cruza. Las características de cada uno de los materiales genéticos se muestran en la tabla 1.

TABLA 1
CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE VEINTIÚN VARIEDADES
INTERPOBLACIONALES DE CHILE MANZANO

Cruza	Pi	Pj	Rendimiento de fruto			Calidad de fruto			
			PFP (g)	NFP	VF (ml)	GP (cm)	NSF	PSF (g)	NLF
/363 (8 de septiembre 2008)	1	1	1775	47	60	0.48	74	1.04	3.1
2	1	2	1538	51	47	0.45	55	1.04	2.7
3	1	3	2687	52	70	0.52	70	1.31	3.3
4	1	4	1611	55	46	0.43	53	0.89	2.8
5	1	5	1734	57	48	0.45	57	1.03	2.9
6	1	6	1980	56	54	0.48	61	1.15	2.6
7	2	2	1774	47	46	0.46	63	1.13	3.0
8	2	3	2371	44	79b	0.52	73	1.32	3.2
9	2	4	1582	54	44	0.41	53	0.91	2.9
10	2	5	1588	46	53	0.48	71	1.31	2.5
11	2	6	2003	54	55	0.50	69	1.26	2.7
12	3	3	1717	33	78	0.52	63	1.14	3.0
13	3	4	2249	44	77	0.49	70	1.32	3.3
14	3	5	2091	35	90	0.56	77	1.52	2.9
15	3	6	2179	39	84	0.52	69	1.57	3.5
16	4	4	1665	56	42	0.45	49	0.95	3.0
17	4	5	1383	49	42	0.44	52	1.01	2.6
18	4	6	1651	53	49	0.48	69	1.26	2.9
19	5	5	1778	63	31	0.46	49	0.92	2.6
20	5	6	1944	53	56	0.47	73	1.43	3.0
21	6	6	1850	51	53	0.51	62	1.10	3.0

PFP = peso de la fruta por planta, NFP = número de frutos por planta, VF = volumen de fruto, GP = grosor de pericarpio, NSF = número de semillas por fruto, PSF = peso de semillas por fruto, NLF = número de lóculos por fruto, Pi = progenitor i-ésimo, Pj = progenitor j-ésimo, i y j = 1..6. 1 = Zongolica, 2 = Huatusco II, 3 = Puebla, 4 = Huatusco I, 5 = Perú, 6 = Chiapas. Los valores medios provienen de los frutos de diez plantas por variedad.

Producción de plántula

La producción de plántula puede hacerse en charolas de doscientas cavidades, en las que permanecen hasta que tengan cuatro hojas verdaderas (treinta a cuarenta días después de la siembra). Posteriormente, las plántulas deben ser trasplantadas (imagen 4A) en vasos de unicel del número ocho, hasta que alcancen entre ocho y doce hojas (imagen 4B, treinta a cuarenta días más). Los vasos deben tener al menos un orificio en la parte inferior para drenar el exceso de agua después de cada riego. El sustrato que ha dado los mejores resultados para producir plántula de buena calidad es una mezcla de turba (Growing Mix número 2, Phyto plant o Peat moss) y agrolita, en una proporción de 3:1. Existen otras posibilidades de sustratos y mezclas, como la tierra de monte con agrolita, la germinaza o la fibra de coco mezclada con agrolita. Para que las plántulas crezcan sanas y vigorosas, lo más importante es la desinfección estricta de los sustratos, por lo que se recomienda que por cada saco de 3 ft³ de Growing Mix número dos se aplique un kilogramo de cal agrícola o, en su defecto, calhidra.

Aplicación de cal

Durante el ciclo de cultivo del chile manzano se debe aplicar cal al cuello de la planta, al hacerlo se modifica el pH del sustrato que se encuentra a su alrededor y así se evita el desarrollo de enfermedades fungosas como *Phytophthora capsici*, *Fusarium spp* y *Rhizoctonia solanii*. Por consiguiente, debe aplicarse 0.2 g de cal cuando la plántula presente la primera hoja verdadera, 0.5 g cuando tenga cuatro y 1 g al momento del trasplante (ocho hojas). Después se aplican 2 g de cal cada veinte o treinta días hasta el final del ciclo de cultivo. Si no se realiza esta práctica, se puede perder más del 50 por ciento de las plántulas porque los sustratos empleados son ricos en materia orgánica pero con un pH ácido, idóneos para el desarrollo de hongos; por lo que el pH debe mantenerse cercano a 6.5.



Imagen 4. Producción de plántula en invernadero con el uso de malla sombra del 70 por ciento.

Riegos

Dentro de la fase de plántula, la humedad en el sustrato debe mantenerse al 80 por ciento en las charolas y en los vasos de unicel. La cantidad de agua necesaria para humedecer el sustrato es variable y depende de las condiciones de temperatura, radiación y humedad ambiental del lugar donde se produzca la plántula. Su vigor disminuye si se tienen niveles bajos de humedad en el sustrato (50 por ciento) y en el ambiente, de ahí que sea conveniente conservar alta la humedad relativa (75 por ciento) y la del sustrato.

Sombreado

En la fase de almácigo es preciso proporcionar un 70 por ciento de sombra (aproximadamente 21 mil luxes), que se logra colocando «malla sombra» oscura del 70 por ciento (imagen 5) o plástico negro de calibre 200, situado a un metro de altura sobre el nivel de las plantas. Si no se suministra la sombra, las plántulas se vuelven amarillentas y de tamaño pequeño, además pueden llegar a morir.



Imagen 5. Plántulas de chile manzano. Cuatro hojas verdaderas y aplicación de cal en el cuello de la plántula (A) y ocho hojas verdaderas, lista para el trasplante a la maceta definitiva (B).

Solución nutritiva y fertilizante

Cuando las plántulas son pequeñas se les aplica fertilizante iniciador del crecimiento como el producto comercial Petter Plus (9–5–5 más micro–nutrimentos). Se mezcla 1 g del producto en un litro de agua y se aplica al sustrato cada tercer día. Esta fertilización se complementa con la agregación, cada cinco días, de 3 ml de algún fertilizante foliar como Bayfolan Forte, Nitrofoska, Greenzeet o Gro–green, disueltos en un litro de agua. Otra forma de nutrir las plántulas es añadir, cada tercer día, solución nutritiva universal de Steiner diluida al 25 por ciento.

Trasplante a macetas

Las plántulas que han crecido en los vasos de unicel estarán listas para trasplantarse en el momento en que hayan formado de ocho (60 días después de la siembra) a doce hojas verdaderas (90 días) y al aparecer la primera bifurcación en el tallo (imagen 6). En ese periodo las raíces de las plantas han explorado todo el sustrato contenido en el vaso y es necesario trasplantarlas a macetas más grandes; de lo contrario presentarán marchitamiento por falta de agua y hojas amarillentas que comenzarán a caerse, ubicadas en la parte inferior del tallo.



Imagen 6. Trasplante a ocho hojas verdaderas (A) y doce hojas verdaderas y primera bifurcación (B).

Con relación a las macetas, las más apropiadas para el cultivo de chile manzano en invernadero son las bolsas de polietileno de color blanco calibre 600, de 50 por 50 cm de altura y anchura (imagen 7), las cuales se llenan con tezontle fino (menor a 3 mm de diámetro). Antes del trasplante debe saturarse el sustrato con agua limpia, acidificada (pH de 5.5), y hacer cavidades en él del tamaño de los vasos de unicel. En la medida de lo posible se debe colocar en la cavidad y la parte superior de la maceta, al momento del trasplante, una cantidad de sustrato Growing Mix número dos equivalente al volumen del vaso de unicel, con la finalidad de favorecer la disponibilidad de humedad cerca de la planta en las primeras fases de desarrollo.

Arreglo topológico

En invernadero, el arreglo topológico de las macetas debe ser en hileras de 1.60 m por 50 cm de separación entre plantas, de tal manera que en mil 500 m² se colocan trece hileras con 140 plantas en cada una, con un total de mil 820 plantas, lo que representa 1.2 plantas por metro cuadrado y equivale a 12 mil 133 plantas por hectárea (imagen 7).



Imagen 7. Producción intensiva de chile manzano en bolsas de polietileno blanco bajo condiciones de invernadero. Cultivo recién establecido (A) y cultivo al inicio de cosecha (B).

Nutrición del cultivo

Respecto a la producción en maceta e invernadero debe agregarse una solución nutritiva mediante el sistema de riego por goteo. La solución nutritiva corresponde a la solución universal de Steiner propuesta en 1984, que fue adaptada por los autores del documento para chile manzano. La solución se caracteriza por tener una conexión mutua de aniones y cationes, hecho que garantiza su equilibrio electroquímico con excelentes resultados en la producción de dicho cultivo desde 1994.

Para preparar la solución nutritiva se disuelven los fertilizantes que se incluyen en la tabla 2 en mil litros de agua, siguiendo el mismo orden al disolverlos. En la elaboración de la solución nutritiva debe tenerse especial cuidado con su acidez; es decir, el pH debe ser de 5.0 a 5.5, por lo que debe regularse con la aplicación de ácido sulfúrico medido con un pH-metro al inicio y al término de la preparación.

A lo largo de los primeros veinte días después del trasplante, es recomendable añadir la solución nutritiva diluida a una concentración de 50 por ciento. En los siguientes treinta días al 75 por ciento y después al 100 por ciento. En plena producción es conveniente aplicarla al 125 por ciento cuatro veces y separarlas con aplicaciones al 100 por ciento. Cabe destacar que no se debe abusar de las aplicaciones al 125 por

ciento, porque incrementaría la salinización del sustrato y causaría un aumento en la presión osmótica, que a su vez ocasionaría problemas a las plantas en la absorción de agua y nutrimentos, en específico en deficiencias de Mg, K y Ca. Se sugiere hacer lavados del sustrato una vez por mes, con agua normal acidificada (pH = 5.5), y diluir la solución nutritiva (bajar la concentración un 25 por ciento) en días calurosos y concentrarla (incrementar su concentración en 25 por ciento) en días nublados y frescos.

TABLA 2
CANTIDAD DE FERTILIZANTES UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE MIL LITROS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA IRRIGAR PLANTAS DE CHILE MANZANO ESTABLECIDAS EN MACETA E INVERNADERO

<i>Fuente</i>	<i>Cantidad (g)</i>
Ácido fosfórico 85%	100.0 (mL)
Sulfato de potasio	870.0
Sulfato de magnesio	1230.0
Nitrato de potasio	750.0
Nitrato calcio	1300.0
Sulfato ferroso	50.0
Sulfato de manganeso	10.0
Sulfato de zinc	5.0
Sulfato de cobre	5.0
Borax	20.0

Riegos

Junto con la solución nutritiva se aplican los riegos. Es indispensable mantener de 70 a 80 por ciento de la humedad aprovechable en el sustrato. Cuando las plántulas están recién trasplantadas a las macetas (doce hojas verdaderas), en promedio consumen 350 ml de agua por día y si se hallan en plena producción consumen de 2.0 hasta 2.3 litros, así que deben proporcionarse dichas cantidades, distribuyéndolas en el mayor número posible de riegos. Por ejemplo, en plena producción se pueden realizar cinco riegos, cada uno de 400 ml, a intervalos de dos horas, iniciando a las nueve horas y concluyendo a las diecisiete horas.

Manejo de sombra

A causa de la condición de media sombra que precisa el chile manzano, la estructura del invernadero se cubre con plástico blanco lechoso calibre 600 con porcentaje de sombra de 50 por ciento. El requerimiento de radiación para alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis en las hojas es de 550 μmoles de fotones $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$, que corresponde a un tercio de la radiación incidente en un día soleado a las doce horas en el mes de mayo en la zona oriente del Valle de México. Un exceso de sombra causa que las hojas inferiores del tallo de la planta se tornen amarillentas y se conviertan en puntos de demanda en lugar de fuente de carbohidratos. Por lo tanto, es conveniente que en este sistema de producción se poden todas las hojas que se encuentran debajo de la primera bifurcación y se conduzcan las ramas en forma de «V», con el objeto de crear una mejor distribución de la radiación en los diferentes estratos del dosel (imagen 8).



Imagen 8. Conducción de la planta en forma de «V» para mejor distribución de la radiación incidente en los diferentes estratos del dosel de las plantas (A) y sistema de enmallado (B)

Sistema de tutoreo

Como lo muestra la imagen 8A, el sistema de tutoreo consiste en conducir o guiar a las plantas en forma de «V», con alambre galvanizado a manera de tutor e hilo de algodón. En la parte superior, a una altura de 2.30 m, se coloca alambre galvanizado calibre 16 con espacios de 40 cm, de tal

modo que se forma un «enmallado» en el que descansarán las ramas que alcancen esa altura (imagen 8B).

Cuando las plantas alcanzan 2.3 m de altura, el peso de los frutos hace que las ramas descansen sobre el enmallado (imagen 9A), situación que facilita la cosecha. En esa fase de crecimiento del cultivo es necesario incrementar el nivel de poda de hojas al menos hasta el cuarto nudo después de la primera bifurcación del tallo (imagen 9B).



Imagen 9. Crecimiento de frutos sobre la malla superior (A) y poda de hojas hasta el cuarto nudo después de la primera bifurcación del tallo (B).

Poda

Se realiza durante la etapa de crecimiento y producción, consiste en eliminar brotes y hojas que se generan por debajo de la primera bifurcación del tallo. Cuando la planta tiene más de un año de edad, sus ramas descansan en el enmallado y los frutos se ubican en la superficie de dicha estructura, por tanto deben eliminarse las hojas de las primeras bifurcaciones del tallo, así se favorecerá la ventilación y se reducirá el riesgo de enfermedades fúngicas (imagen 9B). Además, las hojas inferiores de las plantas son estructuras que demandan fotoasimilados, pues su producción es inferior al gasto respiratorio.

A los dos años de edad de las plantas, las ramas que crecen sobre el enmallado no permiten el paso de radiación suficiente para el crecimiento

de nuevos brotes o ramas ubicadas en la parte inferior del dosel y crecen hacia la parte superior del invernadero (imagen 10A), donde son prácticamente imposibles de cosechar, por ende se debe hacer una poda de rejuvenecimiento. Ésta consiste en eliminar las ramas de las plantas hasta el segundo o cuarto nudo. El corte de los tallos o ramas debe realizarse un centímetro después del nudo para evitar la muerte del tallo, puesto que en el nudo se desarrollarán las nuevas hojas, tallos y frutos (imagen 10B).



Imagen 10. Crecimiento de las ramas hacia la parte superior del invernadero, dos años después de la siembra y sobre el sistema de enmallado (A). Crecimiento de los nuevos brotes o ramas después de la poda de rejuvenecimiento (B).

Cubierta del suelo (Grown cover)

Sobre la superficie del suelo, donde descansan las macetas con las plantas de chile manzano, es pertinente colocar una capa de 5 cm de tezontle blanco o granzón y encima de ella el *grown cover*, película de color blanco que evita el crecimiento de la maleza y refleja la radiación benéfica para el crecimiento de las plantas en sus primeras etapas. La cubierta también disminuye la población de araña roja al evitar dispersión de polvo del suelo.

Control de plagas

De la experiencia generada durante doce años de cultivar chile manzano en condiciones de invernadero, se han identificado los siguientes insectos

tos-plaga de interés económico principales: mosquita blanca, araña roja, caracol de jardín, gusano del fruto y pulgón.

Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

Es una plaga importante en los primeros diez días después del trasplante porque los altos niveles poblacionales pueden causar diversos problemas: el virus del mosaico del tabaco, el chino y el jaspeado, entre otros. Con la finalidad de evitar que la población de mosquita se incremente, se puede realizar un control integrado que consiste en colocar platos o cintas de polietileno amarillo (imagen 8A y 8B) distribuidos en todo el invernadero (al menos uno por cada 5 m²). Los platos se sujetan con hilo y ajustan su altura conforme la planta crece. Se impregnan de un pegamento especial como el adherex, adequim o el biotac. De preferencia los platos deben cubrirse con una bolsa de plástico transparente a la que se le adhiere el pegamento, lo que posibilita cambiarlas cuando se sature de insectos y reemplazarlas por nuevas. Asimismo se pueden añadir extractos de plantas que repelen las plagas (Protek, Biocrack y Bugclean), a razón de 2 ml por litro de agua.

Otra opción para controlar a la mosquita blanca es la aplicación de Confidor (*Imidacloprid*), a razón de 1 ml de producto por litro de agua, en el cuello de la planta a los diez días después del trasplante. En caso de ataque severo de la plaga se debe practicar la rotación de insecticidas organoclorados, organofosforados, piretroides y de extractos de plantas, con la intención de evitar la selección de individuos resistentes a tales productos.

Araña roja (*Tetranychus* spp)

Esta plaga succiona la savia y produce un manchado rojizo en las hojas, las cuales posteriormente se vuelven amarillentas (imagen 11A) y caen con mucha facilidad (imagen 11B). Si se quiere prevenir su presencia en el invernadero es preciso evitar altas temperaturas (arriba de 25 °C) y bajas humedades relativas (menor del 50 por ciento). En caso necesario, aplicar AK 20 o Agrimec a razón de 1.0 y 0.7 ml por litro de agua, respectivamente.

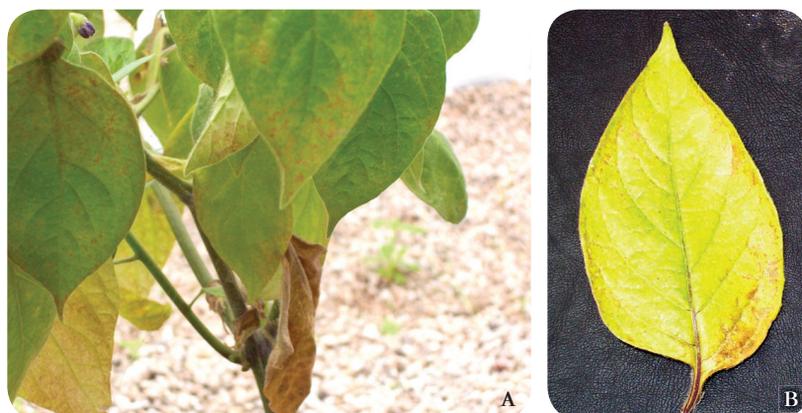


Imagen 11. Daño por araña roja en las hojas inferiores (A) y abscisión de hojas (B).

Caracol de jardín (*Helix pomatia*)

El chile manzano se cultiva en condiciones de sombra, alta humedad relativa (entre 70 por ciento y 80 por ciento) y temperaturas frescas (18 a 20 °C). Dichas condiciones propician la proliferación de caracoles de jardín en el invernadero que se alimentan de la epidermis de los tallos y frutos de la planta. En las primeras fases de desarrollo del cultivo, los daños producidos por el caracol pueden ser graves al causar la muerte de ramas por las lesiones que provocan al raspar el tejido epidérmico (imagen 12). Existen muchos métodos recomendados en el control del molusco: uso de sal, cal y cerveza. La forma más eficaz es colectarlos al atardecer, momento en el que se alimentan de las plantas. Luego de la colecta se puede preparar una rica sopa de caracoles aderezada con chile manzano.



Imagen 12. Daño en tallo (A) y en ramas (B) de chile manzano provocado por caracol de jardín.

Gusano del fruto (*Heliothis virescens*)

Es fundamental mantener cerrados los accesos del invernadero con el propósito de impedir la entrada de palomillas responsables del problema, puesto que cada una de ellas deposita una gran cantidad de huevecillos en las plantas, que al eclosionar inician su alimentación de hojas y frutos, y causan perforaciones que reducen su rendimiento y calidad (imagen 13A). Para su control se sugiere utilizar productos con *Bacillus thuringiensis* a razón de un gramo por litro de agua. También se pueden usar extractos vegetales a base de ajo y cebolla (como Bugclean, Protek y Biocrack) que actúan como repelentes. En el último de los casos es viable emplear productos químicos como Metomil (*methomyl*) y piretroides (*Permetrin*as y *Cipermetrin*as), que son de bajo poder residual y permiten cosechar los frutos después de una semana de su aplicación.

Pulgón (*Myzus persicae*)

Se trata de un insecto que ataca a lo largo de todo el ciclo de cultivo y se alimenta de la savia de la planta (imagen 13B). Su población se incrementa en periodos de días nublados y frescos. Como parte de su control se recomienda emplear platos azules, de manera similar a los platos amarillos que se colocan para mosquita blanca. De igual modo puede aplicarse el hongo *Bauveria* spp que parasita a esta plaga y como última opción se pueden usar insecticidas de diferentes grupos toxicológicos.



Imagen 13. Daño causado por gusano del fruto (A) y por pulgones (B).

Enfermedades y su control

Secadera del chile (*Phytophthora capsici*)

Es una enfermedad que provoca marchitamientos vasculares. En su desarrollo requiere temperaturas de 22 °C, alta humedad relativa (mayor al 90 por ciento) y sustratos muy húmedos. Es la principal enfermedad del cultivo de chile manzano a campo abierto, razón por la que se emplean sustratos estériles (tezontle rojo) para el cultivo en invernadero, porque en este sustrato no se encuentra presente el inóculo de *Phytophthora*. Además, al agregar cal al cuello de la planta, se evitan las pérdidas causadas por el hongo. Se pueden realizar aplicaciones preventivas de fungicidas de cobre, azufre y Clorotalonil, y en casos curativos se puede acudir al Metalaxil.

Botrytis cinerea

Se presenta en etapas avanzadas de desarrollo del cultivo, en condiciones de alta humedad relativa (mayor al 90 por ciento), es decir, al inicio de la maduración de los primeros frutos, y simultáneamente se genera un ambiente de alta humedad relativa en el invernadero. De hecho, en las áreas del invernadero en las que se condensa el agua en la cubierta de polietileno y se precipita es donde comienza su desarrollo, al atacar

los tallos y hojas de un grupo de plantas. Las plantas afectadas ostentan hojas amarillentas como si estuvieran etioladas, semejante anomalía avanza rápidamente hacia las hojas del ápice, por lo que los frutos dejan de crecer debido a la falta de aporte de fotosintatos. En condiciones extremas de alta humedad relativa la enfermedad llega a atacar al tallo, ocasiona necrosis en el tejido, estimula la aparición de brotes laterales abajo del daño y propicia un nulo crecimiento de la parte apical de la planta. En ocasiones, a fin de no perder la plantación, se puede eliminar el tejido dañado y dejar los brotes laterales que emergen de las ramas para que se regenere la planta.

Se ha observado que la mejor forma de controlar la enfermedad es incrementar la distancia entre plantas, efectuar oportunamente la poda de hojas y brotes, y disminuir la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, con el objeto de reducir el vigor excesivo de las hojas. Los productos químicos que se emplean para controlarla incluyen cobre, azufre y Clorotalonil de manera preventiva y Metalaxil de modo curativo.

Fumagina (*Fumagina* spp)

Este hongo se alimenta de los azúcares que excretan las mosquitas blancas y los pulgones. Cuando es alta la población de esos insectos, el hongo se reproduce con gran rapidez y logra cubrir toda la hoja, de tal manera que las hojas ya no pueden realizar la actividad fotosintética necesaria para la planta. En su control se usa caldo bordelés, mismo que se prepara con 3 g de sulfato de cobre más 3 g de cal por litro de agua.

Pseudomonas spp

Es una enfermedad bacteriana que se manifiesta en forma de roña en hojas y frutos. Se presenta en todo el ciclo del cultivo y es más intensa en los meses de noviembre a febrero. Se sugiere hacer aplicaciones de oxitetraciclina (terramicina agrícola y agrymicin 500).

Control ambiental del invernadero

Apertura de cortinas

En el manejo del invernadero, un aspecto relevante es la apertura y cierre de las cortinas. En primavera y verano las cortinas se abren totalmente a las siete horas y el cierre se realiza a las dieciocho treinta horas, cuando el calor ha disminuido; en invierno existe la necesidad de abrir más tarde (diez horas) y cerrar más temprano (dieciséis treinta horas), lo cual permite que el invernadero conserve el calor suficiente para evitar que las temperaturas bajas ocasionen una posible helada.

Uso de calentadores

Durante el invierno, en el caso de la zona oriente del Estado de México, es necesario el sistema de calefacción porque las temperaturas descienden hasta 0°C. Por ello, se usa un sistema de calefacción eléctrico automático de bajo costo, que se comporta de modo eficiente en el control de las temperaturas. Los calentadores eléctricos se utilizan por lo común en muchos hogares (imagen 14); se activan automáticamente a la temperatura deseada. En mil 500 m² de invernadero se precisan veinte calentadores distribuidos de forma equidistante. Cabe señalar que el uso de calentadores eléctricos es más económico que los calentadores de gas.



Imagen 14. Calentador eléctrico en invernadero.

Nebulización

La humedad relativa adecuada para este cultivo es entre 70 y 80 por ciento, así que la nebulización en los meses de marzo, abril y mayo es indispensable en la zona oriente del Estado de México, donde la humedad relativa puede caer hasta el 30 por ciento.

Cosecha

Se efectúa cuando los frutos adquieren el color característico del cultivo, aproximadamente a los cinco meses y medio después del trasplante (imagen 15A). La forma más práctica de cosechar es manual, con el uso de tijeras que facilitan el corte. En botes o cubetas de plástico se depositan los frutos, clasificados por tamaño (grande o pequeño).

Para el empaque se emplean cajas de madera de aproximadamente 15 kg (imagen 15B), aunque en los mercados finales sustituyen por cajas de cartón, o bien, se acomodan en presentaciones pequeñas en platos de unicel con tres o cinco frutos.



Imagen 15. Fruto listo para cosechar (A) y frutos en cajas de madera en espera de ser transportados al mercado (B).

PRODUCCIÓN A CAMPO ABIERTO

Los sistemas actuales de producción se caracterizan por ser de campo abierto bajo sombra de pinos o sin sombra directa. Es decir, por la geo-

grafía del terreno se obtiene la sombra indirecta de los árboles forestales que se encuentran alrededor de las parcelas, que por lo general son pequeñas. También existe el sistema de producción a campo abierto asociado a algunos cultivos como el aguacate y el durazno. Recientemente los productores han optado por establecer el sistema de acolchado, que aún se halla en proceso de evaluación.

Resulta pertinente señalar que las actividades realizadas en el ciclo productivo son las mismas en un sistema de producción bajo sombra o a campo abierto asociado, lo único que varía es la cantidad de plantas por hectárea; y en el caso del acolchado, la forma de fertilización y el número de labores culturales. El sistema de producción consiste en establecer una plantación bajo la sombra de algunos árboles de pino, aguacate, durazno u otro frutal localizado en el terreno (imagen 16).



Imagen 16. Producción de chile manzano a campo abierto bajo la sombra de árboles de pino (A) o aguacate (B).

Desmonte

Esta actividad estriba en desmontar y talar algunos árboles forestales. El desmonte es de la flora media y baja, matorrales y arbustos pequeños, la tala de árboles se realiza con el fin de abrir espacios para la plantación. No obstante, siempre se dejan árboles de pino altos y maduros, simétricamente distribuidos en el terreno, que sirven de sombra parcial al cultivo.

La madera obtenida de la tala y desmonte de los árboles constituye un ingreso extra para el sostenimiento económico de las familias; parte

de esa madera es empleada como estacas dentro del tutoreo de las plantas. Aunque parece que hay una deforestación fuerte de la zona, ésta no ha perdido el equilibrio del ecosistema debido a que las áreas con chile manzano son pequeñas (no mayores a una hectárea). Además, hay plantaciones de árboles de aguacate que substituyen a la población de árboles de pino. Con el desmonte el terreno queda listo para la plantación del chile, sólo en algunos casos es posible rastrear, si el terreno lo permite, o hacer los surcos guía para llevar un orden en el trasplante.

Selección de semilla

La semilla para la siembra se obtiene de frutos maduros de color amarillo intenso y de forma cuadrada, de plantas sanas, libres de la secadera del chile (*Phytophthora capsici* L), con buen porte y vigor.

Siembra

Se realiza de forma manual y puede ser efectuada en almácigos o en charolas de diferentes cavidades mediante sustratos orgánicos comerciales como Peat Most, Growing Mix o con tierra de monte. La época de siembra va de marzo a mayo.

Trasplante

Entre los setenta y ochenta días después de la siembra se lleva a cabo el trasplante, en el momento en que la planta alcanza de 20 a 35 cm de altura y tiene alrededor de diez hojas verdaderas (imagen 17). El trasplante puede ser efectuado en época de lluvias en los lugares en los que no se cuenta con agua de riego; o antes de las lluvias con el auxilio de un riego al hacer el trasplante. Se dejan espacios de 2 a 3 m entre surcos y de 40 a 60 cm entre plantas para obtener una densidad de población de 5 mil a 8 mil plantas por hectárea.



Imagen 17. Plántulas de chile manzano recién trasplantadas en el sistema de producción de sombra de árboles de pino.

Labores culturales

Aporque

En el aporque se acerca tierra suficiente al tallo de la planta con el objeto de proporcionar soporte, proveerla de mayor humedad y lograr más vigor; se realiza al momento del trasplante y cada vez que se aplica fertilizante al suelo (imagen 17).

Aplicación de cal

Con la intención de evitar la proliferación de hongos que atacan el cuello de la planta y otros patógenos que dañan al cultivo, el pH del suelo debe incrementarse con aplicaciones de cal de forma manual, incorporando de 3 a 5 g alrededor del cuello de las plantas, al momento del trasplante y posteriormente en intervalos de quince a veinticinco días.

Tutorado

La función del tutorado es proporcionar el soporte a las ramas de las plantas de chile. Las estacas se colocan a una distancia de 4 m entre

ellas y en posición en «V» para permitir que tengan mayor disponibilidad de radiación y circulación de aire. El tutorado consiste en amarrar hilo de rafia a las estacas, desde la parte inferior hasta la parte superior. No existe una distancia exacta entre cada hilera de rafia, pero se establecen de tres a cinco líneas, con altura total aproximada de 1.50 a 1.80 m (imagen 18A).



Imagen 18. Sistema de tutores (A) y control de malezas (B) en el sistema de producción de chile manzano bajo sombra de pinos.

Control de la maleza

A propósito de la maleza que crece en el surco, puede eliminarse química o manualmente, en intervalos mensuales. Es preciso que entre los surcos se deje una franja de maleza recortada para evitar la erosión del suelo (imagen 18B). Al eliminar la maleza se impide la competencia por nutrientes y la posibilidad de tener hospederos de plagas y enfermedades. El control químico se efectúa asperjando productos herbicidas de contacto, como el paraquat que elimina parcial o totalmente la maleza.

Riegos

En temporada de lluvias el riego no es necesario a menos que la sequía intraestival o canícula, que por lo general se presenta en el mes de agosto, se prolongue demasiado; entonces se aconseja aplicar riegos por gravedad en intervalos de diez a quince días.

Fertilización

Puede variar en cuanto a los intervalos y al número de aplicaciones porque se halla en función del ciclo del cultivo (de uno a un año y medio o más) y porque es una planta semiperenne. La fertilización también cambia debido a las posibilidades económicas del productor. Algunos productores efectúan alrededor de cuatro aplicaciones y otros cada mes y medio o dos meses. Los fertilizantes más usados son triple 17, 18–46–00 y 12–24–12. De forma general, no se cuenta con datos de análisis nutricional del suelo, por lo que se recomienda emplear la relación 2:1:2 de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), respectivamente.

Control de plagas y enfermedades

Se realiza de modo preventivo y cuando hay plagas y enfermedades en el cultivo. El método más usado es el control químico a través de insecticidas, funguicidas, acaricidas, entre otros. El intervalo de aplicaciones depende de la presencia de plagas y enfermedades. Para las primeras se hacen de cuatro a cinco aplicaciones de diversos productos (dimetoato, metamidofos, abamectina, etcétera), mientras que en las segundas se puede aplicar metalaxil, clorotalonil u oxiclورو de cobre. Las enfermedades más comunes son la secadera del chile, causada por *Phytophthora capsici* L., y daños por nemátodos como *Nacobus serendepitecus*. Por su parte, las plagas más comunes son pulgones (*Myzus persicae*), araña roja (*Tetranychus sp.*), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y gusano del fruto (*Heliothis suplex*).

Cosecha

A los cinco meses del trasplante se efectúa la cosecha. El ciclo productivo puede variar entre uno y un año y medio o en algunos casos hasta dos años, con frecuencia de corte o colecta de frutos cada quince días, para lo cual se emplean botes de plástico en los que se deposita la fruta. El periodo de baja producción es de abril a junio, los meses de mayor producción son de septiembre a noviembre debido a la ausencia y presencia de lluvias. Una hectárea en este sistema produce de quince a veinticinco toneladas por ciclo de cultivo.

COMPARACIÓN TÉCNICA, FINANCIERA Y COMERCIAL
DE PRODUCCIÓN EN INVERNADERO *VERSUS* CAMPO ABIERTO

Comparación técnica

De acuerdo con los datos presentados en la tabla 3, existe mayor rendimiento de fruto en invernadero ($70.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) que en los sistemas de campo abierto ($16.0 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), situación atribuida al manejo técnico que incluye el uso de semilla mejorada, control de plagas y enfermedades, riego por goteo, control de la nutrición y control parcial del ambiente aéreo en el que se encuentra el cultivo. El producto obtenido también es superior en cuanto a calidad, lo que favorece su comercialización en mercados más exigentes, como son los internacionales.

TABLA 3
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS DE PRODUCCIÓN
DE CHILE MANZANO A CAMPO ABIERTO *VERSUS* INVERNADERO

<i>Concepto</i>	<i>Sistema a campo abierto bajo sombra de pino</i>	<i>Sistema a campo abierto asociado al cultivo de aguacate</i>	<i>Sistema intensivo bajo condiciones de invernadero*</i>
Sistema de producción	Convencional	Convencional	Intensivo en hidroponía
Ambiente físico	Natural (microclimas) Sin control	Natural (microclimas) Sin control	Con mayor control en radiación, H.R. y T C
Concepto	Sistema a campo abierto bajo sombra de pino	Sistema a campo abierto asociado al cultivo de aguacate	Sistema intensivo bajo condiciones de invernadero*
Semilla	Criolla	Criolla	Híbridos intervarietales
Fertilización	Manual	Manual	Solución nutritiva
Trasplante	Directo	Directo	Doble trasplante
Tutoreo	Estacas y rafia	Estacas y rafia	Especial en forma de túneles con estructura metálica y fijo
Riego	Rodado	Gravedad	Localizado (goteo)
Control de plagas y enfermedades	Necesaria y química	Necesaria y química	Integral
Control de malezas	Manual	Manual	No es necesario

<i>Concepto</i>	<i>Sistema a campo abierto bajo sombra de pino</i>	<i>Sistema a campo abierto asociado al cultivo de aguacate</i>	<i>Sistema intensivo bajo condiciones de invernadero*</i>
Polinización	Natural (sin control)	Natural (sin control)	Natural e inducida (abejorros)
Vida útil de la plantación	1.5 años	1.3 años	Hasta 5 años
Rendimiento	16.0 t ha ⁻¹ ciclo ⁻¹	13.9 t ha ⁻¹ ciclo ⁻¹	70.6 t ha ⁻¹ año ⁻¹

* Proyección para el segundo año de producción en una superficie de mil 500 m².

Comparación financiera

Según el análisis financiero, se aprecia que los sistemas de producción evaluados son rentables (tabla 4). A causa de la estructura de los costos de producción, el punto de equilibrio de producción es menor (2.03 t año⁻¹) en el sistema de invernadero, lo que significa que con menor producción se logra igualar los costos de producción, aunque en una menor superficie de cultivo (Barrios y Portillo, 1989).

TABLA 4
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ASPECTO FINANCIERO DE LOS DIFERENTES
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CHILE MANZANO EN MÉXICO

<i>Concepto</i>	<i>Sistema a campo abierto bajo sombra de pino (\$/ha)</i>	<i>Sistema a campo abierto asociado al cultivo de aguacate (\$/ha)</i>	<i>Sistema intensivo bajo condiciones de invernadero (1,500 m²)*(\$)</i>
Costos fijos	24,120.00	30,000.00	15,210.87
Costos variables	83,424.00	67,093.40	67,698.40
Costos totales de producción	107,544.00	97,093.40	82,909.27
Ingresos brutos	160,000.00	123,300.00	159,000.00
Utilidad o pérdida aparente	52,454.00	26,206.60	76,090.73
Costos de producción	\$6.72/kg	\$6.99/kg	\$7.82/kg
Punto de equilibrio Qeq	5.04 t ha ⁻¹	7.88 t ha ⁻¹	2.03 t año ⁻¹
RBC	1.22	1.13	1.10
VAN	23,975.86	12,546.15	60,661.87
TIR	30.08%	22.65%	21.41%

*Proyección para el segundo año de producción en una superficie de mil 500 m².

Comparación en comercialización

En la tabla 5 se indica que el producto obtenido en invernadero tiene mayor calidad que el de campo abierto, lo que facilita su acceso a los mercados internacionales. Aunque el margen de comercialización para el productor es bajo, puede incrementarse si existe un trato directo con los agentes finales. La participación del productor en el precio de venta final se ve limitado por los agentes comerciales, ya que al aumentar su número, el nivel de participación disminuye; por tanto, se propone reducir agentes de comercialización. Lo anterior puede lograrse con la creación de asociaciones de productores en el ámbito local y regional, y con la constitución de una Asociación Nacional de Productores de Chile Manzano que efectúe trámites de exportación y que pueda regular los precios del mercado, es decir, que funcione como apoyo a los productores.

TABLA 5
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ASPECTOS COMERCIALES DE LOS DIFERENTES
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CHILE MANZANO EN MÉXICO

<i>Calidad del producto</i>	<i>Sistema a campo abierto bajo sombra de pino</i>	<i>Sistema a campo abierto asociado al cultivo de aguacate</i>	<i>Sistema intensivo bajo condiciones de invernadero</i>
Tamaño	Mediano y pequeño	Mediano y pequeño	Grandes, medianos y pequeños
Forma	Deformes	Deformes	Uniforme
Brillo	Poco	Poco	Mucho
Tipo de mercado	Local y regional	Local, regional y nacional	Local y regional
Precio promedio anual de venta*	\$10.00	\$8.87	\$9.74
Margen de comercialización al productor	\$3.28	\$2.01	\$2.21
Participación del productor en el precio de venta final**	13.12%	8.04%	11.05%

* Promedio de precio pagado al productor en el año 2004.

** Para el caso de la producción en invernadero, el nivel de participación corresponde a los meses de producción y a un precio promedio de venta de \$9.74/kg.

Por otra parte, como los costos de producción fijos en los sistemas de campo abierto son menores a los de invernadero, entraña una inversión fuerte para el sistema intensivo, si bien se retribuye con la vida útil de la infraestructura productiva. La variación en el precio a lo largo del año en las diversas zonas de producción hace que el cultivo sea rentable. Una industria de transformación que genere valor agregado al producto, podría incrementar las utilidades del cultivo y la gama de productos derivados del chile manzano se diversificaría.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrios–Puente, G. y M. Portillo–Vázquez. 1989. Elaboración y evaluación de proyectos de inversión en el sector forestal. División de ciencias socioeconómicas. *Revista Agrosociedad*, año II, 1(1):19–37. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro». Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Pérez–Grajales, M. y R. Castro–Brindis. 1998. Guía para la producción intensiva de chile manzano. Boletín de divulgación número 1. Programa Nacional de Investigación en Olericultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
- Pérez–Grajales, M., F. Márquez–Sánchez y A. Peña–Lomelí. 1998. Mejoramiento Genético de Hortalizas. México. Mundi Prensa/Universidad Autónoma Chapingo.
- Pérez–Grajales, M., V.A. González–Hernández, M.C. Mendoza–Castillo, A. Peña–Lomelí and J. Sahagún–Castellanos. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (R y P) landraces. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129:88–92.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO.

Concentración de capsaicinoides
en chile manzano

Mario Pérez Grajales
Víctor A. González Hernández

INTRODUCCIÓN

El picor en chile es causado por al menos uno de los catorce compuestos alcaloides conocidos como capsaicinoides (Kobata *et al.*, 1998). Según Krajewska y Powers (1988) existe una relación lineal entre el picor y la cantidad total de capsaicinoides, debido a ello el picor de una muestra se expresa como la suma de picor de cada capsaicinoide.

Diferencias genotípicas y ambientales modifican el grado de picor (Harvell y Bosland, 1997; Zewdie y Bosland, 2000). Entre genotipos el contenido de capsaicinoides puede fluctuar desde cero a más de 300 mil unidades Scoville (DeWitt y Bosland, 1993). En bajas concentraciones, el humano puede percibir diferencialmente el picante de cada capsaicinoide. De acuerdo con Krajewska y Powers (1988) la capsaicina, la dihidro-capsaicina y la homodihidrocapsaicina provocan una sensación irritante en comparación con la nordihidrocapsaicina. Por tanto, las variedades o genotipos de chile podrían diferir en las combinaciones de capsaicinoides y así producir distintos grados de picor (Bosland, 1993).

Blum *et al.* (2002) comentan que existe un alelo dominante *c* necesario en la expresión del picor en *Capsicum*, de modo que las plantas homocigóticas recesivas *cc* no desarrollan picor en el fruto. No obstante, es posible que existan más genes que lo produzcan, puesto que hay una amplia diversidad en el contenido de capsaicinoides entre los distintos picantes de chile (Collins *et al.*, 1995). El fruto del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) se compara en picor al jalapeño (*Capsicum annuum* L.), pero es inferior al habanero (*Capsicum chinense* Jacq); esto ha motivado un incremento en la demanda del chile no sólo en México sino también en los Estados Unidos (Collins *et al.*, 1995). En México se cultivan variedades criollas de chile manzano derivadas de poblaciones introducidas al país, que difieren en tamaños, colores y rendimiento.

Como parte del proyecto para generar híbridos mejorados de chile manzano, se estudiaron cinco muestras criollas de México y una de Perú, así como quince híbridos derivados de sus cruza. En cuanto al contenido y distribución de capsaicinoides en el fruto, se analizaron determinados aspectos: aptitud combinatoria general y específica, heterosis y la relación de éstos con el rendimiento del fruto.

El estudio se llevó a cabo en plantas cultivadas con fertirriego por goteo en un invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo (México), conforme al sistema de producción intensivo propuesto por Pérez y Castro (1998). Referente al manejo agronómico fue idéntico al descrito por Pérez *et al.* (2008). Se utilizaron plantas individuales sembradas en macetas de 45 cm de altura por 40 cm de anchura, las cuales se colocaron a una distancia de 50 cm y entre cada hilera permeó un espacio de 80 cm. Luego se efectuó el despunte de plantas a 1.80 m y se eliminaron las ramas laterales jóvenes que brotaron por debajo de la primera bifurcación. La temperatura promedio del invernadero fue de 16 a 18 °C y la radiación de 500 a 550 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, que correspondió aproximadamente a un tercio de la radiación presente a las doce horas en un día despejado.

La variedad peruana y las cinco criollas colectadas en México, además de los quince posibles híbridos, se examinaron en un diseño dialélico método II de Griffing (1956). Las variables de respuesta fueron el rendimiento de fruto y la concentración de capsaicinoides de frutos completos en tres tejidos del fruto (pericarpio, placenta y semillas). Con la finalidad de determinar los capsaicinoides, se tomó una muestra de cinco frutos por genotipo, que fueron seleccionados de las primeras tres bifurcaciones basales de cinco plantas. Después se eligieron de nueva cuenta cinco de cada uno de los veintinueve genotipos, que a su vez fueron separados en pericarpio, placenta y semillas para medir la concentración de capsaicinoides en cada tejido. La cuantificación del rendimiento del fruto se hizo en diez plantas por genotipo, asimismo los datos se analizaron estadísticamente con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones (Pérez *et al.*, 2008).

Extracción y cuantificación de capsaicinoides

Los capsaicinoides se extrajeron en 10 ml de acetonitrilo de 1 g de fruto seco y molido (Collins *et al.*, 1995) (imagen 1). La mezcla se colocó a baño maría a 60 °C durante cinco horas; después 3 ml del extracto fueron filtrados en acrodiscos con diámetro de poro de 0.45 μm , y 20 μL de filtrado fueron inyectados tres veces en un cromatógrafo (HPLC HP 1100), provisto

con detector UV-vis 280 nm, flujo 1.5 ml min⁻¹, fase móvil de acetonitrilo: H₂O (55:45), columna (Supelco Supelcosil) C18 de 250 por 4 mm, y temperatura ambiente (22 ± 2.5 °C) (Parris, 1996). Para identificar la capsaicina e hidrocapsaicina se emplearon estándares preparados a 0.15 mg ml⁻¹. Por carecer del estándar de nordihidrocapsaicina, el pico inmediato anterior a la capsaicina observado en los cromatogramas se identificó como nordihidrocapsaicina de acuerdo con Collins *et al.* (1995).



Imagen 1. Frutos seco (A) y molido (B) de chile manzano para la cuantificación de capsaicinoides.

Análisis de datos

A través de la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) fue posible comparar los promedios del contenido de capsaicinoides y el rendimiento de frutos por genotipo. La significancia de los valores de aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE) así como el efecto de cada uno de los progenitores e híbridos, respectivamente, se obtuvieron mediante el análisis del diseño dialéctico de Griffing II (1956) y el algoritmo computacional

propuesto por Burrow y Coors (1994). La heterosis con respecto al mejor progenitor se calculó por medio de la siguiente fórmula: Heterosis = $100 (F_1 - MP) / MP$, donde F_1 es el valor medio del híbrido y MP es el valor medio del mejor progenitor (Fonseca y Paterson, 1968).

Capsaicinoides y rendimiento de fruto

Los seis progenitores mostraron variación significativa de 2 mil 420 a 3 mil 690 $\mu\text{g g}^{-1}$ en el contenido total de capsaicinoides (CPS) con base en peso seco (PS) de frutos, donde la variedad Puebla presentó el menor valor y Perú el más alto (tabla 1). En los híbridos, la cruce de Puebla x Huatusco I manifestó el contenido más alto en CPS con 6 mil 210 $\mu\text{g g}^{-1}$ PS, mientras que el valor más bajo se observó en el híbrido Zongolica x Puebla con 2 mil 230 $\mu\text{g g}^{-1}$ PS. Es decir, algunos híbridos superaron a sus dos progenitores en CPS, en tanto que otros resultaron iguales o inferiores a ellos. El menos picoso (Zongolica x Puebla) tuvo el mayor rendimiento, con 48 t ha^{-1} , no así el más picoso que reflejó un rendimiento intermedio. Entre progenitores no hubo diferencias significativas (tabla 1).

Concerniente al tipo de capsaicinoides, la dihidrocapsaicina fue el alcaloide con mayor concentración (64 por ciento) en frutos completos de chile manzano, pero además fue el responsable de la variación en CPS. El contenido de capsaicina varió de 26 a 29 por ciento y el de nordihidrocapsaicina de 7 a 10 por ciento (tabla 1).

TABLA 1
CONTENIDO DE CAPSAICINOIDES ($\mu\text{g g}^{-1}$ CON BASE EN PESO SECO)
EN FRUTO COMPLETO Y RENDIMIENTO DE FRUTO (RT, t ha^{-1})
EN HÍBRIDOS Y PROGENITORES DE CHILE MANZANO

<i>Capsaicinoides</i> ($\mu\text{g g}^{-1}$)	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>CT</i>	<i>RT(t ha⁻¹)</i>
Genotipo	Progenitores				
Zongolica (Z)	440	970	1750	2610 j	32 f-j
Huatusco II (H II)	300	910	2320	3530 ef	32 f-j
Puebla	240	730	1450	2420 kl	31 f-j
Huatusco I (H I)	140	730	1800	2660 j	30 f-g

<i>Capsaicinoides</i> ($\mu\text{g g}^{-1}$)	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>CT</i>	<i>RT(t ha⁻¹)</i>
Perú	420	730	2540	3690 e	32 f-j
Chiapas	200	900	1390	2490 jk	33 f-j
Promedios	290	830	1870	2900	31.7
Híbridos					
Z x H II	340	670	2070	3080 h	28 ij
Z x Puebla	310	960	960	2230 l	48 a
Z x H I	390	770	2550	3710 e	29 f-g
Z x Perú	520	780	3110	4410 c	31 f-j
Z x Chiapas	260	730	1870	2860 i	36 f-g
H II x Puebla	330	700	2110	3150 h	43 ab
H II x H I	350	690	1850	2890i	28 h-j
H II x Perú	400	730	1550	2680j	28 h-j
H II x Chiapas	450	1340	3220	5010 b	36 d-f
Puebla x H I	470	1750	4000	6210a	40 bc
Puebla x Perú	300	1040	2010	3350 g	38 b-d
Puebla x Chiapas	300	1370	2670	4340 c	39 b-d
H I x Perú	440	850	2810	4110 d	25 j
H I x Chiapas	280	790	2310	3390 fg	30 f-g
Perú x Chiapas	330	1000	2300	3630 ef	35 f-g
Promedios	370	950	2350	3670	34.2

N = nordihidrocapsaicina, C = capsaicina, D = dihidrocapsaicina, CT = capsaicinoides totales.

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p = 0.05$).

ACG, ACE y heterosis de capsaicinoides

Dado que la variación en CPS se determina principalmente por dihidro-capsaicina, el análisis de aptitud combinatoria se hizo en este tipo de capsaicinoide y en los CPS totales. El análisis no detectó diferencias importantes ($p = 0.05$) para ACG, pero en ACE las diferencias fueron significativas en ambos capsaicinoides (tabla 2).

TABLA 2

CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO TOTAL DE CAPSAICINOIDES Y DIHIDROCAPSAICINA EN FRUTOS COMPLETOS DE SEIS VARIEDADES DE CHILE MANZANO APAREADAS DE ACUERDO CON EL MÉTODO DOS DEL DISEÑO DIALÉLICO DE GRIFFIN (1956)

Cuadrados medios

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Dihidrocapsaicina</i>	<i>Capsaicinoides totales</i>
Cruzas	20	147400*	281020*
ACG	5	55250	79030
ACE	15	178120*	348340*
Error		4520	366.0
CV (%)		6	5

* = Significancia con $p = 0.05$, GL = grados de libertad, ACG = Aptitud combinatoria general, ACE = Aptitud combinatoria específica, CV = Coeficiente de variación.

El grado de ACE varió entre los quince híbridos, porque tanto en cps totales como en dihidrocapsaicina fue negativa o no significativa en nueve de ellos, mientras que en seis híbridos fue positiva y significativa (tabla 3). La heterosis también difirió entre los quince híbridos, de manera que sólo cinco tuvieron heterosis positiva y significativa en cps y en dihidrocapsaicina. Sólo un híbrido (Zongolica x Perú) mostró heterosis positiva y significativa ($p = 0.05$) en dihidrocapsaicina, pero no en cps totales. Los mayores valores de ACE y heterosis correspondieron al híbrido Puebla x Huatusco I, el cual presentó el mayor picor. La cruce de menor picor (Zongolica x Puebla) manifestó una de las más bajas ACE y heterosis negativa (tabla 3).

TABLA 3

EFFECTOS DE LA APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA (ACE) Y HETEROSIS RESPECTO AL PROGENITOR CON MAYOR CONTENIDO DE DIHIDROCAPSAICINA Y CAPSAICINOIDES TOTALES EN QUINCE HÍBRIDOS INTERVARIETALES DE CHILE MANZANO

<i>Híbridos</i>	<i>Dihidrocapsaicina</i>		<i>Capsaicinoides totales</i>	
	<i>ACE</i>	<i>Heterosis (%)</i>	<i>ACE</i>	<i>Heterosis (%)</i>
Zongolica x Huatusco II	-4	-10	-1	-4
Zongolica x Puebla	-97*	-46*	-89*	-6
Zongolica x Huatusco I	31*	42*	41*	15*
Zongolica x Perú	91*	22*	112*	5
Zongolica x Chiapas	-20*	6	-45*	4

<i>Dihidrocapsaicina</i>		<i>Capsaicinoides totales</i>		
<i>Híbridos</i>	<i>ACE</i>	<i>Heterosis (%)</i>	<i>ACE</i>	<i>Heterosis (%)</i>
Huatusco II x Puebla	2	-9	-27*	-11
Huatusco II x Huatusco I	-55*	-20*	-71*	-18*
Huatusco II x Perú	-82*	-30*	-91*	-27*
Huatusco II x Chiapas	118*	39*	176*	26*
Puebla x Huatusco I	169*	95*	259*	134*
Puebla x Perú	-26*	-20*	-28*	-9*
Puebla x Chiapas	7	85*	-13*	19*
Huatusco I x Perú	23*	11	29*	11
Huatusco I x Chiapas	-154*	29*	-224*	27*
Perú x Chiapas	-4	9	-10	-2

* Significancia con $p = 0.05$

Distribución de capsaicinoides en el fruto

En todos los progenitores la placenta fue el tejido del fruto con mayor contenido de capsaicinoides, con un promedio de 79 por ciento respecto al total de CPS (tabla 4); en el pericarpio hubo 12 por ciento y en semillas 9 por ciento. Una distribución similar de capsaicinoides entre tejidos del fruto se registró en los híbridos, con porcentajes de 11, 77 y 12, respectivamente (tabla 5). El contenido de los tres tipos de capsaicinoides fue de 12, 26 y 62 por ciento en progenitores y 11, 26 y 63 por ciento en híbridos para la dihidrocapsaicina, capsaicina y nordihidrocapsaicina, respectivamente.

TABLA 4
CONCENTRACIÓN DE CAPSAICINOIDES ($\mu\text{g g}^{-1}$ CON BASE EN PESO SECO)
EN TEJIDOS DEL FRUTO (TF) DE SEIS VARIEDADES DE CHILE MANZANO

<i>Variedades</i>	<i>TF</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>CPST</i>	<i>PCPST</i>
Zongolica	PER	400	950	1660	3020	15
	PLA	1490	3250	9240	13970	72
	S	270	640	1580	2490	13
Huatusco II	PER	230	830	2010	3060	18
	PLA	990	3390	8070	12460	74
	S	110	3590	800	1360	8

<i>Variedades</i>	<i>TF</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>CPST</i>	<i>PCPST</i>
Puebla	PER	110	340	550	1000	9
	PLA	1170	2550	5210	8930	85
	S	80	180	350	610	6
Huatusco I	PER	620	920	2220	3750	8
	PLA	6330	9370	25820	41520	87
	S	320	520	1300	2140	5
Perú	PER	260	430	1280	1970	14
	PLA	1530	2500	7010	11040	78
	S	150	120	910	1180	8
Chiapas	PER	140	700	1110	1950	10
	PLA	1250	5590	9060	15900	78
	S	130	690	1600	2420	12

N = nordihidrocapsaicina, C = capsaicina, D = dihidrocapsaicina, CPST = capsaicinoides totales. PER = pericarpio, PLA = placenta, S = semillas, PCPST = porcentaje de capsaicinoides por tejido.

TABLA 5
CONCENTRACIÓN DE CAPSAICINOIDES ($\mu\text{g g}^{-1}$ CON BASE EN PESO SECO) EN TEJIDOS DEL FRUTO (TF) DE QUINCE HÍBRIDOS INTERVARIETALES DE CHILE MANZANO

<i>Híbridos</i>	<i>TF</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>CPST</i>	<i>PCPST</i>
Zongolica x Huatusco II	PER	270	450	1460	218	4
	PLA	7600	11550	34150	53300	88
	S	590	1040	3150	4780	8
Zongolica x Puebla	PER	290	970	1110	2380	13
	PLA	1830	6000	7040	14870	79
	S	150	550	760	1460	8
Zongolica x Huatusco I	PER	310	390	1460	2160	13
	PLA	1800	2620	8030	1250	73
	S	280	440	15410	2270	14
Zongolica x Perú	PER	240	250	960	1460	20
	PLA	600	1560	3000	4560	61
	S	220	260	960	1440	19
Zongolica x Chiapas	PER	150	420	970	1540	12
	PLA	960	2280	6200	9440	75
	S	130	330	1100	1560	12
Huatusco II x Puebla	PER	100	400	1040	1530	13
	PLA	660	2590	4980	8220	72
	S	120	490	1060	1680	15
Huatusco II x Huatusco I	PER	440	710	2390	3540	12
	PLA	3020	4920	16440	24380	80
	S	280	500	1730	2510	8

Híbridos	TF	N	C	D	CPST	PCPST
Huatusco II x Perú	PER	350	710	1960	3020	8
	PLA	3970	7630	21590	33190	86
	S	310	620	1470	2390	6
Huatusco II x Chiapas	PER	250	740	1810	2800	13
	PLA	1530	4370	11680	17590	79
	S	140	390	1250	1780	8
Puebla x Huatusco I	PER	120	570	1370	2050	13
	PLA	790	3310	7860	11950	76
	S	100	430	1200	1730	11
Puebla x Perú	PER	260	750	1180	2190	17
	PLA	1270	3160	5180	9610	75
	S	100	300	540	940	7
Puebla x Chiapas	PER	110	680	1190	1980	11
	PLA	840	4140	7800	12870	69
	S	230	1200	2400	3830	20
Huatusco I x Perú	PER	100	220	700	1020	6
	PLA	1780	3890	9130	14810	81
	S	230	550	1770	2540	14
Huatusco I x Chiapas	PER	250	830	1540	2630	8
	PLA	2430	7630	17710	27760	84
	S	200	680	1770	2650	8
Perú x Chiapas	PER	290	870	1420	2580	8
	PLA	2570	7430	12390	22390	71
	S	730	2190	3860	6760	21

N= nordihidrocapsaicina, C = capsaicina, D = dihidrocapsaicina, CPST = capsaicinoides totales. PER = pericarpio, PLA = placenta, S = semillas, PCPST = porcentaje de capsaicinoide por tejido.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El contenido de capsaicinoides totales no cambió de manera significativa entre los progenitores de chile manzano evaluados, pero sí entre la progenie (tabla 1), lo que resultó en híbridos de bajo picor aptos para consumo en fresco e híbridos de picor intermedio para gustos más exigentes en ese sentido. El picor en todos los genotipos fue inferior al del chile habanero pero superior al del jalapeño y similar al del pasilla (*Capsicum annum* L.), y acorde con los valores reportados por Collins *et al.* (1995) y Zewdie y Bosland (2001), también superiores al del chile manzano. Esta diferencia

quizá se deba a que los genotipos aquí utilizados y el medio ambiente en que se desarrolló el análisis fueron distintos a otras investigaciones, ya que ambos factores ejercen un papel importante en síntesis de capsaicinoides (Harvell y Bosland, 1997; Zewdie y Bosland, 2000; Blum *et al.*, 2002).

Las cruzas evidenciaron que los progenitores no contribuyen con efectos significativos en la ACG (tabla 3), pero sí ostentaron efectos significativos positivos y negativos en la ACE (tabla 3). Por ejemplo, los híbridos Huatusco II x Chiapas y Puebla x Huatusco I presentaron contenidos de CPS superiores a los de sus progenitores más picosos, con 501 y 621 $\mu\text{g g}^{-1}$ PS, que equivale a una heterosis positiva de 26 y 134 por ciento. En contraste, los híbridos Zongolica x Puebla y Huatusco II x Puebla produjeron bajo picor (223 y 314 $\mu\text{g g}^{-1}$ PS, respectivamente), que es igual o inferior al de sus progenitores más picosos, lo que indica ausencia de heterosis o heterosis negativa de -6 y 11 por ciento.

La ausencia de efectos significativos de ACG entre progenitores supone que los genes de picor (correspondientes a CPS) carecen de efectos aditivos, de manera que no responderían al mejoramiento por selección. En cambio, la existencia de efectos significativos de ACE en esos mismos progenitores sugiere que la variación genética en picor se debe a efectos de dominancia o de epistasia. Esto es congruente con lo establecido en cuanto a que el picor del género *Capsicum* se debe a un gen con dos alelos, de los cuales el alelo dominante *c* produce el picor y el recesivo *c* lo inhibe (Blum *et al.*, 2002). El gen dominante *c* podría estar asociado con la dihidrocapsaicina en chile manzano, por ser el principal compuesto del picor. Destaca que un progenitor específico no necesariamente aporta alto o bajo picor al ser cruzado con otros, sino que el picor depende del progenitor con el que se cruza para formar el o los híbridos. Así, la hibridación sería el método adecuado de mejoramiento genético para aumentar o reducir el picor de *Capsicum pubescens*. Al respecto, Zewdie y Bosland (2000) encontraron que el máximo contenido de capsaicinoides en frutos de *C. pubescens* se obtuvo con la cruce de dos progenitores de bajo picor y sugirieron que la acción génica no aditiva (dominancia y epistasia) es también importante para maximizar el contenido de capsaicinoides de un híbrido.

Según la relación del picor y el rendimiento de la fruta, se infiere que tal relación es inversa, ya que los dos híbridos de bajo picor fueron

también los de más alto rendimiento de fruto (48 y 43 t ha⁻¹), por lo que el bajo picor podría ser un carácter deseable para el consumo en fresco, mientras que el rendimiento alto sería atractivo para los productores.

La placenta obtuvo el mayor contenido de capsaicinoides en el fruto de chile manzano, con 78 por ciento, superior al del chile jalapeño, cuya placenta contiene entre el 49 y 59 por ciento de los capsaicinoides (Ishikawa *et al.*, 1998). Por tanto, la placenta sería el tejido adecuado para la extracción industrial de capsaicinoides, puesto que el pericarpio es preferible para el consumo en fresco con un 12 por ciento.

Cabe destacar que el principal capsaicinoide en híbridos y progenitores fue la dihidrocapsaicina con 63 por ciento, seguido de la capsaicina con 26 por ciento y tan sólo 11 por ciento de la nordihidrocapsaicina. Lo anterior significa que el chile manzano posee un picor irritante, debido a que la capsaicina y la dihidrocapsaicina son los alcaloides que inducen una sensación de irritación gustativa, contrario a la nordihidrocapsaicina (Krajewska y Powers, 1988). Entonces, para promover el consumo en fresco de chile manzano, convendría incrementar el contenido de nordihidrocapsaicina y reducir los de dihidrocapsaicina y capsaicina.

BIBLIOGRAFÍA

- Blum, E., L. Kede, M. Mazourek, E. Young Yoo, M. Jahn and I. Paran. 2002. Molecular mapping of the C locus for presence of pungency in *Capsicum*. *Genome* 45:702–705.
- Bosland, P.W. 1993. Breeding for quality in *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 12:25–31.
- Burrow, M.D. and J.G. Coors. 1994. Diallel: a microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agronomy Journal* 86:154–158.
- Collins, M., L.M. Wasmund and P.W. Bosland. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. *HortScience* 30:137–139.
- DeWitt, D. and P.W. Bosland. 1993. The pepper garden. Berkeley, California, USA. Ten Speed Press. 83 p.

- Fonseca, S. and F.L. Patterson. 1968. Hybrid vigor in seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science* 8:85–88.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science* 9:463–493.
- Harvell, K. and P.W. Bosland. 1997. The environment produces a significant effect on pungency of chilis. *HortScience* 32:1292.
- Ishikawa, K., T. Janos, S. Sakamoto and O. Nunomura. 1998. The contents of capsaicinoids and their phenolic intermediates in the various tissues of the plants of *Capsicum annuum* L. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 17:22–25.
- Kobata, K., T. Todo, S. Yazawa, K. Iwai and T. Watanabe. 1998. Novel capsaicinoid-like substances, capsiate and dihydrocapsiate, from the fruits of a nonpungent cultivar, CH-19 sweet, of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:1695–1697.
- Krajewska, A.M. and J.J. Powers. 1988. Sensory properties of naturally occurring capsaicinoids. *Journal of Food Science* 53:902–905.
- Parris, M. 1996. Liquid chromatographic method for determining capsaicinoids in *Capsicum* and their extractives: collaborative study. *Journal of AOAC-ASTA International* 79:738–745.
- Pérez-Grajales, M. y R. Castro-Brindis. 1998. Guía para la producción intensiva de chile manzano. Boletín de divulgación número 1. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 17 p.
- Pérez-Grajales, M., V.A. González-Hernández., A. Peña-Lomelí and J. Sahagún-Castellanos. 2009. Combining ability and heterosis for fruit yield and quality in manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R y P) landraces. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15:47–55.
- Zewdie, Y. and P.W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment and genotype-by-environment interaction for capsaicinoid in *Capsicum annuum*. *Euphytica* 111:185–190.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
COLEGIO DE POSTGRADUADOS.

Virus y fitoplasmas que afectan al cultivo
del chile (*Capsicum annuum* L) en México

José Antonio Garzón Tiznado
Cuauhtémoc Reyes Moreno
Jorge Milán Carrillo

INTRODUCCIÓN

Conocer la etiología de enfermedades causadas por virus o fitoplasmas es la base para estructurar un programa de control contra este tipo de enfermedades. En México, de las especies hortícolas, el cultivo del chile es la que más ha crecido en superficie sembrada en los últimos años, al pasar de 85 mil ha en los años ochenta, a más de 145 mil ha anuales en la actualidad.

En fechas recientes el cultivo ha padecido los efectos de enfermedades ocasionadas por virus, además se ha mencionado la presencia de fitoplasmas. Los primeros reportes que se conocen en el país datan de 1966 cuando se da a conocer al virus jaspeado del tabaco en el cultivo de chile. Es hasta fines de los años setenta que se abordan tales problemas críticos, derivados de dichos patógenos. Actualmente se han generalizado con daños que fluctúan del 10 al 100 por ciento debido a virus transmitidos por pulgones.

A partir de 1980 se tratan con mayor intensidad los virus transmitidos por mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.), conocidos también como geminivirus. Poco después fue identificado el virus del enrollamiento de las puntas del betabel (BCTV), un geminivirus transmitido por chicharritas, miembro del grupo de los Curtovirus.

DESCUBRIMIENTO DE LOS VIRUS

Las razones históricas para el descubrimiento y la caracterización de los virus, aunado a una justificación de su estudio detallado, se deben al deseo de entender y controlar las enfermedades y atender los desastres individuales y económicos que causan. Las investigaciones en el campo de la virología iniciaron en enfermedades de humanos y animales. Tal vez, el primer registro escrito de una infección por virus es un jeroglífico dibujado hace mil cuatrocientos años a.C. en el antiguo Egipto, que muestra signos clínicos de una poliomielitis paralítica.

En el año mil a.C. hubo una infección endémica en China por viruela, en respuesta, la práctica de la variolación (perteneciente a las viruelas) fue desarrollada. Se reconoció que los sobrevivientes a los brotes de viruela

fueron protegidos en la infección siguiente. Dicho triunfo de la observación y el razonamiento científico no se basó en el entendimiento de la naturaleza de los agentes infecciosos, sino en la sobrevivencia de la raza humana. En el siglo XVIII el interés por conocer las causas de las enfermedades se incrementa. Anthony van Leeuwenhoek (1632–1723) construye el primer microscopio, con el cual identificó a las bacterias que observó en sus especímenes como «animálculos» (animalillos microscópicos).

Robert Koch y Louis Pasteur propusieron en conjunto el término «teoría del germen» de la enfermedad. Koch definió los cuatro criterios conocidos como «Postulados de Koch»; se trata de una prueba en la que un agente infeccioso es responsable de una enfermedad específica y se describe de la siguiente forma: *a)* asociación del agente causal con la enfermedad, *b)* aislamiento del agente causal, *c)* reproducción de la enfermedad en su hospedero natural, *d)* re-aislamiento del agente causal y confirmación de su condición de patógeno. Posteriormente Pasteur identificó que la causa de la rabia era un «virus» (del latín veneno), pero no discriminó la diferencia entre bacteria y otros agentes de la enfermedad.

En 1886 Mayer describió una enfermedad en plantas de tabaco, la denominó *Mosaikkrankheit*. De igual modo demostró que podía transmitir la enfermedad de plantas enfermas a sanas por inoculación de extractos de las primeras. Hacia 1892, Dimitri Iwanowski, un botánico ruso, mostró que los extractos de plantas de tabaco enfermas podían transmitir la enfermedad a otras plantas después de pasarlos por filtros de cerámica muy finos para retener bacterias. Desafortunadamente no evaluó conclusiones completas de los resultados. Luego de seis años, Beijerinck confirmó y extendió los resultados de Iwanowski, sobre lo que más tarde se denominó virus del mosaico del tabaco; con ello, fue el primero en desarrollar la idea moderna del virus que fue referida como *contagium vivum fluidum*. En 1904, Beijerinck y Baur acuñaron el término «virus» por primera vez para diferenciar a estos patógenos de las bacterias (Matthews, 1970). Durante la mayor parte del periodo comprendido entre 1900 y 1935 se llevaron a cabo estudios enfocados en describir las enfermedades desde el punto de vista de la sintomatología (macroscópica), las anormalidades citológicas (por el rango de hospederos) y los métodos de transmisión de los agentes de la enfermedad.

A partir de los años treinta los pioneros de la virología, S.E. Luria, M. Delbruck y muchos otros, expusieron estudios acerca de la estructura de los virus, genética, replicación, etcétera (Cann, 1997). Fue hasta 1935 cuando Stanley aisló al virus del mosaico del tabaco (TMV) en un estado paracrystalino; en 1936 Badwen lo caracterizó como una nucleoproteína que contenía ácido nucleico de tipo pentosa. Crick y Watson sugirieron en 1956 que la proteína de la cápside de todos los virus estaba construida por numerosas subunidades idénticas, arregladas como varillas helicoidales, o en forma esférica, con una simetría cúbica. En 1949, Markham y Smith aislaron al virus del mosaico amarillo del nabo (TYMV) y mostraron que las preparaciones purificadas contenían dos clases de partícula: proteína y ácido nucleico (Mattews, 1970).

LOS VIRUS EN MÉXICO

La presencia de virus que afecta hortalizas en México se reportó en el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) afectada por el virus mosaico del pepino (CMV) en el estado de Sonora en el año de 1959 (Grogan *et al.*, 1959). Después, en 1966, en la región sur de Tamaulipas, se registraron daños al cultivo del chile tipo «serrano» entre el 10 al 100 por ciento, provocados por el virus jaspeado del tabaco (TEV) (Galindo, 1971). Sobre el mismo virus, en el año de 1971 se tuvo noticia de daños en chile tipo «Bell» en Sinaloa y en chile «ancho» en Guanajuato (Rodríguez, 1971); en tanto que en 1974 fue reportado el CMV y TMV en esas tres regiones (Mora, 1977).

Hasta esos momentos los síntomas en plantas de chile infectadas se caracterizaban por mosaicos, ahilamiento de hojas y ondulaciones de la nervadura central. En 1977 se describió por primera vez la interacción entre dos virus cuyos síntomas se caracterizaban por una necrosis en los brotes nuevos de la planta de chile, conocido en algunas regiones (por ejemplo el sur de Tamaulipas) como «chamusquina» (Mora, 1977). Hacia 1986 se mencionó que el daño era originado por la interacción entre dos virus, el TEV y el CMV (Martínez y Galindo, 1985a).

Al interior del estado de Jalisco, la manifestación de este virus en chile tuvo una incidencia del 90 por ciento; a nivel nacional representaba a los de mayor importancia. Desde 1982 se empezaron a observar síntomas

distintos en plantas de chile en algunas zonas de México, tal es el caso de Puebla, donde se informó sobre una enfermedad denominada «planta atigrada» por los síntomas de mosaico amarillo de las hojas (Garzón y Galindo, 1985). Otra enfermedad con síntomas similares apareció en el sur de Tamaulipas con el nombre de «rizado amarillo» del chile (Yañez y Delgadillo, 1991). En 1993 se descubrió el pepper huasteco virus (PHV) (Garzón *et al.*, 1993), que junto con el Texas pepper virus–Tamaulipas (TPV–T), hoy conocido como virus mosaico dorado del chile (PGMV), resultaron ser los responsables del síndrome «rizado amarillo». Tres años después se determinó que la «planta atigrada» era ocasionada por el PHV, considerado el begomovirus más diseminado en México (Torres *et al.*, 1996).

Virus detectados en el cultivo del chile

Virus jaspeado del tabaco (VJT, tobacco etch virus)

a) Distribución

Fue consignado en 1971 en el estado de Guanajuato (Rodríguez, 1971) y al sur de Tamaulipas (Galindo, 1971); luego, en 1974 en Sinaloa (Delgado, 1974). Estudios recientes indican su presencia en la mayoría de las zonas en las que se cultiva chile en México.

b) Incidencia y grado de daño

En casi todas las áreas chileras del país existe evidencia de este virus; no obstante, la región más afectada es el sur de Tamaulipas. Los primeros informes se remiten a 1966 y 1977 para Tamaulipas; en ellos se mencionan daños que fluctuaban entre un 10 y 100 por ciento (Mora, 1977). Recientemente se ha detectado su aparición en Sonora y Sinaloa (Garzón *et al.*, 2005). La mayor incidencia se relaciona con épocas de siembras tardías.

En investigaciones realizadas desde 1986 se registraron pérdidas frecuentes del 100 por ciento en cualquier época de siembra, lo que indica el orden ascendente del problema. En Celaya, Guanajuato, se observaron huertos con un 100 por ciento de ataque (Rodríguez, 1971); en Autlán de

la Grana, Jalisco (1986), se detectaron lotes con una incidencia del 90 por ciento; para el caso de Sinaloa, se presentó en el área de Culiacán, Los Mochis y Sur.

En general, la información que se tiene referente a lo anterior exhibe que la incidencia se produce cada vez en mayores porcentajes, en etapas más tempranas de la planta, en épocas de siembra que antes se encontraban libres del problema. A consecuencia, las pérdidas aumentan, lo que en ciertas regiones ha provocado limitación en la siembra del cultivo.

c) Sintomatología

Para definir con precisión el síndrome de una enfermedad, incluso si es causada por un único virus, es importante tomar en cuenta que las manifestaciones de la planta también son influenciadas por el ambiente, el genotipo de que se trate, la etapa fenológica en que fue infectada y la variante del virus. En el aspecto práctico, para ciertos virus sólo es posible definirlo bajo condiciones controladas, pues difícilmente se lograría en campo. Diversos investigadores señalan que después de la definición del síndrome de un determinado virus en invernadero, es posible asociarlo en campo, lo que permite una forma preliminar práctica en el conocimiento de la etiología de una enfermedad, tal es el caso del vjt (Martínez *et al.*, 1985b).

Evidencias en la variación de dichas manifestaciones han sido estudiadas por algunos investigadores. Al respecto, Mora (1977) comenta que la temperatura tiene mayor influencia en la aparición de síntomas que la luz, pues con temperaturas de 20 a 30 °C (noche-día) y 18 mil lux mantenidos por sesenta días, los síntomas en chile serrano eran ligeros; mientras que bajo la misma intensidad de luz, pero con temperaturas de 15–20 °C, los síntomas en plantas eran severos —aunque la variación se dio solamente en intensidad.

Martínez *et al.* (1985b) indicaron que existen algunos síntomas macro y microscópicos que pueden vincularse con el vjt: sinuosidad de la nervadura central, bandeado de las venas y como síntomas microscópicos, presencia de inclusiones intranucleares. Sin embargo, la literatura nacional concerniente a este aspecto aún deja ciertas dudas. En 1971 (Galindo, 1971), el síntoma en chile conocido como «chamusquina» era

asociado al VJT; seis años después (Mora, 1977) al virus mosaico del pepino. Hasta 1985 (Martínez, 1985) se aclara la diferencia de opiniones, al advertirse que tal manifestación puede ser causada por ambos virus y que se obtiene cuando las plantas infectadas se incuban a baja luminosidad (3 mil 500 lux).

Actualmente se conoce que la mezcla del VJT y CMV es la que provoca esa necrosis en los brotes nuevos de la planta de chile (Garzón *et al.*, 2005; Martínez y Galindo, 1985a). En cuanto a la distinta respuesta al efecto del VJT por diferentes genotipos de un mismo cultivo, se tiene el ejemplo del chile dulce, en el que se han descrito diversos síntomas: moteado sistémico, mosaico verde oscuro y distorsión de la hoja; concerniente a los viejos cultivares de chile dulce se han señalado necrosis, marchitez y muerte de la planta (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972). Con la finalidad de establecer un criterio sobre el síndrome que causa el VJT en chile, Rodríguez (1971) presentó una amplia descripción en chile del tipo ancho. El estudio comprendió plantas con un desarrollo reducido que resalta por el color verde amarillento opuesto al verde normal de las plantas sanas. Si la infección fue tardía, los brotes que crecieron después son amarillentos y de un tamaño menor, se diferencian del resto porque conservan su apariencia y tamaño normal.

Es posible observar en hojas y frutos el contraste entre áreas amarillentas que alternan con otras de un color verde normal y exhiben apariencia de mosaico. Las hojas y frutos se deforman, aquellas son de menor tamaño y manifiestan una tendencia a mal formarse, hecho que se acentúa en el ápice de la hoja. Los frutos no alcanzan su tamaño normal, son deformes y encorvados, con una decoloración longitudinal y una madurez irregular. El número de semillas se reduce y sólo algunas alcanzan a completar su desarrollo, la producción de flores es reducida.

d) Etiología y diagnóstico

La etiología o identificación del virus se logra mediante los métodos ELISA, microscopia electrónica, rango de indicatoras, propiedades de infectividad del virus, sintomatología macro y microscópica, o la combinación de ellos.

e) Ensayo de inmunoabsorción de conjugados enzimáticos (ELISA)

Debido a su gran versatilidad y alta sensibilidad este método ha llegado a ser de uso imprescindible en la detección de virus fitopatógenos. La inmunodiagnosís tiene dos elementos fundamentales: el antígeno y el anticuerpo. Un antígeno completo es un agente químico o biológico capaz de estimular una respuesta inmunológica específica cuando es introducido en un animal y también es capaz de reaccionar con los productos de dicha respuesta. El método ELISA se basa en la producción de un conjugado anticuerpo —enzima en la que ambas moléculas retienen sus propiedades individuales. El anticuerpo se adhiere al antígeno mientras que la enzima localiza y amplifica tal reacción. En nuestro caso se emplea para detectar a los virus a través de una reacción inmunoenzimática con la cubierta proteínica de los virus, lo cual se puede lograr de seis a doce horas. Existen estuches comerciales que facilitan la detección de estos patógenos en plantas.

f) Rango de indicadoras

Se ha definido al originar síntomas sistémicos en plantas de la familia Solanaceae, en ocasiones acompañado de necrosis por causar lesiones locales en Chenopodiaceae e inmunidad en especies de la familia Cucurbitaceae. En la tabla 1 se describen los síntomas característicos consignados por especie (CMI y AAB, 1970–1983; Costa *et al.*, 1958; Delgado, 1974; Rodríguez, 1971; Smith, 1972).

TABLA 1
RANGO DE INDICADORAS Y REACCIÓN AL VIRUS JASPEADO DEL TABACO

<i>Especie</i>	<i>Reacción</i>
<i>Nicotiana glutinosa</i>	Mosaico sistémico
<i>N. tabacum</i> var. Glurk	Mosaico sistémico
<i>N. multivalis</i>	Mosaico sistémico
<i>N. debreyii</i>	Mosaico sistémico
<i>N. tabacum</i> var. Habana	Mosaico sistémico
<i>Especie</i>	<i>Reacción</i>
<i>N. tabacum</i> var. Xanthi	Mosaico sistémico

<i>Especie</i>	<i>Reacción</i>
<i>N. rustica</i>	Mosaico sistémico
<i>Nicandra physaloides</i>	Mosaico sistémico
<i>Solanum nigrum</i>	Mosaico sistémico
<i>Physalis floridana</i>	Mosaico sistémico
<i>Physalis</i> spp	Mosaico y lesiones
<i>P. peruviana</i>	Lesiones locales
<i>Lycopersicum lycopersicon</i> Mill	Mosaico sistémico
<i>Datura metel</i>	Mosaico sistémico
<i>D. stramonium</i>	Mosaico sistémico
<i>Vigna</i> spp	Mosaico y lesiones
<i>Chenopodium quinoa</i>	Lesiones locales
<i>Ch. amaranthicolor</i>	Lesiones locales
<i>Ch. natalie</i>	Lesiones locales
<i>Ch. capitatum</i>	Sin síntomas
<i>Zea mays</i>	Sin síntomas
<i>Phaseolus vulgaris</i> var. Pinto	Sin síntomas
<i>Gomphrena globosa</i>	Sin síntomas
<i>Pisum sativum</i> var. Sta. Elena	Sin síntomas
<i>Cucumis melo</i>	Sin síntomas
<i>Cucurbita pepo</i>	Sin síntomas
<i>Citrullus vulgaris</i>	Sin síntomas

g) Propiedades de infectividad

Al igual que en los parámetros previos, para determinar la identidad del virus existe una ligera variación entre los resultados que diferentes investigadores señalan con relación al VJT. Lo anterior tiene que ver con las condiciones en las que realizaron las observaciones. En la tabla 2 se indican algunas de las conclusiones.

TABLA 2
RANGO DE INDICADORAS Y REACCIÓN AL VIRUS JASPEADO DEL TABACO

<i>Autor</i>	<i>PIT (°C)</i>	<i>PFD</i>	<i>LIV</i>
Garzón <i>et al.</i> , 2005	55–60	1/100–1/500	1–2 D
Bravo, 1997	55–60	1/1000–1/30000	2–3 D
Goodman, 1977	54–58	1/1000–1/5000	5–8 D
Andersen <i>et al.</i> , 1998	55	1/10000	5–10 D

PIT = Punto de inactivación térmica, PFD = Punto final de dilución, LIV = Longevidad in vitro y D = Días.

h) Microscopía electrónica

La partícula observada al microscopio electrónico es una varilla flexible de 12–13 nm de diámetro y de 720–780 nm de largo (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972).

i) Microscopía de luz

Rodríguez (1971) consignó inclusiones cristalinas en el citoplasma y en el núcleo de las células epidérmicas a partir de chile y tabaco Xanthi, rasgo que ha sido reportado por varios investigadores (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972).

j) Transmisión

El virus se transmite mecánicamente, aunque en el chile aparecen ciertas dificultades debido a la presencia de inhibidores en el tejido de las plantas (Mora, 1977). Al respecto, Mora (1977) comenta que la mayor infectividad relativa se obtiene de las raíces. En 1982 se amplió la información: el carbón activado al 3 por ciento, aplicado al momento de macerar tejido de chile, mejoró la transmisión del vJT (Garzón y Galindo, 1985). Vega Piña *et al.* (1992) consignaron inicialmente la transmisión por semilla, pero también es posible por *Cuscuta californica* e injerto. Mediante insectos se transmite en forma no persistente por más de sesenta especies de áfidos, incluidos *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis fabae*, *A. gossypii* y *A. citricola*, entre otros (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972).

Virus mosaico del pepino (VMP, *cucumber mosaic virus*)

a) Distribución

Este virus fue reportado por Delgado (1974) en la región sur de Tamaulipas, El Bajío y en el Valle de Culiacán, Sinaloa. En la actualidad se encuentra en diversos cultivos hortícolas (chile y cucurbitáceas), presentes en la mayor parte de los estados donde se cultiva chile: Sonora, Sinaloa, Coahuila, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Morelos, Guerrero, Veracruz, Tabasco, San Luis Potosí, Nuevo León, Puebla, Morelos, Chihuahua, Querétaro, Guanajuato y Zacatecas.

b) Incidencia y grado de daño

Los escritos que se refieren al VMP aclaran que es común encontrarlo asociado con otros virus como el VMT o el VJT, lo que dificulta separar los daños que cada uno de ellos ocasiona a la planta. Así, Mora y Bujanos (1979) advirtieron que en el sur de Tamaulipas la reducción de rendimientos por su efecto y otros virus en esa misma región fue del 8 al 15 por ciento en las siembras tempranas, de un 83 por ciento en septiembre, y en las fechas tardías de octubre las pérdidas fueron totales. Observaciones efectuadas en 1986 en esa zona, arrojaron entre un 90 y 100 por ciento de incidencia. En plantaciones de chile jalapeño en el Valle de Autlán, Jalisco, se estimó una incidencia del 90 por ciento y en el estado de Veracruz, en el año de 1987, se detectó una incidencia similar con daños hasta del 100 por ciento, lo mismo sucedió en el Valle de Culiacán.

En el año 2004, en el estado de Chihuahua, se presentó una epifitía causada por una enfermedad que provocó daños del 60 por ciento en más de 25 mil ha de chiles, principalmente jalapeños. Diversos estudios expusieron que esa enfermedad era originada por una variante agresiva del CMV, a la que se le denominó «chiles toreados», por el síntoma de apariencia quemada en el fruto. Esta nueva variante —que no se ha estudiado hasta la fecha más allá de su detección por el método de ELISA— en el año 2005 se presentó en Río Verde, San Luis Potosí, con daños del 40 a 90 por ciento en más de 800 ha; y recientemente en el año 2007, fue detectado en chiles de Sinaloa y Sonora. En el resto del país aún no se ha manifestado.

c) Sintomatología

Algunos síntomas consignados en plantas de chile son mosaico que se inicia en la base de la hoja y una distorsión de la misma (Dellaporta *et al.*, 1983). Diversos autores han notificado una defoliación y necrosis en puntos de crecimiento de plantas jóvenes «chamusquina» y aborto de flor (Galindo, 1971; Mora, 1977). También se ha consignado un enchinamiento hacia arriba de las hojas, reducción del tamaño de entrenudos, achaparramiento y un moteado en hojas (Smith, 1972).

Referente a la variante del CMV que causa la enfermedad del «chile toreado», los síntomas dependen de la clase de chile («Bell», «Anaheim», jalapeños y serranos). La planta tiene un aspecto normal con un ligero moteado en hojas; no obstante, el fruto refleja una apariencia similar a quemaduras por sol, con una piel arrugada y blanquecina, lo que le da la forma de «chiles toreados» (frutos de chile cocinados directamente en un comal). En chiles tipo ancho se exhibe el aborto de flores y frutos de diferentes edades, lo que ocasiona que la planta tenga un mayor tamaño, si acaso se observa un nuevo crecimiento de brotes color alimonado.

d) Etiología y diagnóstico

A continuación se describen eventos con los que es posible definir la etiología de una determinada enfermedad, en el caso de microorganismos que pueden aislarse o cultivarse *in vitro*.

e) Rango de indicadoras

La reacción en especies indicadoras del virus se puede resumir en síntomas sistémicos en solanáceas, cucurbitáceas y lesiones locales en Chenopodiaceas. En la tabla 3 se mencionan las principales especies indicadoras, dentro de las que se consideraron aquellas que pudieran hacer posible la separación con otros virus (por lo regular se presentan mezclados en el campo).

TABLA 3
RANGO DE INDICADORAS DEL VIRUS MOSAICO DEL PEPINO

<i>Especie</i>	<i>Reacción</i>
<i>Nicotiana glutinosa</i>	Mosaico sistémico
<i>N. tabacum</i> var. Xanthi	Mosaico sistémico
<i>N. tabacum</i> var. Samqun	Mosaico sistémico
<i>N. tabacum</i> var. Glurk	Mosaico sistémico
<i>Datura stramonium</i>	Mosaico sistémico
<i>Capsicum frutescens</i> var. Tabasco	Mosaico sistémico
<i>C. annuum</i> var. Cal Wonder	Mosaico sistémico
<i>Cucumis sativum</i> var. Marketter	Mosaico sistémico
<i>Gomphrena globosa</i>	Lesiones locales
<i>Chenopodium quinoa</i>	Lesiones locales
<i>Ch. amaranthicolor</i>	Lesiones locales

f) Propiedades de infectividad

TABLA 4
PROPIEDADES DE INFECTIVIDAD DEL VIRUS MOSAICO DEL PEPINO

<i>Autor</i>	<i>PIT (°C)</i>	<i>PFD</i>	<i>LIV</i>
CMI y AAB, 1970–1983	70	1/10000	3–6 D
Smith, 1972	60-70	1/10000	3–4 D

PIT = Punto de inactivación térmica, PFD = Punto final de dilución, LIV = Longevidad in vitro y D = Días.

g) Microscopía electrónica

La particular es isométrica y mide de 28 a 30 nm de diámetro (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972).

h) Microscopía de luz

Se han reportado cristales rectangulares en el citoplasma de la célula (Martínez *et al.*, 1985 b).

i) Transmisión

El virus es transmitido en forma no persistente por más de sesenta especies de áfidos (Prowidenti, 1985), principalmente *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*. Algunos investigadores han incluido por semilla en Chile (Vega *et al.*, 1993). Se transmite por diez especies de cuscuta, fácil y de manera mecánica, y por injerto (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972).

Virus mosaico del tabaco (VMT, *tobacco mosaic virus*)

a) Diseminación

Es el virus más ampliamente diseminado en México. Se tiene noticia de él a partir de 1974 en el sur de Tamaulipas, Valle de Culiacán, Sinaloa y El Bajío (Delgado, 1974). Dado el modo eficiente de transmisión por contacto, sobre todo por la venta de cigarrillos que pudieran contenerlo, puede inferirse que se encuentra distribuido y con una importante propagación en las áreas en que haya un fumador.

b) Incidencia y grado de daño

No existen en el país datos precisos sobre la incidencia y el porcentaje de daño del VMT en plantaciones de Chile; por lo general, siempre se le asocia con otros virus (Mora, 1977; Mora y Bujanos, 1979).

c) Sintomatología

Los síntomas en Chile se caracterizan por un mosaico amarillo y en algunos casos presencia de necrosis en brotes (Martínez *et al.*, 1985b).

d) Etiología y diagnóstico

A continuación se describen eventos con los cuales es posible llegar a definir la etiología de una determinada enfermedad, en el caso de microorganismos que pueden aislarse o cultivarse *in vitro*.

e) Rango de indicadoras

Diferentes investigadores han descrito un grupo básico de plantas indicadoras (CMI y AAB, 1970–1983; Delgado, 1974; Smith, 1972). Un concentrado de éste se presenta en la tabla 5.

TABLA 5
GRUPO BÁSICO DE PLANTAS INDICADORAS DEL VIRUS MOSAICO DEL TABACO

<i>Indicadora</i>	<i>Reacción</i>
<i>Nicotiana glutinosa</i>	Lesión local
<i>N. tabacum</i> var. Xanthi	Mosaico sistémico
<i>N. tabacum</i> var. Samqun	Lesión local
<i>N. tabacum</i> var. Glurk	Lesión local
<i>Lycopersicon lycopersicon</i> Mill	Mosaico y distorsión
<i>C. annuum</i> var. Cal Wonder	Mosaico sistémico
Indicadora	Reacción
<i>Capsicum frutescens</i> var. Tabaco	Mosaico sistémico
<i>Datura stramonium</i>	Lesión local
<i>Ch. amaranthicolor</i>	Lesión local
<i>Gomphrena globosa</i>	Inmune
<i>Cucumis sativum</i> var. Mar- keter	Inmune
<i>Physalis floridana</i>	Inmune+

+ = *P. floridana* se ha consignado como inmune a la variante benigna del vmt y con síntoma sistémico a la variante aucuba (cmi y abb, 1970–1983).

f) Propiedades de infectividad

TABLA 6
PROPIEDADES DE INFECTIVIDAD DEL VIRUS MOSAICO DEL TABACO

<i>Autor</i>	<i>PTT</i> (°C)	<i>PFD</i>	<i>LIV</i>
CMI y AAB, 1970–1983	85–90	1/1000000	Meses
Smith, 1972	93	1/1000000	Semanas

PTT = Punto de inactivación térmica, PFD = Punto final de dilución y LIV = Longevidad *in vitro*.

g) Microscopía electrónica

La partícula es una varilla rígida de 15 nm de diámetro por 300 nm de largo (CMI y AAB, 1970–1983; Smith, 1972).

h) Microscopía de luz

Dentro del citoplasma de células infectadas, el virus induce la formación de cristales hexagonales (CMI y AAB, 1970–1983).

i) Transmisión

El virus se transmite con facilidad mecánicamente y por contacto. En transmisión por insectos existe bastante controversia en la literatura mundial, pues pese a que el virus se ha detectado por microscopía electrónica en la saliva de ciertos áfidos, no se ha confirmado su transmisión (Smith, 1972). El minador de la hoja y las chicharritas son un ejemplo de los insectos que pueden hacer posible la transmisión (Costa, 1958; Walters, 1952). De igual modo, existe referencia de tres especies de cuscuta y por semilla (CMI y AAB, 1970–1983).

Virus que causa el mosaico clorótico del chile dulce

En los últimos tres años ha aumentado a niveles críticos la presencia de una nueva enfermedad. Estudios iniciales realizados en el Laboratorio de Virología de la Unidad de Biotecnología del Campo Experimental Valle de Culiacán indican que el agente causal puede ser un POTV, virus emparentado con otro muy común que es el virus jaspeado del tabaco (VJT). Aunque la reacción inmunoenzimática para su detección general sólo se obtiene con anticuerpos de amplio espectro para POTV virus y no para el VJT.

a) Incidencia y grado de daño

Los primeros daños se detectaron en el mes de octubre de 2002, en Cruz de Elota, Sinaloa, donde se presentó una epidemia en el cultivo del chile

dulce, provocada por un virus que ha incidido entre un 20 a 70 por ciento en los campos sembrados por los agricultores. Si bien hubo lotes de chile con incidencias menores al 10 por ciento, otros se han tenido que desechar completamente.

Los resultados obtenidos apuntan que la incidencia del virus que causa el mosaico clorótico del chile dulce en el Valle de Culiacán comienza a incrementarse a partir del mes de diciembre y coincide con la época en que se eleva la presencia de pulgones en la región, según datos del Programa de entomología del Campo Experimental Valle de Culiacán en 2003.

b) Sintomatología

Los síntomas del patógeno en las plantas de chile dulce se caracterizan por un mosaico clorótico-amarillo con aclaramiento difuso de nervaduras, que puede confundirse con un virus transmitido por mosquita blanca (geminivirus-begomovirus). Dichos síntomas son más evidentes en una de las dos o tres ramas de los brotes nuevos y no en toda la planta, hecho que desconcierta a los técnicos, por lo que la enfermedad puede ser confundida con una deficiencia nutrimental. Adicionalmente, el síntoma más drástico se manifiesta en los frutos, al presentar un tipo de arrugamiento general con un fondo amarillento carecen de calidad comercial. En la actualidad tal patógeno infecta cultivos de chile dulce o ancho desde el sur hasta el norte de Sinaloa. Se trata de una nueva enfermedad en México.

c) Transmisión por semilla, mecánica e insectos

Aún se desconoce si este virus se transmite por semilla o pudo haber llegado a Sinaloa por esa vía, ya que desde 1999 se detectaron las primeras plantas enfermas de chile dulce en campos del Valle de Culiacán, y hace dos años en Cruz de Elota. Síntomas similares se encontraron en el norte de Sinaloa (Guasave y Los Mochis) y en Navojoa. De acuerdo con las características de los virus de dicha familia (POV), el patógeno se transmite mecánicamente y los pulgones actúan como vectores que lo diseminan de una planta enferma a otra en segundos. El virus es transportado por el insecto en el estilete, estructura por donde lo adquiere de manera rápida,

al realizar sus acostumbradas pruebas alimenticias en las hojas de plantas de distintas especies.

d) Etiología y diagnóstico

En tiempos recientes una enfermedad semejante se reportó en Brasil y afectó plantaciones de chile dulce, a ese virus se le denominó «mosaico amarillo del chile» (Inoue–Nagata *et al.*, 2002). Debido a los síntomas, en un principio causó confusión; desde los años setenta, década en que se introdujeron variedades de chile dulce resistentes al virus Y de la papa (PVY), se observó que las variedades cada vez eran menos resistentes al virus, situación ocasionada por la aparición de una nueva variante del PVY, a la cual se nombró PVYⁿ.

Este fenómeno se asocia al tipo de virus que se ha analizado en el laboratorio y que estudios serológicos (ELISA) indican que se trata de un POTYVIRUS diferente al jaspeado del tabaco (VJT) diseminado en México y el noroeste del país. A la fecha los resultados reflejan que es un virus similar al del mosaico amarillo del chile dulce detectado en Brasil, que se transmite por ciertas especies de pulgones (áfidos), no así por contacto. Su transmisión mecánica muestra algunas complicaciones parecidas a las descubiertas en los laboratorios.

e) Resistencia genética

Variedades e híbridos experimentales, desarrollados por diferentes empresas para resistencia al VJT, manifiestan susceptibilidad ante la amplia diseminación de este nuevo virus en México. Sin embargo, la marcada presencia del patógeno ha permitido que se identifique la susceptibilidad o resistencia de los distintos tipos de chiles cultivados en Sinaloa. En esa entidad se determinó que los tipos «serrano» y «jalapeño» eran muy resistentes al virus, a diferencia de los «anchos» y «dulces o Bell». Entre los chiles tipo «Bell» fue posible encontrar híbridos de diversas empresas con una muy buena resistencia al patógeno, en contraste con los chiles de tipo «ancho» en los que no se percibió ningún híbrido o variedad resistente. Dentro de los tipos «Bell» sobresalieron los siguientes híbridos: Crusader con fruto tipo «blocky»; RPP 15423, tipo «lamuyo» (SYNGENTA); Cons-

titución y Madonna, tipos «lamuyo» (Harris Moran); Sangrita y Maravilla, tipo «lamuyo» (SEMINIS); y CLXP 1720 tipo «Bell amarillo» (Harris Moran). Las incidencias fueron menores al 6 por ciento de plantas con síntomas de virus comparadas con el 60 al 100 por ciento en híbridos susceptibles. En cuanto al rendimiento y calidad del fruto se señalan hasta la fecha óptimas características de los híbridos ya mencionados.

Geminivirus

Según Harrison (1985) el nombre de geminivirus fue acuñado en 1977 y un año después se le reconoció como un grupo específico de virus, el nombre derivó de la apariencia geminada de la partícula observada en el microscopio electrónico.

Clasificación

Tradicionalmente los geminivirus se han agrupado con base en los síntomas que producen, su rango de hospederos (monocotiledóneas o dicotiledóneas), el tipo de insecto vector (diversas chicharritas de las familias *Cicadellidae* y *Membracidae* y mosquitas blancas, género *Aleyrodidae*), su organización genómica y/o su origen geográfico. Cada vez es más difícil nombrar un nuevo geminivirus, porque diferentes especies con frecuencia causan síntomas parecidos en el mismo cultivo; un ejemplo son los virus del enrollamiento de la hoja amarilla en el tomate TYLCV de Tailandia, Israel y Cerdeña (Ascencio *et al.*, 1999). Otra dificultad tiene que ver con la variedad de especies que infecta a ese cultivo en la misma región geográfica (virus del enrollamiento de la hoja del tomate en la India). En la actualidad muchos geminivirus aislados se caracterizan dentro de especies de virus ya existentes, lo que incrementa el nivel de complejidad del sistema de nomenclatura. Dicha complejidad se relaciona con el reciente descubrimiento de la recombinación entre especies de geminivirus. La tabla 7 muestra la clasificación y las características de la familia *Geminiviridae* aprobadas por la International Committee on Taxonomy of Virus.

TABLA 7
CLASIFICACIÓN DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA *GEMINIVIRIDAE*

<i>Género (virus tipo)</i>	<i>Organización genómica</i>	<i>Planta huésped</i>	<i>Insecto vector</i>
Subgrupo I Mastrevirus: virus del Estriado del Maíz (MSV) ^z	1 componente (Monopartita)	Monocotiledóneas	Chicharritas
Subgrupo II Curtovirus: virus enrollamiento del betabel (BCTV) ^z	Monopartita	Dicotiledóneas	Chicharritas
Subgrupo III Begomovirus: virus del Mosaico Dorado del Frijol (BGMV) ^z	1 ó 2 componentes (Monopartita o Bipartita)	Dicotiledóneas	Mosquita Blanca

^z Virus tipo. Fuente: Ascencio-Ibañez, 1999; Padidam, 1995; ICTV.

El género *Mastrevirus* incluye a la fecha cuarenta y un clases de virus; de ellas, veinticuatro corresponden a diferentes aislados, cepas u otra subdivisión del MSV (Polston y Anderson, 1997). Ejemplos de sus miembros son virus mosaico estriado del *chloris* (CSMV) (Andersen *et al.*, 1998), virus achaparramiento del trigo (WDV), virus estriado del *miscanthus* (MISV) y el virus estriado de la difitaria (DSV) (Faria y Maxwell, 1999). En el género *Curtovirus* existen ocho variedades, cinco de ellas se vinculan con el BCTV. Begomovirus es el grupo más numeroso con 122 miembros definidos, dieciocho asociados al virus del enrollamiento amarillo de la hoja del tomate (CMI y AAB, 1970–1983) y al virus del enrollamiento de la hoja del tomate (Padidam *et al.*, 1995). En cuanto a los begomovirus bipartitas se contemplan distintos tipos de virus: mosaico de la yuca africana (ACMV) (Smith, 1972); mosaico dorado del frijol (BGMV) (Goodman, 1977); mosaico dorado del tomate (TGMV) (Hamilton *et al.*, 1983, Hamilton *et al.*, 1984); mosaico del abutilón (ABMV) (Frischumuth *et al.*, 1990), moteado de tomate (TMOV) (Abouzid *et al.*, 1992); del arrugamiento de la hoja del tomate (TLCrV) (Paplomatas *et al.*, 1994); huasteco del chile (Garzón *et al.*, 1993; Torres *et al.*, 1993). Dentro de los begomovirus que poseen genoma monopartita se encuentran el virus de la hoja rizada del tomate de Israel (TLCV-IS) (Navot *et al.*, 1991) y el de la hoja rizada del tomate de Australia (TLCV-AUS).

Presencia

a) Viejo Mundo

En el 752 de nuestra era, en Japón se realizó el primer reporte sobre una enfermedad causada por este patógeno cuyos síntomas exhibían amarillamiento de nervaduras en *Eupatorium chinense* (Harrison, 1985). Hacia 1894 se tenía conocimiento acerca del virus mosaico de la yuca (VMAY/ACMV) (Stanley y Gay, 1983), y noventa años después se confirmó como geminivirus (Yañez y Delgadillo, 1991). A principios del siglo pasado se notificaron otras enfermedades: virus estriado del maíz (MSV) y enchinamiento apical de la remolacha (BCTV), ambos virus contienen un solo componente genómico y se transmiten por chicharritas (Ascencio *et al.*, 1999). En 1991, en Cerdeña e Israel, se informó por primera vez la secuencia completa de TYLCV (Moriones y Navas, 2000).

b) América

Dentro de las enfermedades transmitidas por *Bemisia tabaci*, caracterizadas por producir arrugamientos y amarillamientos en plantas, se halla el virus mosaico de la *Euphorbia* (EMV), primer geminivirus registrado en el continente americano (Costa, 1958). Posteriormente aparecieron otros virus: mosaico dorado del tomate (TGMV) en Brasil (Costa, 1958); mosaico dorado del frijol (BGMV) en Centro y Sudamérica (Goodman, 1977); enrollamiento de la hoja de la calabaza (sqLCV); texano del chile (pepGMV antes TPV); y moteado del tomate (TOMOV) en el sur de EU (Polston y Anderson, 1997). En República Dominicana se presentó una enfermedad cuyo agente causal se relacionó con el virus del enchinamiento de la hoja amarilla de Israel (TYLCV-IS), con un 98 por ciento de homología (Polston y Anderson, 1997; McGovern *et al.*, 1994); el geminivirus se diseminó a la isla de Jamaica y se considera como el primer reporte de TYLCV en el país y el segundo en el hemisferio occidental. En años recientes, el TYLCV se ha manifestado en Japón (1998), México, Florida y Georgia (1999) (Green y Kallo, 1994; Moriones y Navas, 2000). En 1997 se describió al virus de la vena estriada amarilla del tomate como un nuevo begomovirus que afecta al tomate en las Américas (Faria y Maxwell, 1999).

c) México

En México, las primeras evidencias sobre la posible manifestación de la enfermedad se remiten al ciclo 1970–1971, periodo en que se presentó una epifitía con enchinamiento en hojas de tomate en el estado de Sinaloa (Gallegos, 1978). Observaciones en el microscopio electrónico revelaron partículas virales geminadas, las cuales se asociaron con el patógeno (Brown y Hine, 1984). Después fue reportado como el geminivirus del chino del tomate (cdtv) (Brown y Nelson, 1988; Brown, 2000). Hacia 1979 se le detectó en el cultivo del chile al interior del estado de Puebla y por sus síntomas se le llamó «planta atigrada» (Garzón y Galindo, 1985). En Tamaulipas, la enfermedad denominada «rizado amarillo» del chile o «atigrado» del chile se vinculó con la presencia de geminivirus (Garzón *et al.*, 2005; Brown, 2000).

Los patógenos hallados dentro de las enfermedades anteriores se consideran una mezcla de geminivirus y se caracterizan molecularmente como virus huasteco del chile (PHV) (Torres *et al.*, 1996) y virus texano del chile (TPV), ahora pepGMV. Por otro lado, en el Valle de Santo Domingo, B.C.S., apareció calabaza tipo «cabocho» infectada con el geminivirus de la hoja enrollada de la calabaza (sqlcv) que daña a todas las especies de cucurbitáceas (Cortez, 1993). Otro nuevo virus llamado hoja arrugada del tomate fue consignado en los cultivos de tomate (tlcrv) (Paplomatas *et al.*, 1994).

Es posible observar geminivirus en la mayor parte de áreas hortícolas en México. La distribución de los que ya han sido caracterizados se ha ampliado en el área geográfica del país, desde la región donde fue encontrado por primera vez. Los virus del chino del tomate (cdtv) y el del chile jalapeño (pjv) fueron descubiertos en sitios geográficos separados, pero su distribución no es tan amplia como PHV. Existe un número aún no caracterizado que infecta los cultivos agrícolas en México.

Así, la distribución de los geminivirus en la República Mexicana parece ser dinámica y su dispersión puede cambiar de estación en estación (Torres *et al.*, 1996). Se presenta en chile, tomate, tabaco, calabaza y tomatillo, en los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Coahuila, Tamaulipas, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo. En 1999 el TYLCV infectó al tomate en la península de Yucatán (Ascencio *et al.*, 1999).

Sintomatología

La sintomatología provocada por los geminivirus es similar a la causada por deficiencias nutrimentales, y a la inducida por otras familias virales, *Potyvirus* y los *Tobamovirus* por ejemplo, lo que ha dificultado su diagnóstico al emplear técnicas convencionales. Estos síntomas varían según cada hospedero, etapa en que fue infectado, tipo de geminivirus, incluso por la latitud en que fue encontrado (Ascencio *et al.*, 1999). En general, los síntomas, aislados o en combinación son diversos: mosaico amarillo brillante, moteado clorótico, clorosis foliar marginal, enrollamiento foliar, epinastias, otras deformaciones foliares como abultamientos o ampollamientos, reducción del área foliar, enanismos, absición floral, amoratamiento foliar, reducción del tamaño de los frutos, etcétera (Ascencio *et al.*, 1999).

Morfología

La familia *Geminiviridae* se compone de nucleocápsides geminadas de 18–20 nm en diámetro y 30 nm de longitud. Tienen una simetría icosaedra con 22 capsómeros por nucleocápside.

Geminivirus (begomovirus) descritos en México en el cultivo del chile

A finales de los años setenta e inicio de los ochenta comenzaron a detectarse problemas críticos por el efecto de otros patógenos en cultivos de chile y tomate, lo que coincidía con altas poblaciones de mosquita blanca (MB). Dichas enfermedades se caracterizaban por amarillamientos y enchinamientos de hoja asociados con la presencia de mosquita blanca (*Bemisia spp*). Se estima que los daños anuales superaron los 100 millones de dólares en los cultivos de tomate, chile y calabacita. El desconocimiento inicial de la etiología complicó el desarrollo de estrategias de manejo para su control. A estas enfermedades se les denominó «enchinamientos o chinos» en el estado de Sinaloa, luego «atigrados» en Puebla, y en la actualidad «rizado amarillo» en Tamaulipas, debido a los síntomas típicos que causan en los cultivos antes mencionados.

Diferentes estudios arrojaron como conclusión que numerosas enfermedades eran originadas por geminivirus transmitidos por *Bemisia* spp (Begomovirus). Hoy se ha confirmado que algunos de los virus identificados en México pueden afectar de manera indistinta al chile o tomate; los descritos y clasificados son: el virus chino del tomate (cdTV), virus huasteco del chile (PHV), virus del atigrado ligero del chile (PMTV) y virus mosaico dorado del chile (PGMV). Se establecieron también las consecuencias de varios síntomas en el chile: el rizado amarillo ocasionado por más de un geminivirus transmitido mediante MB (PHV y PGMV o PHV y PMTV), lo atigrado por el PHV, y el enchinamiento en tomate por el cdTV (Brown y Poulos, 1989; Brown *et al.*, 1989). Cualquiera de estos geminivirus se difunden con dificultad en forma mecánica, la mosquita blanca los propaga eficientemente después de doce horas de haberlos adquirido de plantas enfermas. Aún no se ha detectado transmisión por semilla.

Virus huasteco del chile (PHV, virus huasteco del bandeado venal del chile)

El PHV es un geminivirus transmitido por mosquita blanca que afecta a los cultivos del chile, se le denominó huasteco del chile porque se aisló de la zona de Las Huastecas al norte del país (Tamaulipas). No es transmisible mecánicamente y se asocia con otro geminivirus en la enfermedad del rizado amarillo. Las enfermedades de los complejos virales son los problemas fitopatológicos más importantes en la horticultura mexicana (Garzón *et al.*, 2002).

a) Sintomatología

Se presenta un mosaico amarillo o dorado con achaparramiento de la planta y deformación de fruto. El amarillamiento inicia de las nervaduras en la base de la hoja, seguido por abolsamientos de color verde normal que alternan con áreas amarillas. El desarrollo de la planta, así como el número de flores y tamaño del fruto son menores y hay cierta deformación en los frutos.

b) Análisis genético del PHV (PHVBV)

En 1993 se afirmó que el geminivirus PHV era diferente a otros previamente reportados (SGMV, TPGV, CdTV, PMTV, ABMV, ACMV, BGMV, TGMV, SQLCV, TYLCV-S y TYLCV-IS) (Garzón *et al.*, 2002). Para llegar a esa conclusión se realizaron los postulados de Koch, se emplearon también dos fragmentos de ADN viral de doble cadena de 2.5 a 2.6 Kb cada uno. Los fragmentos se clonaron en un vector, lo que dio lugar a dos clones monoméricos, que al combinarse se inocularon por biobalística a plántulas de Chile. Una semana después se detectaron los síntomas en esas plántulas, con una eficiencia del 70 por ciento de infectividad. Ambos segmentos de ADN representaban el genoma completo de un nuevo geminivirus, al que se le nombró en un inicio «virus huasteco del Chile». Ese mismo año se informó sobre la secuencia completa del genoma del PHV aislado; de igual modo, se compararon las proteínas del PHV con aquellas de los geminivirus encontrados.

El análisis de la secuencia reveló que el genoma del PHV se dividía en dos moléculas circulares de ADN de cadena sencilla con 2 mil 631 bases (PHV-A) y 2 mil 589 bases (PHV-B) (Torres *et al.*, 1993). El componente A contiene cuatro marcos de lectura abierto (MLAS) (AV1, AC1, AC2 y AC3) y dos (BV1 y BC1) en el componente B. Se descubrió un marco de lectura abierto no esperado en sentido complementario del PHV A y se le denominó AC5, en orientación opuesta a AV1 (codifica para la proteína de la cápside). El árbol filogenético, sustentado en comparaciones por parejas de AV1, AC2, AC3, BC1 y BV1, sitúa al PHV entre los geminivirus del hemisferio occidental; no obstante, al apoyarse en AC1, lo colocan como un geminivirus del hemisferio oriental.

c) Hospedantes

El tomate y el Chile se han registrado ampliamente como hospedantes naturales de geminivirus (Bravo, 1997; Brown y Bird, 1992; Brown y Nelson, 1988; Garzón *et al.*, 2002), asimismo se han mencionado algunas plantas arvenses como hospedantes. En un estudio en las regiones de Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí, se informó acerca de *Solanum rostratum* («mala mujer»), especie de mayor importancia debido a la detección de

PHV y a TPV-T separados o mezclados; se encontró también en *Helianthus annuus* L. (girasol) por primera vez. Otras especies como *L. esculentum* var. Cerasiforme y *Helianthus* se vinculaban más con PHV, mientras que *Gossypium hirsutum* fue infectada por geminivirus relacionados con TPV-T (Garzón *et al.*, 2005).

d) Microscopía de luz

A través de la fijación en parafina de tejido enfermo, procedente de plantas que tenían noventa días de haber manifestado los síntomas, se detectaron células parenquimatosas de la médula central y la corteza, con el citoplasma lleno de cristales en forma de druzas, hecho que también fue observado en el mesófilo de las hojas (Garzón y Galindo, 1985).

e) Transmisión

La transmisión mecánica del PHV se logró con bastante dificultad, sólo fue posible cuando se utilizó tejido enfermo de plantas en desarrollo que tenían entre uno y seis días de haber manifestado síntomas. El tejido se maceró en una solución de carbón activado al 3 por ciento, y se incubó a una temperatura de 31 y 28 °C día y noche, respectivamente (Garzón y Galindo, 1985).

Presencia de virus en mezclas

A partir de 1998 aparecieron nuevos virus que provocaron síntomas distintos y que se mezclaron entre los ya conocidos. En época reciente han incidido en proporciones importantes, de modo que en algunas regiones, centro y norte del Pacífico de México, la mayor frecuencia se detectó en cultivos de chile (39 por ciento), seguido por tomate (32 por ciento) y cucurbitáceas (21 por ciento).

En los cultivos del chile y tomate, los virus de mayor frecuencia son los siguientes: TEV (34 por ciento), CMV (23 por ciento), begomovirus (29 por ciento), TMV y PMMV (14 por ciento). Tanto el TEV como el CMV se han caracterizado por causar necrosis en los brotes recientes, tipo «chamusquina», síntomas que técnicos y productores confunden con bacterias o

con el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), muy cercano del virus de la mancha necrótica de los belenes (INSV) y de un tospovirus transmitido por trips, el cual se descubrió en cultivos de chile y tomate en Sinaloa y Baja California Sur (Garzón *et al.*, 2005).

Se determinó que un 34 por ciento de infecciones contenía más de un virus, los cultivos más afectados por infecciones mixtas fueron el chile (49 por ciento) y las cucurbitáceas (56 por ciento); en tanto que la menor frecuencia se registró en el cultivo del tomate (14 por ciento). Dentro de los virus que se localizaron en infecciones mixtas se encuentran: CMV (88 por ciento), TEV (64 por ciento), TMV/PMMV (58 por ciento) y los begomovirus (36 por ciento). De igual modo se reportaron mezclas e interacción entre los virus PHV y el TPGM en el cultivo del chile (Torres *et al.*, 1995; Torres *et al.*, 1997).

Presencia de fitoplasmas

Los fitoplasmas son patógenos obligados, sólo pueden vivir en células vivas del floema de las plantas o dentro del insecto, y no se han podido cultivar o aislar en laboratorio, por lo que su identificación como agente causal de enfermedades es parcial. Existen al menos cincuenta diferentes fitoplasmas (Lee *et al.*, 2000) asociados a enfermedades en más de trescientas especies de plantas (McCoy *et al.*, 1989). A causa de que estos patógenos no pueden cultivarse *in vitro*, no ha sido posible su definición como agente causal de alguna enfermedad, por ello su detección hasta la fecha es posible por microscopía electrónica, mediante la observación de estructuras pleomórficas carentes de pared celular que tienen un tamaño entre 200 a 800 μm , localizadas en el floema de las plantas (Agrios, 2002).

La detección de fitoplasmas también se puede hacer utilizando herramientas de biología molecular: *a*) PCR con el empleo de iniciadores específicos diseñados sobre la secuencia altamente conservada del gen ribosomal 16S (Lee *et al.*, 2000; Gundersen y Lee, 1996); *b*) por hibridación molecular usando sondas específicas; *c*) con base en el polimorfismo por digestión enzimática (RFLP) del producto amplificado (PCR); *d*) por comparación de las secuencias de los productos de ADN amplificados. A través del análisis de RFLP y secuenciación de los productos amplificados del gen 16S rRNA se han propuesto al menos diecisiete diferentes grupos

de fitoplasmas ubicados en más de cuarenta subgrupos que se han clasificado tomando en cuenta el análisis de RFLP, de secuencias de genes 16S rRNA y veinticuatro especies de «*Candidatus* fitoplasmas» (Lee *et al.*, 2000). En el cultivo del chile se han descrito al Stolbur (Castro y Romero, 2002) y al fitoplasma de la hoja pequeña (Little leaf phytoplasma). En México se han detectado en Sinaloa, Baja California Sur (Lebsky *et al.*, 2006), Guanajuato y Jalisco, con daños en los que cada vez se observa una mayor incidencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Abouzid, A.M., J.E. Polston and E. Hiebert. 1992. The nucleotide sequence of Tomato mottle virus, a new geminivirus isolated from Tomatoes in Florida. *Journal of General Virology* 73:3225–3229.
- Agrios, G.N. 2002. Fitopatología. México. Editorial LIMUSA, pp. 648–726.
- Andersen, M.T., K.A. Richardson, S. Harbison and B.A.M. Morris. 1998. Nucleotide sequence of the geminivirus Chloris striate mosaic virus. *Virology* 164:443–449.
- Ascencio–Ibañez, J.T., Z.I. Monsalve–Fonnegra, M.B. Pruna–Camacho, R. Díaz–Plaza y R.F. Rivera–Bustamante. 1999. Los Geminivirus. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17:113–127.
- Bravo–Luna, L. 1997. Importancia de fuentes de inóculo y vector en la incidencia del virus texano del chile var. Coahuila y la resistencia a la enfermedad en cinco genotipos de *Capsicum annum*. Tesis de maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro». Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, pp. 133.
- Brown, J.K. and R.B. Hine. 1984. Geminat particles associated with the leaf curl of chino diseases of tomatoes in coastal areas of western Mexico. *Phytopathology* 74:844.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1988. Transmission, host range and virus–vector relationships of Chino del Tomato virus, a whitefly–transmitted geminivirus from Sinaloa, México. *Phytopathology* 72:866–869.
- Brown, J.K., O. Pozo–Campodónico and M.R. Nelson. 1989. A whitefly–transmitted geminivirus from peppers with tigre disease. *Plant Disease* 73:610.

- Brown, J.K. and B.T. Poulos. 1990. Serrano golden mosaic virus: a newly identified whitefly-transmitted geminivirus of pepper and tomato in USA and Mexico. *Plant Disease* 74:720.
- Brown, J.K. and J. Bird. 1992. Whitefly-transmitted geminivirus and associated disorders in the Americas and Caribbean Basin. *Plant Disease* 76:220-225.
- Brown, J.K. 2000. Chino del Tomate virus: Relationships to other begomoviruses and identification of A-component variants that affects symptom expression. *Phytopathology* 90:546-552.
- Cann, A. J. 1997. Principles of molecular virology. Second edition. San Diego, California, USA. Academic Press, pp. 1-21, 163-167.
- Castro, S. and J. Romero. 2002. The association of clover proliferation phytoplasma with stolbur disease of pepper in Spain. *Phytopathology* 150:25-29.
- Commonwealth Mycological Institute (CMI) and Association of Applied Biologists (AAB). 1970-1983. Description of Plant Viruses number 1, 39, 59, 151 y 258.
- Cortez-Mondaca, E. 1993. Detección de virus transmitidos por mosquita blanca, en el Valle de Santo Domingo, B.C.S. Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Informe de Investigación 1993. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noroeste, p. 20.
- Costa, A.S., D.M. Silva and J.E. Duffus. 1958. Plant virus transmission by leafminer fly. *Virology* 5:145-149.
- Delgado-Sánchez, S. 1974. Los virus que atacan al cultivo del chile (*Cap-sicum annuum* L.) en México, sus implicaciones, identificación, transmisión y medida de combate. *Agricultura Técnica en México* 3:317-325.
- Dellaporta, S.J., J. Wood and J.B. Hicks. 1983. A plant ADN minipreparation, version II. *Plant Molecular and Biology* 1:19-21.
- Donzon, J., G.P. Accotto, M.I. Boulton, P.M. Mullineaux and J.W. Davies. 1987. The nucleotide sequence of a geminivirus from *Digitaria sanguinalis*. *Virology* 161:160-169.
- Faria, J.C. and D.P. Maxwell. 1999. Variability in geminiviruses isolates associated with *Phaseolus spp* in Brazil. *Phytopathology* 89:262-268.
- Frischumuth, T., G. Zimmat and H. Keske. 1990. The nucleotide sequence of Abutilon mosaic virus reveals prokaryotics as well as eukaryotic features. *Virology* 178:461-468.

- Galindo–Alonso, J. 1971. Estudio preeliminar sobre el mosaico del chile serrano (*Capsicum annuum* L.) en el Noroeste de México. *Sociedad Americana de Fitopatología: División Caribe*, pp. 45–46.
- Gallegos, H. 1978. Enchinamiento del tomate. En: Enfermedades de los cultivos en el estado de Sinaloa. Sinaloa, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 168 p.
- Garzón–Tiznado, J. A. y J. Galindo–Alonso. 1985. La planta atigrada del chile (*Capsicum annuum* L.) en la región de Valsequillo, Puebla. *Revista Mexicana de Fitopatología* 3:10–13.
- Garzon–Tiznado, J.A., I. Torres–Pacheco, J.T. Ascencio–Ibañez, L. Herrera–Estrella and R.F. Rivera–Bustamante. 1993. Inoculation of peppers with infectious clones of a new geminivirus by a biolistic procedure. *Phytopathology* 83:514–521.
- Garzón–Tiznado, J.A., G. Acosta–García, I. Torres–Pacheco, M. González–Chavira, R.F. Rivera–Bustamante, V. Maya–Hernández y R.G. Guevara–González. 2002. Presencia de los Geminivirus Huasteco del Chile (PHV), Texano del Chile variante Tamaulipas (TPV–T), y Chino del Tomate (vcdr), en los estados de Guanajuato, Jalisco y San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 20:45–52.
- Garzón–Tiznado, J.A., T.J. Celis–Aramburo, S. Velarde–Félix, J. Ceballos–Ruiz, P. Barbosa–Jasso, C. Reyes–Moreno, J.L. Martínez–Carrillo, P. Sánchez–Peña y S. Hernández–Verdugo. 2005. Detección de virus fitopatógenos en la región Centro–Norte del Pacífico Mexicano. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23:226–233.
- Goodman, R.M. 1977. Infectious DNA from a whitefly transmitted virus of *Phaseolus vulgaris*. *Nature* 266:54–55.
- Green, R.K. and G. Kallo. 1994. Leaf curl and yellowing viruses of pepper a tomato: and overview. Technical bulletin number 21. Asian Vegetable Research and Development Center. 51 p.
- Grogan, R.G., D.H. Hall and R.A. Kimble. 1959. Cucurbit viruses in California. *Phytopathology* 49:366–376.
- Gundersen, D.E. and I.M. Lee. 1996. Ultrasensitive detection of phytoplasmas by nested–PCR assays using two universal primer pairs. *Phytopathologia Medditerranea* 35:144–151.
- Hamilton, W.D.O., D.M. Bisaro, R.H.A. Coutts and K.W. Buck. 1983. Demonstration of the bipartite nature of the genome of a single–stranded

- DNA plant virus by infection with the cloned DNA components. *Nucleic Acids Research* 11:7387–7396.
- Hamilton W.D.O., V.E. Stein, R.H.A. Coutts and K.W. Buck. 1984. Complete nucleotide sequence of the infectious cloned DNA component of Tomato golden mosaic virus: potential coding regions and regulatory sequences. *The EMBO Journal* 3: 2197–2205.
- Harrison, B.D. 1985. Advances in geminivirus research. *Annual Review of Phytopathology* 23:55–82.
- Inoue–Nagata, A.K., M.E.N. Fonseca, R.O. Resende, L.S. Boiteux, D.C. Monte, A.N. Dusi, A.C. Avila and R.A.A. van del Vlug. 2002. Pepper yellow mosaic, a new potyvirus in sweetpepper, *Capsicum Annuum*. *Archives of Virology* 147:849–855.
- Lee, I.M., R.E. Davis and D.E. Gundersen–Rindal. 2000. Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. *Annual Review of Microbiology* 54:221–255.
- Lebsky, V., A. Poghosyan, S.R. Villegas y L.J.A. Mayoral. 2006. Infección por fitoplasmas en chile ancho en el estado de Baja California Sur: Estudio de caso. Tercera Convención Mundial del Chile. Chihuahua, Chihuahua, México, pp. 126–128.
- McCoy, R.E., A. Caudwell, C.J. Chang, T.A. Chen, L.N. Chiykowski, M.T. Cousin, J.L. Dale, G.T.N. de Leeuw, D.A. Golino, K.J. Hacket, B.C. Kirkpatrick, R. Marvitz, H. Petzold, R.C. Sinha, M. Sugiura, R.F. Whitcomb, I.L. Yang, B.M. Zhu and E. Seemuler. 1989. Plant diseases associated with mycoplasma–like organism. In: R.F. Whitcombe and J.C. Tully (editors). *The Mycoplasma*. Vol. 5. Spiroplasmas, Acholeplasmas and Mycoplasmas of Plants and Arthropods. San Diego, California. Academic Press, pp. 545–640.
- Martínez–Soriano, J.P. y J. Galindo–Alonso. 1985a. Etiología de la «chamusquina» del chile serrano (*Capsicum annum* L.). Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitopatología. Guanajuato, Guanajuato, México.
- Martínez–Soriano, J.P., J. Galindo–Alonso y E. Cárdenas–Soriano. 1985b. Los síntomas como herramienta en el diagnóstico de tres virus del chile serrano. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitopatología. Guanajuato, Guanajuato, México.
- Martínez–Soriano, J.P. 1985. Factores causantes de la variación de síndromes virales en chile serrano y su importancia en el diagnóstico.

- Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Estado de México. 73 p.
- Mattews, R.E.F. 1970. *Plant Virology*. London LTD. Academic Press. 778 p.
- McGovern, R.J., J.E. Polston, G.M. Danglok, E. Hiebert, A.M. Abouzid and P.A. Stansly. 1994. Identification of a natural weed host of tomato mottle geminivirus in Florida. *Plant Disease* 78:1102–1106.
- Mora–Padilla, C. 1977. Estudio de la virosis del chile serrano (*Capsicum annuum* L.) como base para estructurar un programa de obtención de variedades resistentes. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Estado de México. 85 p.
- Mora–Padilla, C. y R. Bujanos–Muñiz. 1979. El control cultural de las enfermedades virosas que afectan al cultivo del chile serrano (*Capsicum annuum* L.) en la región de las Huastecas. Resúmenes del xxvii Congreso Internacional de la Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas, Región Tropical. Sinaloa, México.
- Moriones, E. y J. Navas–Castillo. 2000. Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research* 71:123–134.
- Navot, N., E. Pichersky, M. Zeidan, D. Zamir and H. Czosnek. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly–transmitted geminivirus with a single genomic component. *Virology* 185:151–161.
- Padidam M., R.N. Beachy and C.M. Fauquet. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. *Journal of General Virology* 76:249–263.
- Paplomatas, E.J., V.P. Patel, Y.M. Hou, A.O. Noveiry and R.L. Gilbertson. 1994. Molecular characterization of a new sap–transmissible bipartite genome geminivirus infecting tomatoes in México. *Phytopathology* 84:1215–1224.
- Polston, J.E. and P.K. Anderson. 1997. The emergence of whitefly–transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. *Plant Disease* 81:1358–1369.
- Prowidenti, R. 1985. *Viral diseases of cucurbits and sources resistance*. Geneva, New York. Experimental Station Cornell University. 15 pp.
- Rodríguez–Montesoro, R. 1971. Estudio preliminar sobre el mosaico del chile en la región del Bajío. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Estado de México. 51 p.

- Smith, M.K. 1972. A textbook of plant virus diseases. Third edition. New York and London. Academic Press. 684 p.
- Stanley, J. and M.R. Gay. 1983. Nucleotide sequence of cassava latent virus DNA. *Nature* 301:260–262.
- Torres–Pacheco, I., J.A. Garzón–Tiznado, L. Herrera–Estrella and R.F. Rivera–Bustamante. 1993. Complete nucleotide sequence of pepper Huasteco virus: analysis and comparison with bipartite geminiviruses. *Journal of General Virology* 74:2225–2234.
- Torres–Pacheco, I., M.S. Ramírez–García, S. Montes–Hernández, R. Bujanos–Muñiz y R.F. Rivera–Bustamante. 1995. Interacción entre el virus huasteco del chile y el virus jalapeño del chile. Memorias del xxii Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen número 61.
- Torres–Pacheco, I., J.A. Garzón–Tiznado, J.K. Brown, A. Becerra–Flora and R.F. Rivera–Bustamante. 1996. Detection and distribution of geminiviruses in Mexico and Southern United States. *Phytopathology* 86:1186–1192.
- Torres–Pacheco, I. 1997. Geminivirus involucrados en el «rizado amarillo» del chile: Interacciones entre PHV y TPV. Tesis doctoral. CINVESTAV/IPN Irapuato. 105 p.
- Vega–Piña, A., D. Teliz–Ortíz, R. Rodríguez–Montesoro, F. Delgadillo–Sánchez y J.A. Garzón–Tiznado. 1993. Transmisión de virus en semilla de chile. *Agrociencia* 4:81–92.
- Walters, H.J. 1952. Some relationships of three plant viruses to the differential glasshopper (*Melanoplus differentialis* Thos.). *Phytopathology* 42:355–362.
- Yañez–Morales, M.J. y F. Delgadillo–Sánchez. 1991. Virus transmitidos por Mosquita blanca al chile serrano (*Capsicum annum* L.) en el sur de Tamaulipas. Memorias del xviii Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puebla, Puebla, México.

Enfermedades emergentes en el cultivo de chile en Aguascalientes y Zacatecas

Rodolfo Velásquez Valle
Mario Domingo Amador Ramírez
Jaime Mena Covarrubias
Luis Roberto Reveles Torres

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos tradicionales en el pueblo mexicano. Se consume en diferentes formas, entre las que destaca el chile seco. En el centro norte de México, y particularmente en Zacatecas, la producción de éste último es de las actividades con mayor importancia económica. En promedio, el 81 por ciento se cultiva en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Durango, bajo condiciones de riego y donde se presentan temperaturas frescas durante la estación de crecimiento del cultivo; otras entidades que se ubican son Guanajuato, Puebla y Aguascalientes (Rincón *et al.*, 2004).

En Aguascalientes y Zacatecas el cultivo de chile se divide en dos etapas: la primera es la producción de plántula y la segunda comprende desde el trasplante hasta el corte o la cosecha. Es frecuente que la actividad en los almácigos tradicionales o en la producción de plántula en invernadero inicie con el año y los últimos cortes de chile, el secado en planta puede ocurrir durante el mes de diciembre, lo que significa tener actividades relacionadas con el cultivo todo el año.

Hacia 1982 el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) afirmó que entre los problemas que afectaban al cultivo de chile se encontraban las múltiples diferencias en la tecnología de producción, la carencia de cultivares con amplio rango de adaptación y la presencia de enfermedades, entre otros aspectos (Laborde y Pozo, 1982). Después de veinticinco años las circunstancias no mejoran para los productores de chile, poco se ha avanzado para reducir la brecha entre los productores tecnificados y aquellos que conservan las prácticas tradicionales. Es aún crítica la falta de variedades con características deseables para el mercado nacional y aunque las mismas enfermedades siguen afectando las parcelas de chile, otras nuevas han emergido ocasionando pérdidas.

Una estación de crecimiento dilatada expone cualquier cultivo a la acción de diversas limitantes biológicas; el cultivo de chile en los estados de Zacatecas y Aguascalientes no es la excepción, ya que hay un grupo de hongos, bacterias, nematodos y virus que dañan el potencial de rendimiento, además indirectamente contribuyen a aumentar el costo de producción y ejercen mayor presión sobre la ecología de esa área.

Sin lugar a dudas, la enfermedad más importante del cultivo en estas regiones, tanto por la superficie que afecta como por su persistencia anual, es la pudrición de la raíz. Se caracteriza por la marchitez, clorosis, defoliación, aborto de flores y caída de frutos jóvenes. Los hongos patógenos como *Phytophthora capsici* Leo., *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp, *Verticillium* spp y nemátodos del género *Meloidogyne* spp han sido asociados con la enfermedad. Otras enfermedades comunes en esta área son la cenicilla polvorienta (*Oidiopsis* spp) y la mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) que también producen, entre otros síntomas, diversos grados de clorosis y defoliación de las plantas afectadas (Velásquez *et al.*, 2002; Velásquez y Medina, 2005).

Como enfermedades emergentes de Chile en Aguascalientes y Zacatecas se consideran al virus de la marchitez manchada del jitomate (variante *impatiens*) y al virus del enrollamiento de las puntas del betabel; la primera ha sido detectada sólo en macrotúneles y unas pocas parcelas a cielo abierto en Aguascalientes, mientras que la segunda en los dos estados, su sintomatología corresponde en gran parte a los amarillamientos del Chile. Un punto relevante de este trabajo se concentrará en el enrollamiento de las puntas del betabel, aunque se harán algunos comentarios acerca de la presencia del virus de la marchitez manchada del jitomate en Aguascalientes.

En los últimos ciclos de cultivo han aparecido nuevas sintomatologías en las parcelas de Chile de la región. Los productores identifican esta hortaliza bajo nombres como «miada de perro» y más generalmente como «amarillamientos del Chile». Los síntomas de esas enfermedades generalmente se traslapan o difieren en características no patológicas que han dificultado su diagnóstico e identificación en campo. Es aquí donde se dan a conocer los avances de investigación en los amarillamientos de Chile en Aguascalientes y Zacatecas, con apoyo de la información sobre el tema en todo el mundo.

VIRUS DEL ENROLLAMIENTO DE LAS PUNTAS DEL BETABEL (BCTV)

En Nuevo México, Estados Unidos de América, las pérdidas causadas por el BCTV durante el ciclo 2001 fueron de 12 por ciento en comparación

con las temporadas de 2000 y 2002. En el ciclo 2001 la incidencia de BCTV fue elevada, cuando en los otros ciclos la incidencia de la enfermedad se redujo (Creamer *et al.*, 2003). En un esfuerzo por controlar el BCTV y la chicharrita que lo transmite en California, Estados Unidos de América, los productores gastan 1.27 millones de dólares anualmente para asperjar de 40 a 100 mil ha con insecticida (Creamer *et al.*, 1996).

Descripción de síntomas

Las plantas jóvenes infectadas, sin importar el tipo de chile, muestran un enanismo y dan apariencia de arbusto, con dificultad alcanzan la tercera parte de la altura de una que parece sana. Conservan por un corto tiempo su color verde normal, pero de forma gradual van adquiriendo una coloración amarillenta o verde pálida (imagen 1). Con frecuencia las hojas afectadas son más gruesas y de mayor longitud que las de plantas sanas. Los bordes de hojas afectadas tienden a enrollarse hacia arriba.

En esta etapa no hay desarrollo de estructuras reproductivas en las plantas infectadas. No es común ver juntas más de dos plantas con estos síntomas y mueren antes de finalizar el ciclo de cultivo (Velásquez-Valle *et al.*, 2006). En plantas adultas, el síntoma más conspicuo y asociado con la enfermedad es el amarillamiento del follaje joven, el cual es de menor tamaño y más quebradizo que el de plantas sanas; en tanto que el follaje de la parte inferior y media de la planta conserva su tamaño normal, aunque algunas hojas pueden mostrar clorosis. No se observan estructuras reproductivas en el follaje más joven, aunque la planta pudo haber amarrado algunos frutos en las primeras floraciones, antes de ser infectada. Algunas plantas adultas llegan a producir frutos que toman la forma de una letra «C».

Las plantas adultas afectadas se presentan en manchones, e incluso en parcelas completas. El grupo de síntomas en plantas jóvenes fue reportado en Aguascalientes, lo que provocó daño en diferentes líneas mejoradas de chile ancho y mirasol en 2003 (Velásquez *et al.*, 2003).



Imagen 1. Planta de chile con síntomas iniciales de amarillamiento.

En Nuevo México, Estados Unidos de América, se ha reportado una sintomatología similar que incluye el aclaramiento de venas, doblamiento hacia abajo de los pecíolos y ampollamiento de hojas en plantas adultas. Cuando el ataque ocurre en plántulas o en etapas tempranas después del trasplante puede ocasionarles la muerte (Black *et al.*, 1991; Goldberg, 1995). Otros autores (APS, 2003) aducen que las plantas de chile infectadas en etapas tardías de desarrollo muestran hojas gruesas y enrolladas, así como brotes terminales erectos y brillantes. Las plantas infectadas en el campo generalmente desarrollan síntomas de la enfermedad en las dos semanas siguientes a la infección. Goldberg (1995) menciona que las raíces de las plantas infectadas mueren de forma gradual, aunque no enfatiza en la manifestación de lesiones o patógenos radiculares.

El amarillamiento del chile en Aguascalientes y Zacatecas ha sido confundido con otras enfermedades, en especial con la pudrición de la raíz. Sin embargo, las plantas de chile afectadas por esta última son de tamaño normal, logran producir algunos frutos de calidad comercial, sobre todo en las primeras floraciones; además, los síntomas de marchitez y defoliación son muy marcados, y las raíces exhiben diversos grados de pudrición. Como se expuso con anterioridad, las plantas afectadas por amarillamientos poseen pocos o ningún fruto, y con frecuencia son achaparradas, sin exhibir lesiones extensivas en la raíz.

Respecto al impacto de BCTV, Black *et al.* (1991) indican que las plantas infectadas llegan a producir pocos frutos después de que la infección ha ocurrido. Las plántulas de chile pimiento infectadas en hojas cotiledonales pueden morir; en cambio, cuando las plantas muestran de cuatro a cinco hojas alcanzarán la madurez, pero mostrarán de forma paulatina los síntomas de la enfermedad (amarillamientos, distorsión foliar y enanismo), y no producirán ningún fruto. Si la infección ocurre cuando la planta tiene ocho hojas, se presentarán pocos síntomas y cabe la posibilidad de no mostrar daño en el cultivo (Hoyle, 1977).

Es posible encontrar plantas con los síntomas típicos de amarillamiento en Aguascalientes y Zacatecas, pero que también manifiestan síntomas de otras enfermedades, como falta de turgencia, síntoma asociado con la pudrición de la raíz o defoliación, que constituye un síntoma de cenicilla polvorienta al final del ciclo. En otros cultivos importantes de esta región (jitomate, frijol y pepino) se podrían observar distintos síntomas: muerte de plántulas y distorsión, caída de hojas y clorosis, y achaparramientos en plantas adultas, según los resultados obtenidos por Hoyle en 1977.

La enfermedad con las características anteriores ha sido identificada desde 1899 como punta rizada (*curly top*, en inglés) y es de amplia ocurrencia en zonas áridas y semi áridas del oeste de Estados Unidos de América y países del este del Mediterráneo, donde daña diversos cultivos como jitomate, frijol, melón, sandía, espinaca, pepino, maleza y ornamentales (APS, 2003; Goldberg, 1995; Hoyle, 1977).

Agente causal

El responsable de la sintomatología mencionada es un virus, conocido como BCTV, que infecta dicotiledóneas y pertenece al género *Curtovirus* de la familia *Geminiviridae*. Los virus en este grupo se distinguen por presentar cordones sencillos de ADN, de aproximadamente 3 kb, encapsulados en partículas esféricas gemelas de alrededor de 30 nm de diámetro.

BCTV es un virus restringido al floema, por tanto no puede ser transmitido en forma mecánica. Se han reportado tres razas de él, así como variantes de cepas (APS, 2003), aunque recientemente se citan distintos

grupos que incluían la cepa Worland (virus moderado de la punta rizada del betabel), la cepa CFH (virus severo de la punta rizada del betabel), la cepa California/Logan (virus de la punta rizada del betabel), la cepa de la punta rizada de la espinaca (reportada en Texas) y la cepa de la punta rizada de una maleza, la cual se piensa que es un recombinante natural con un Begomovirus que se transmite por mosquita blanca.

Las diferencias entre estas cepas se han establecido en función de los síntomas inducidos en plantas de remolacha y en la secuenciación de ácidos nucleicos. Un estudio de comparación de secuencia de nucleótidos llevado a cabo en 2005 demostró que los aislamientos de la cepa California y Logan comparten más del 95 por ciento de similitud, mientras que el aislamiento CFH comparte aproximadamente el 82 por ciento con estos dos aislamientos; la secuencia de nucleótidos compartidos entre CFH y Worland es de 80 por ciento (Creamer *et al.*, 2005a).

El virus es altamente variable y la secuencia de nucleótidos es necesaria para identificar de modo adecuado la cepa o cepas presentes en cada área o parcela. En la actualidad se sabe que el BCTV sólo ocurre en Idaho, mientras que las cepas denominadas severa y moderada del BCTV han sido encontradas en California y Nuevo México, y en éste hay una cepa que parece intermedia entre la severa y la moderada. Apareció en 2001 e incrementó su presencia de 30 a 100 por ciento en menos de dos años. El análisis de las muestras de plantas enfermas colectadas en Zacatecas y enviadas a la Universidad Estatal de Nuevo México ha identificado a la cepa Worland del BCTV asociada con los amarillamientos de chile en esa entidad (Velásquez *et al.*, 2008). Es probable que otras cepas de dicho patógeno estén presentes en el centro norte de México.

Vector

Los virus de esta familia son transmitidos por insectos de la subfamilia *Deltocephaline*, perteneciente a la familia *Cicadellidae*, denominados chicharritas. En particular, la chicharrita del betabel, cuyo nombre científico es *Circulifer tenellus* (Baker), es el vector del BCTV en Norteamérica, en tanto que en Europa es transmitido por *C. opacipennis*. En México la presencia de *C. tenellus* ha sido reportada (Young y Frazier, 1954; Cervantes, 1999) en Aguascalientes, Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila,

Sinaloa, Guanajuato y Estado de México, aunque se reconoce que su diseminación es más amplia.

Los adultos de *C. tenellus* miden alrededor de 3 mm, pero las hembras pueden ser más grandes que los machos. La cabeza es más ancha que el pronoto, con ojos grandes y alargados, la frente es poco prominente y curva. El pronoto refleja dos pequeñas manchas oscuras irregulares, sus alas anteriores muestran el mismo tipo de manchas. El color del insecto es de amarillo, o café olivo a verde pálido. Las tibias delanteras y medias están armadas con numerosas espinas largas y fuertes (Oman, 1949; Young y Frazier, 1954; Cervantes, 1999). La identificación definitiva de esta chicharrita sólo puede ser lograda mediante la observación y comparación de la genitalia del macho (imagen 2).

En otoño e invierno de 2007 en los estados de Aguascalientes y Zacatecas se confirmó la presencia de *C. tenellus* en diferentes áreas y hospederos.

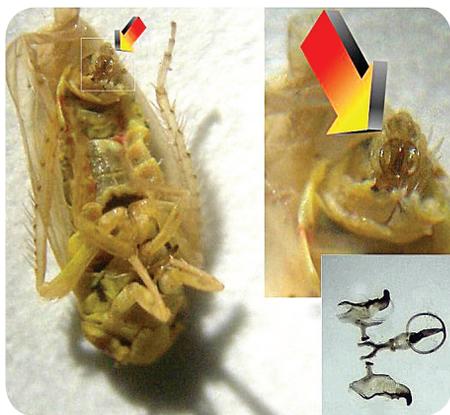


Imagen 2. Genitalia característica del macho de *Circulifer tenellus*.

La *C. tenellus* prefiere condiciones áridas y semiáridas, con temperatura cálida y condiciones soleadas, así como plantas pequeñas que sufran algún tipo de estrés. Puede transmitir el BCTV hasta dos días después de alimentarse de plantas infectadas, pero su eficiencia se reduce si se alimenta solamente por periodos cortos (dos a veinte minutos). Esta familia de virus, curtovirus, requiere de un periodo de latencia de cuatro horas después de adquirir el virus, tiempo en el cual las chicharritas son capa-

ces de inocularlo al alimentarse por varios minutos en plantas sanas. Dichos insectos son capaces de conservar la habilidad de transmitir el virus desde unos pocos días hasta semanas; no obstante, en el caso del chile y el jitomate son incapaces de completar su ciclo de vida en ellas, ya que sólo pueden sobrevivir unos días cuando se alimentan exclusivamente de esas plantas (APS, 2003; Creamer *et al.*, 2003).

De acuerdo con Creamer *et al.* (2003) se presentan tres tipos morfológicos del insecto: el tipo de verano, de color verde pálido; el tipo de invierno, de color amarillo a café; y un tipo migratorio. El primer tipo sobrevive de tres a cuatro meses, mientras que el invernal más tiempo y consta principalmente de hembras copuladas. El tipo migratorio es capaz de volar cientos de kilómetros, según se ha observado en California, Estados Unidos de América.

Existe información diversa acerca de los hábitos de esta plaga. En opinión de Morón y Terrón, citados por Cervantes (1999), las hembras adultas de las chicharritas invernan en diversas plantas silvestres. Al llegar la primavera se registra la oviposición y los adultos de la primera generación maduran en plantas arvenses, de donde vuelan hacia los campos de cultivo, ahí completan una segunda generación. Los huevecillos son depositados dentro de las venas y pecíolos de las hojas y en los tallos, las ninfas emergen a las dos semanas, alcanzan el estado adulto en dos meses, y llegan a completar hasta tres generaciones por año.

Se sabe que en el oeste de los Estados Unidos de América (California), las chicharritas sobreviven el invierno en la maleza anual o perenne de las colinas donde las ninfas adquieren el virus. Al secarse la maleza, las chicharritas maduras migran hacia los cultivos y malas hierbas de verano llevando con ellas el virus. Antes de tales vuelos primaverales, no es común encontrar plantas cultivadas infectadas por BCTV. En estos nuevos hospederos, el *C. tenellus* completa varias generaciones antes de regresar a la maleza invernal en las colinas. Los movimientos migratorios del insecto durante la primavera han sido correlacionados con la acumulación de temperatura.

Por otro lado, en Nuevo México, se reporta que en los años treinta se pensaba que la chicharrita se reproducía en los meses de primavera y verano a lo largo del valle del Río Grande, donde podrían completar de tres a cinco ciclos reproductivos. Es probable que en la primavera la chicharrita

volara de estas áreas hacia el norte y el este de ese estado; y a porciones de los estados de Texas, Oklahoma, Kansas y Colorado; sin embargo, los patrones de uso de la tierra han cambiado dramáticamente desde entonces, cuando la remolacha era el cultivo principal (Creamer *et al.*, 2004).

Epidemiología

La epidemiología de BCTV en el oeste de Estados Unidos de América se determina por las condiciones climatológicas, la distribución y diversidad vegetal y por los ciclos de cultivo (APS, 2003). Se ha reconocido la relevancia de las malas hierbas en el ciclo de vida de la chicharrita y como reservorios de BCTV. La investigación llevada a cabo por Creamer *et al.* (1996) en el Valle de San Joaquín, California, reveló que la maleza de catorce familias (*Amaranthaceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Euphorbiaceae* y *Solanaceae*, entre las más sobresalientes) estaba infectada por el virus, la tasa de infección varió de 2 a 11 por ciento. Además, se encontró que la maleza, a pesar de estar infectada por BCTV, no desarrolló síntomas y la concentración del virus fue mayor en plantas cultivadas que en la maleza, lo que sugirió que los cultivos de jitomate y remolacha podrían jugar un importante papel epidemiológico en la supervivencia e incremento del virus.

En Zacatecas es una práctica común resembrar frijol donde las plantas de chile mueren por otras enfermedades, lo cual puede ser riesgoso, ya que a lo largo del año 2006 se encontraron plantas de frijol con síntomas potenciales de BCTV, sembradas entre las plantas de chile, en áreas cercanas al estado de San Luis Potosí.

La abundancia de maleza específica en época invernal podría influir en la fluctuación poblacional de *C. tenellus*; al respecto, Ray *et al.* (2005) sugieren que la mostacilla, *Sisymbrium irio* L., es la maleza más importante como refugio de la chicharrita durante el invierno en el estado de Nuevo México. La incidencia de BCTV en maleza fue estimada en esa misma región y se encontró que solamente el 1.3 por ciento (9 de 686 plantas probadas) de especímenes de maleza resultó positivo a BCTV durante 2001 y esa proporción se redujo a 0.06 por ciento (1 de mil 768 plantas probadas) durante 2002 (Creamer *et al.*, 2003).

Entre la maleza más frecuente en parcelas de chile de Zacatecas se identificaron al quelite (*Amaranthus* spp), la rodadora (*Salsola* spp), la

mostacilla (*Sisimbrio irio* L.), la malva (*Malva parviflora* L.) y la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), citadas como hospederas del virus en otras regiones (Amador *et al.*, 2007).

Los resultados de una investigación realizada en Nuevo México (Creamer *et al.*, 2003) indican que se colectaron mayores poblaciones de chicharritas en trampas amarillas, colocadas en los bordes de parcelas de chile (2001) en 2002; esto correspondió también con un mayor porcentaje de detección de virus en 2001 que en 2002. En ambos años los vuelos de las chicharritas hacia las parcelas de chile iniciaron en abril y mayo, alcanzaron su máximo hacia junio y julio, y se redujeron en el periodo de octubre a mediados de diciembre.

La influencia de la precipitación invernal en los hábitos de la plaga también ha sido estudiada (Creamer *et al.*, 2003); en el invierno de 2001 y 2002 el condado Luna, Nuevo México, recibió más precipitación que el Condado Dona Ana. La precipitación extra pudo haber contribuido a retrasar los vuelos de primavera de la chicharrita, ya que la maleza permaneció «verde» por más tiempo. La acumulación de temperatura en los condados Luna y Dona Ana fue similar, por lo que se descarta que este factor tenga mayor influencia en la migración de las chicharritas.

En Aguascalientes se cuantificó la acumulación de unidades de calor, usando una temperatura base de 5 °C desde el trasplante hasta la aparición de plantas con síntomas de la enfermedad. En plantas de diferentes líneas avanzadas del tipo mirasol se acumularon entre 703 y mil 4 unidades calor (UC) al observarse las primeras plantas con síntomas de la enfermedad, mientras que en el caso de las líneas de tipo ancho se requirieron entre 735 y 842 UC antes de registrarse la aparición de plantas con síntomas de BCTV (Velásquez *et al.*, 2003).

Incidencia de la enfermedad

Creamer *et al.* (2004) exponen que la incidencia de BCTV en parcelas de chile, sin mencionar el tipo o variedad de Nuevo México fue de 0.5 a 1 por ciento durante 2002, pero el año anterior había sido considerablemente mayor, de 30 a 50 por ciento. Se han registrado en ese mismo estado años con alta incidencia de BCTV como 1999 (30–50 por ciento), 2001 (30–50 por ciento), 2003 (20–30 por ciento) y 2005 (10–30 por ciento), en tanto que en

algunos años la incidencia ha sido reducida como en 2002 (0.5–1 por ciento), 2004 (5–10 por ciento) y 2006 (1–5 por ciento) (Creamer, comunicación personal). En Aguascalientes, la incidencia de BCTV en líneas avanzadas de chile tipo mirasol osciló de 2.1 a 4.6 por ciento, mientras que en los materiales avanzados de chile tipo ancho la incidencia de la enfermedad fue de 11.5 a 14.2 por ciento. Como consecuencia el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad fue mayor en las líneas de chile ancho en comparación con las líneas de chile mirasol (Velásquez *et al.*, 2003).

Al cuantificar la incidencia del amarillamiento del chile en parcelas comerciales de Aguascalientes y Zacatecas durante 2005 se encontró que la enfermedad afectó plantas en el sistema de producción tradicional (riego por gravedad y suelo desnudo) y donde se utilizaba acolchado y riego por cintilla. El rango de incidencia en ambas entidades fue de 4 a 20 por ciento y de 0 a 48 por ciento. Por otro lado, la incidencia media de la enfermedad en las parcelas sin acolchado fue de 14 por ciento y en las parcelas con acolchado 9 por ciento. El amarillamiento afectó plantas de chile de los tipos mirasol, pasilla, ancho y guajillo, con incidencias de 6.6, 12.1, 6.9 y 17.2 por ciento para esos tipos de chile (Velásquez *et al.*, 2006). En el ciclo de cultivo 2006, la incidencia media de los amarillamientos de chile fue de 20.4, 21.2, 31, 12, 7.2 y 28.8 por ciento para los tipos mirasol, pasilla, ancho, jalapeño, serrano y puya.

Los datos de incidencia de la enfermedad obtenidos para 2005 fueron sometidos a un análisis geoestadístico, el cual reveló que la incidencia de la enfermedad tendía a aglomerarse entre los 22° 06' y 22° 24' latitud norte y entre los 102° 06' y 102° 18' longitud oeste, con una incidencia de hasta 15.6 por ciento, que fue disminuyendo entre los 23° 18' latitud norte y 103° 1' longitud oeste (en los municipios de Cosío y Rincón de Romos, Aguascalientes, y Fresnillo, Zacatecas, en los extremos sur y norte, respectivamente). Lo anterior indicaría que la incidencia del amarillamiento del chile fue mayor en los municipios muestreados en Aguascalientes.

No se han descubierto patrones espaciales en las parcelas de chile infectadas por este tipo de virus debido, parcialmente, a la gran diversidad de fuentes de los virus y a la reducida diseminación secundaria dentro de las parcelas de chile por la no preferencia de la chicharrita por las plantas de chile.

Perspectivas de manejo de la enfermedad

De acuerdo con Goldberg (1995), el manejo de la enfermedad en Nuevo Mexico fluctúa de difícil a imposible, porque ocurre esporádicamente. Sin embargo, algunas medidas culturales, como sembrar altas densidades, retrasar el raleo de plantas, evitar sembrar chile después de cultivos como jitomate o papa y remover la maleza de las parcelas, han sido utilizadas. En otras regiones se ha recomendado llevar a cabo las plantaciones de chile temprano o tarde en la temporada, para evitar que la migración de chicharritas alcance las plántulas jóvenes que son más susceptibles al BCTV. También se sugiere la eliminación de la maleza conocida como hospedera de la enfermedad de las parcelas (APS, 2003).

Se ha recomendado (Cervantes, 1999) el empleo de diversos insecticidas de contacto como el diazinon, paration, malation, etcétera, para el combate de esta chicharrita. Los insecticidas sistémicos como el imidacloprid han sido efectivos para reducir la enfermedad en remolacha, pues trabajan mediante la reducción del número de chicharritas y no bloquean la transmisión viral, ya que los insectos pueden transmitir el virus antes de morir por efecto del insecticida. Conviene recordar que el chile no es un cultivo preferido por las chicharritas, porque los insectos pasan muy poco tiempo en esas plantas, por lo que la aplicación de insecticidas pudiera eliminar sólo un pequeño número de ellas. La generación de variedades resistentes al BCTV es la mejor opción de manejo de la enfermedad, aunque hasta el momento no existen variedades comerciales contra el virus (APS, 2003).

Una investigación efectuada en Nuevo México (Creamer *et al.*, 2005b) obtuvo buenos resultados al realizar hasta nueve aplicaciones de caolin, cuando la plántula tenía de seis a ocho hojas verdaderas. La incidencia de la enfermedad fue mayor en las parcelas que no recibieron esta protección, en comparación con las plantas que sí lo hicieron. Otros beneficios obtenidos fueron que las plantas tratadas mostraron menor estrés hídrico y mayor reflectancia fotoquímica; pero no se encontraron diferencias en el rendimiento de las parcelas tratadas y no tratadas.

MARCHITEZ MANCHADA DEL JITOMATE

Fue detectada en algunas parcelas de chile durante el ciclo de cultivo de 2006 en los municipios de Rincón de Romos, Asientos y Cosío, Aguascalientes. Afectó plantas de chile en condiciones de cielo abierto en los dos primeros sitios y jitomate en macrotúnel en el último. Asimismo se ha encontrado en plantas de chile ancho en el ciclo de cultivo 2008 en áreas productoras del estado de Zacatecas.

Síntomas de la enfermedad

La aparición y severidad de sus síntomas varían ampliamente en función del cultivo de chile, raza del virus, edad de la planta al momento de la infección y de las condiciones ambientales. Las plantas infectadas al momento del trasplante muestran un severo achaparramiento a través de todo el ciclo del cultivo, más tarde pueden manifestar manchas anilladas necróticas en hojas y tallos. Con todo y eso, la enfermedad es más reconocida por la sintomatología expresada en los frutos: tanto los frutos verdes como rojos pueden presentar áreas decoloradas, generalmente amarillas, que nunca tomarán su color rojo, además, los frutos pueden poseer manchas anilladas necróticas o cloróticas, y algún grado de distorsión (imagen 3). En Aguascalientes no se observó la totalidad de síntomas mencionados, si bien los frutos de plantas afectadas, de los tipos ancho y güero, mostraban las características áreas de coloración irregular (APS, 2003; Goldberg, 1995).



Imagen 3. Frutos de chile con síntomas provocados por el virus de la marchitez manchada.

Agente causal

El virus de la marchitez manchada del jitomate (TSWV, por sus siglas en inglés) es representativo del género *Tospovirus* perteneciente a la familia *Bunyaviridae*. Este virus de ARN forma partículas isométricas de 70 a 90 nm de diámetro, que parecen tener una cubierta de lipoproteínas que puede ser removida por detergentes no iónicos. Aunque el TSWV puede ser transmitido por savia, es uno de los virus más inestables física y químicamente: existen por lo menos seis razas, por lo tanto la severidad de los síntomas producidos puede variar (APS, 1991; APS, 2003; CPSESC, 1994; Zitter *et al.*, 1989).

Vector

A pesar de que en el laboratorio el TSWV es diseminado mecánicamente, en el campo puede ser transmitido por algunas especies de trips, entre las que destacan *Frankliniella occidentalis*, *F. fusca*, *F. schultzei*, *F. intonsa*, *F. bispinoza*, *F. tenuicornis*, *Thrips tabaci*, *T. setosus*, *T. moultoni*, *Lithrips dorsalis* y *Scirtothrips dorsalis*. Sólo las larvas adquieren el virus (requieren de periodos de alimentación de por lo menos quince minutos), pero lo difunden de manera persistente al igual que los adultos.

Existen informes en el sentido de que los adultos llegan a ingerir partículas virales pero no transmitirlos. El virus puede replicarse dentro del insecto y de la planta; el patógeno no afecta el desarrollo ni la tasa de reproducción o supervivencia del insecto. El periodo de incubación varía de cuatro a diez días. Los trips alcanzan su máxima infectividad de los veintidós a treinta días después de la adquisición y el virus puede ser retenido de por vida en el insecto. Los adultos viven de treinta a cuarenta y cinco días y depositan desde ciento cincuenta hasta trescientos huevecillos. No obstante que los trips no son insectos que vuelen hábilmente, pueden ser acarreados por el viento o en la ropa (APS, 2003; Assis Filho *et al.*, 2004; Maris *et al.*, 2004; CPSESC, 1994; Zitter *et al.*, 1989; Pappu *et al.*, 1998).

Epidemiología

El medio más trascendente de diseminación de la enfermedad son los trips, aunque el TSWV es esparcido por medio de la semilla. El virus al-

canza a infectar alrededor de ciento setenta especies vegetales, entre las que figuran, aparte de chile y jitomate, frijol, lechuga, pepino, papa, coliflor; y sobrevive en maleza como malva, verdolaga y quelite, entre otras. Las plántulas producidas en el invernadero trasladan la infección a las parcelas en el campo, como ha sucedido con las plántulas de jitomate (Goldberg, 1995; Zitter *et al.*, 1989).

Perspectivas en el manejo de la enfermedad

Es extremadamente difícil lograr la erradicación de la enfermedad a causa de su amplio rango de hospederos cultivados, maleza y ornamentales. Se puede reducir la incidencia y severidad de la enfermedad mediante la remoción de todas las plantas con síntomas, el combate de maleza, sobre todo la perenne y la rotación con cultivos no susceptibles (Goldberg, 1995).

Si las plántulas de chile son producidas en invernadero debe evitarse que se mezclen con ornamentales, como se acostumbra llevar a cabo para optimizar el empleo del invernadero. El combate químico es complicado debido a algunos de los hábitos del insecto que transmite el patógeno y por la resistencia de la plaga a los insecticidas. No hay variedades de chile con resistencia a este virus, pero en el caso de jitomate, ya se cuenta con variedades transgénicas resistentes (APS, 2003; Zitter *et al.*, 1989).

CONSIDERACIONES FINALES

En Aguascalientes y Zacatecas las enfermedades emergentes de chile, BCTV y TSWV, son de naturaleza viral, poseen vectores eficientes, y vectores y virus cuentan con un amplio rango de hospederos. Es necesario confirmar la diseminación de TSWV a otras áreas y cultivos de esas regiones, así como definir por completo la sintomatología asociada con BCTV. Existe poca o ninguna información epidemiológica y de manejo generada en la región productora de chile en las dos entidades, por lo que es indispensable realizar la investigación pertinente que fundamente las medidas de manejo de ambas enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Amador–Ramírez, M.D., R. Velásquez–Valle, R. Gutiérrez–Luna y E. Acosta Díaz. 2007. Principales malezas del frijol, maíz y chile del altiplano de Zacatecas. Folleto Técnico número 15. INIFAP/Campo Experimental Zacatecas. Zacatecas. 34 p.
- Assis Filho, F. M. De, C.M. Deom and J.L. Sherwood. 2004. Acquisition of tomato spotted wilt virus by adults of two thrips species. *Phytopathology* 94:333–336.
- Black, L.L., S.K. Green, L.G. Hartman and M.J. Poulos. 1991. Pepper diseases. A field guide. Asian Vegetable Research and Development Center. Taipei. AVRDC Publication number 91–347. 98 p.
- Cervantes–Mayagoitia, J.F. 1999. Plagas: diagnóstico, biología e importancia económica. Insectos chupadores y minadores que afectan hortalizas 111–132. En: Hortalizas. Plagas y enfermedades. México. Editorial Trillas. 528 p.
- Creamer, R., M. Luque–Williams and M. Howo. 1996. Epidemiology and incidence of beet curly top geminivirus in naturally infected hosts. *Plant Disease* 80:533–535.
- Creamer, R., J. Carpenter and J. Rascon. 2003. Incidence of the beet leafhopper, *Circulifer tenellus* (Homoptera:Cicadellidae) in New Mexico chile. *Southwestern Entomologist* 28:177–182.
- Creamer, R., J. Carpenter and J. Rascon. 2004. Incidence of the beet leafhopper, *Circulifer tenellus* (Homoptera:Cicadellidae) in New Mexico. New Mexico Chile Task Force. College of Agriculture and Home Economics. Cooperative Extension Service. Agricultural Experiment Station. Report 12. New Mexico State University. 12 p.
- Creamer, R., H. Hubble and A. Lewis. 2005a. Curtovirus infection of chile pepper in New Mexico. *Plant Disease* 89:480–486.
- Creamer, R., S. Sanogo, A.O. El–Sebai, J. Carpenter and R. Sanderson. 2005b. Use of kaolin to suppress beet curly top virus in chile peppers. New Mexico Chile Task Force. College of Agriculture and Home Economics. Cooperative Extension Service. Agricultural Experiment Station. Report 19. New Mexico State University. 8 p.
- Goldberg, P.N. 1995. Chile pepper diseases. Agricultural Experiment Station. College of Agricultural and Home Economics. Circular 549. Las Cruces, NM, USA. New Mexico State University. 20 p.

- Howard, R.J., J.A. Garland and W. L. Seaman (editors). 1994. Diseases and pests of vegetable crops in Canada. Canadian Phytopathological Society and the Entomological Society of Canada (CPSESC). Ltd. Ottawa, Canada. M.O.M. Printing. 554 p.
- Hoyle, J.B. 1977. Curly top. Identification handbook. Nine crops. Division of Agricultural Sciences. Sale Publication 4079. University of California. 39 p.
- Jones, J.B., J.P. Jones, R.E. Stall and T.A. Zitter (editors). 1991. Compendium of tomato diseases. American Phytopathological Society (APS). St. Paul, MN, USA. APS Press. 73 p.
- Laborde–Cancino, J.A. y O. Pozo–Campodónico. 1982. Presente y pasado del chile en México. Publicación Especial número 85. México. INIA/SARH. 80 p.
- Maris, P.C., N.N. Joonsten, R.W. Goldbach and D. Peters. 2004. Tomato spotted wilt virus infection improves host suitability for its vector *Frankliniella occidentalis*. *Phytopathology* 94:706–711.
- Oman, P.W. 1949. The nearctic leafhoppers. A generic classification and check list. *Memories of the Entomological Society of Washington* 3:1–253.
- Pappu, H.R., J.W. Todd, A.K. Culbreath, M.D. Bandla and J.L. Sherwood. 1998. First report on the multiplication of tomato spotted wilt tospovirus in tobacco thrips *Frankliniella fusca*. *Plant Disease* 82:1282.
- Pernezny, K., P.D. Roberts, J.F. Murphy and N.P. Goldberg (editors). 2003. Compendium of pepper diseases. American Phytopathological Society (APS). St. Paul, MN, USA. APS Press. 63 p.
- Ray, J., R. Creamer, J. Schroeder and L. Murray. 2005. Moisture and temperature requirements for London rocket (*Sisymbrium irio*) emergence. *Weed Science* 53:187–192.
- Rincón–Valdés F., F.G. Echavarría–Cháirez, A.F. Rumayor–Rodríguez, J. Mena–Covarrubias, A.G. Bravo–Lozano, E. Acosta–Díaz, J.L. Gallo–Dávila y H. Salinas–González. 2004. Cadenas de sistemas agroalimentarios de chile seco, durazno y frijol en el estado de Zacatecas: una aplicación de la metodología ISNAR. Publicación Especial número 14. SAGARPA/INIFAP/CIRNOC/Campo Experimental Zacatecas. 157 p.
- Velásquez–Valle, R., M.M. Medina–Aguilar y J. Mena–Covarrubias. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasita-

- rias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto Técnico número 20. Aguascalientes. INIFAP/Campo Experimental Pabellón. 41 p.
- Velásquez-Valle, R., M.M. Medina-Aguilar y L.M. Macías-Valdez. 2003. Reacción de líneas avanzadas de chile (*Capsicum annuum* L.) provenientes de Zacatecas a enfermedades comunes en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:71-74.
- Velásquez-Valle, R. y M.M. Medina-Aguilar. 2005. La mancha bacteriana del chile: una nueva amenaza en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto Técnico número 23. Aguascalientes. INIFAP/Campo Experimental Pabellón. 11 p.
- Velásquez-Valle, R., M.D. Amador-Ramírez y M.M. Medina-Aguilar. 2006. Descripción e incidencia del amarillamiento del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Tercera Convención Mundial del Chile, pp. 142-146.
- Velásquez-Valle, R., M.M. Medina-Aguilar and R. Creamer. 2008. First report of *Beet mild curly top* virus infection of chile pepper in north central Mexico. *Plant Disease* 92:650.
- Young, D.A. and N.W. Frazier. 1954. A study of the leafhopper genus *Circulifer* Zakhvatkin (Homoptera:Cicadellidae). *Hilgardia* 23:25-52.
- Zitter, A.T., L.M. Daughtrey and P.J. Sanderson. 1989. Tomato spotted wilt virus. Vegetable/Horticultural Crops. Fact Sheet 735.90. Cornell Cooperative Extension.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS, CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS.

CAPÍTULO VI

Manejo integrado de plagas que atacan al cultivo del chile en México

Rafael Bujanos Muñiz
Antonio Marín Jarillo

INTRODUCCIÓN

En México se siembran varios tipos de chile, de forma, tamaño, color y sabor muy diversos. Los más importantes, por superficie sembrada y por volumen de producción, son los tipos jalapeño, serrano, ancho, mirasol, pasilla, mulato, habanero, costeño, cora, de árbol y otros que se consumen en menor escala. La amplia distribución geográfica en el país y los múltiples usos que se le dan al fruto son evidencias de la relevancia socioeconómica de este cultivo. Anualmente se siembran 146 mil ha, con una producción estimada de un millón 432 mil toneladas de fruto para el mercado en fresco y 86 mil toneladas de fruto seco (CEA, 2004). La mayor parte de la producción (90 por ciento) se destina al mercado nacional y el 10 por ciento restante se exporta al mercado norteamericano, en especial los tipos dulce y jalapeño.

El cultivo del chile es un generador de fuentes de trabajo, ya que requiere de 120 a 150 jornales por hectárea durante el ciclo completo del cultivo, de los cuales un alto porcentaje se emplea para la cosecha. Por tal razón se considera que el cultivo cumple una función social determinante. Entre los principales organismos que dañan la producción de chile en México destacan los siguientes: marchitez del chile causada por un complejo de hongos del suelo, especialmente *Phytophthora capsici*; daño directo como insecto plaga y la transmisión de una enfermedad parecida a fitoplasma, provocados por el pulgón saltador *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*; enfermedades virales transmitidas por mosca blanca, trips y pulgones; el daño a los frutos ocasionados del picudo o barrenillo del chile. En el presente escrito se aporta información general para el diseño y establecimiento de estrategias regionales para el manejo integrado de los principales insectos-plaga del cultivo del chile en México.

BARRENILLO DEL CHILE *ANTHONOMUS EUGENII* CANO (COLEOPTERA: *CURCULIONIDAE*)

El picudo o barrenillo del chile es uno de los insectos-plaga más importantes, ya que afecta a todos los tipos de chile que se cultivan en el país.

El daño primordial ocasionado es la caída prematura de los botones florales y del fruto en desarrollo, debido a la permanencia de las larvas en el interior de los mismos, después de que las hembras depositan ahí sus huevecillos (imagen 1). Cuando el barrenillo no se maneja de modo adecuado se tienen pérdidas estimadas del 50 por ciento.



Imagen 1. Daño típico por barrenillo del chile.

La primera publicación en la que se menciona al barrenillo como una plaga sobresaliente del cultivo del chile es de hace más de un siglo. Cano (1894) describe taxonómicamente a la especie *Anthonomus eugeni* con adultos colectados en chiles cultivados en Guanajuato. A finales de los años veinte, la Oficina Federal para la Defensa Agrícola consignó al barrenillo como la plaga más dañina del cultivo del chile en el país (SAF, 1928). El primer reporte del barrenillo en los Estados Unidos de América fue hecho por Walker (1905), con especímenes colectados en chiles dulces en el sur del estado de Texas.

Por la demanda doméstica de chiles para el consumo en fresco en todo el territorio, este insecto-plaga se encuentra ampliamente distribuido en mayor o menor grado en todas las principales regiones productoras de esta hortaliza. Además, la comercialización de fruto fresco, aun con porcentajes bajos de infestación, también contribuye a su distribución. La presencia de algunas hospederas silvestres y la existencia de plantas de chile a lo largo del año, sobre todo cultivadas, son la fuente primaria de inmigración de los adultos a los nuevos lotes de producción.

Biología y hábitos

Durante su desarrollo, el barrenillo del chile pasa por los cuatro estados biológicos típicos de los insectos que muestran metamorfosis completa: huevo, larva, pupa y adulto.

Huevos

Los huevos recién puestos son de color blanco aperlado y después se tornan amarillentos, tienen forma oval y miden aproximadamente 0.5 mm de largo y 0.4 mm de diámetro (imagen 2a). Las hembras ovipositan en el interior de los botones florales y en los frutos en desarrollo, debajo de la superficie exterior, para lo cual hacen un orificio con las mandíbulas que tienen en el extremo del pico y forman una pequeña cavidad donde colocan los huevos; después cubren el agujero con una secreción viscosa que al secarse es café y después negra. Cada hembra puede poner un promedio de seis huevos diarios y tener una fecundidad aproximada de trescientos cuarenta huevos. El periodo de incubación para después eclosionar y emerger el primer instar larval, es de 30.1 unidades calor, lo cual transcurre en un lapso de tres a cinco días, dependiendo de la temperatura ambiental (Elmore *et al.*, 1934; Rodríguez y Quiñónez, 1990; Riley, 1992).

Larvas

Las larvas son de color blanco cremoso con la cabeza café, sin patas, de forma cilíndrica y curvada, reducida en su parte anterior y abultada en la posterior; las más grandes no llegan a medir más de 6 mm de largo (imagen 2b). Al salir de los huevos, las larvas del barrenillo pasan por tres etapas de crecimiento llamadas instares larvales y se alimentan del polen inmaduro si la oviposición fue en el botón floral, o de los tejidos internos y las semillas si fue en los frutos tiernos. La larva del tercer instar forma una cámara pupal dentro del fruto, la cual construye haciendo una cavidad oval que tapiza con excremento y secreciones de las glándulas anales; al terminarla se transforma en pupa. La duración de todo el estado larval es de 97.3 unidades calor, lo que equivale de trece a diecisiete días, de acuerdo con la temperatura ambiental (Elmore *et al.*, 1934; Elmore y

CampBell, 1951; Velasco, 1969; Pozo y Bujanos, 1980; Ávila, 1986; Rodríguez y Quiñónez, 1990; Bujanos, 2002).

Pupas

Las pupas recién formadas son de color blanco cristalino y, antes de emerger, el adulto se torna de color café. Miden de 3.5 a 4.0 mm de largo y 2.0 mm de ancho, se distinguen de las larvas porque tienen parcialmente desarrolladas y pegadas alrededor del cuerpo las alas, las patas y el pico, similares a las del adulto (imagen 2c). La duración del estado pupal es 44 unidades calor, lo que equivale de cuatro a seis días, según las condiciones de clima (Elmore *et al.*, 1934; Rodríguez y Quiñónez, 1990).

Adultos

Los adultos tienen la forma típica de los picudos, con el aparato bucal alargado en forma de pico, con fuertes mandíbulas en la punta, y son de color café oscuro o negro lustroso; las antenas y parte de las patas son de color rojizo, cubiertas con pubescencia café (imagen 2d). Los adultos miden de 2.5 a 3.0 mm de largo y 1.3 a 2.0 mm de ancho.

Después de que la pupa se transforma en adulto, puede permanecer en el fruto o en el botón floral de tres horas a cuatro días, y para emerger hace un orificio de donde se deriva el nombre común de «barrenillo». Los adultos se aparean dos días después de su emergencia. Por ser muy activos, un solo macho puede aparearse y fertilizar a varias hembras; un único apareamiento es suficiente para asegurar la fertilidad de las hembras durante su etapa reproductiva.

La longevidad de los adultos del barrenillo en condiciones normales de clima y alimentación es de tres meses aproximadamente; el tiempo generacional desde la oviposición hasta la emergencia del adulto es de 256.4 unidades calor arriba de 9.6 °C; la temperatura óptima de desarrollo ocurre a los 30 °C, en la cual el picudo completa su ciclo en doce días y nueve horas.

De acuerdo con las condiciones de clima de las principales regiones productoras de chile en México, es posible que se presenten de cinco a ocho generaciones en modo activo. En épocas críticas de escasez de

alimento y/o condiciones adversas de clima, el adulto pasa por una fase de diapausa reproductiva (Elmore *et al.*, 1934; Elmore y CampBell, 1951; Pozo y Bujanos, 1980; Rodríguez y Quiñónez, 1990; Bolaño y Aranda, 1991; Riley, 1992; Bujanos, 2002; Toapanta *et al.*, 2005).

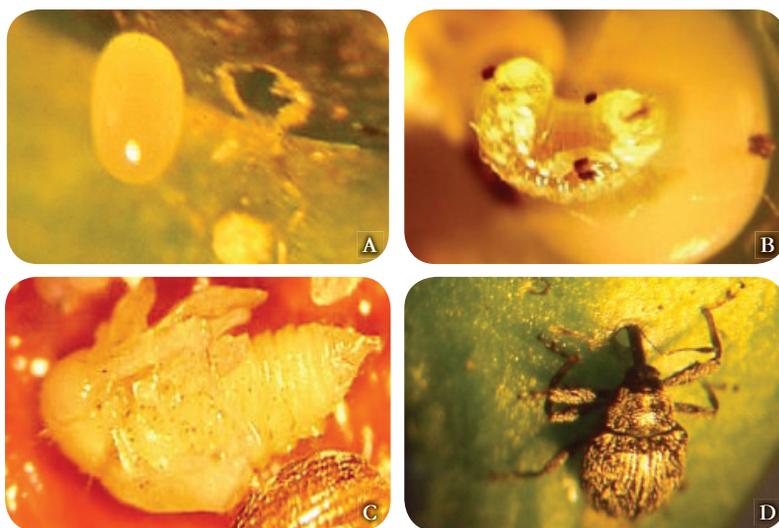


Imagen 2. Ciclo biológico del barrenillo del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae). Huevo (A), larva (B), pupa (C) y adulto del barrenillo del chile (D).

Muestreo de adultos

El periodo crítico del cultivo del chile para el ataque del barrenillo es desde el inicio de la floración hasta la mitad del desarrollo del fruto. La presencia de frutos caídos, debido al daño del barrenillo, no debe considerarse como un umbral de acción en el combate de la plaga, ya que puede ser demasiado tarde para prevenir grandes pérdidas de rendimiento.

Cabe destacar que el monitoreo preciso de las poblaciones de picudos en el cultivo es la única actividad que proporciona datos para la implementación de umbrales y la toma directa de control, como puede ser la aplicación oportuna de insecticidas. Los datos del muestreo de adultos son imprescindibles para decidir si se aplican o no los productos químicos.

Para detectar la presencia de adultos de barrenillo en el cultivo del chile se sugiere realizar lo siguiente: *a)* revisar los racimos de botones florales, *b)* atrapar adultos mediante el uso de trampas amarillas con pegamento, *c)* muestrear plantas completas y registrar el número de adultos que se encuentren, *d)* muestrear en racimos de botones florales dañados por alimentación y oviposición, *e)* atrapar adultos mediante una red entomológica.

Existe información técnica sobre la relación entre los niveles de infestación de picudos y el daño en los frutos, en los que se sugieren los siguientes umbrales para prevenir daños económicos: *1)* cuando se detecte 5 por ciento o más de racimos de botones florales dañados; *2)* cuando se encuentre al menos un picudo al revisar dos botones florales por planta, en doscientas plantas muestreadas por lote; *3)* cuando se encuentre al menos un picudo en veinticinco plantas que se revisen en forma completa, este muestreo se realiza en menos de una hora; *4)* cuando se localice al menos un picudo en media hora de revisión continua de botones florales terminales. Los estudios en los que se basan dichos umbrales económicos han sido en chiles dulces; sin embargo son de utilidad en chiles de los tipos ancho, mulato y pasilla (Andrews, 1983; Andrews *et al.*, 1986; Cartwright *et al.*, 1990; Barrón, 1992; Riley, 1992; Riley *et al.*, 1992).

Los muestreos deben hacerse de manera semanal, de preferencia desde muy temprano hasta antes de las once de la mañana. Cada campo de cultivo debe ser muestreado al menos durante media hora. Si no se descubren los niveles mencionados, la decisión es no aplicar insecticidas. Caso contrario, si se hallan picudos en un tiempo menor, la aplicación de insecticidas está justificada.

Otra de las formas para determinar la infestación incipiente de adultos es mediante el uso de la feromona de agregación. El macho produce una potente feromona de agregación de varios componentes que atrae a ambos sexos. La feromona ya existe en el mercado de insumos bioracionales y es una valiosa herramienta para el monitoreo de las poblaciones (Eller, 1995; Eller *et al.*, 2005).

Una población incipiente de adultos del barrenillo se encuentra en un inicio en las orillas de las parcelas, por lo tanto el muestreo a lo largo de ellas permite tener una idea más precisa de la infestación. Debido a que sólo los adultos que hay sobre las plantas pueden ser controlados con los

insecticidas asperjados, es indispensable establecer la incipiente actividad de la plaga en el cultivo. Los demás estados del crecimiento del insecto no se controlan con la aplicación de insecticidas, ya que se desarrollan adentro de los chiles, donde es difícil que entren en contacto con los productos químicos.

Control biológico

Por permanecer dentro de los botones florales o de los frutos en desarrollo, los estados inmaduros del barrenillo del chile generalmente escapan a ser depredados. Existen reportes de dos especies de hormigas que actúan en pupas y larvas de esta plaga, y ocho especies de pequeñas avispas que actúan sobre las larvas como parasitoides externos, en especial en los botones florales caídos a consecuencia del daño de la plaga. Entre las especies de parasitoides más importantes destacan: *Triaspis eugenii*, *Catolacus hunteri*, *Microbracon mellitor* y *Pediculoides ventricosus* (Elmore *et al.*, 1934; Riley, 1992; Mariscal *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 2005).

Los adultos del barrenillo del chile escapan a la acción de los parásitos por la dureza de su cuerpo, y de los depredadores al simular que están muertos cuando se les disturba. Para el caso de los patógenos, existe la posibilidad de usar formulaciones biológicas de productos elaborados con el hongo *Beauveria bassiana*, que ha demostrado tener gran eficiencia en el control del picudo y otros insectos de trascendencia económica.

Control cultural

Las prácticas culturales más destacadas que contribuyen al control del barrenillo son: la destrucción de la soca o plantas viejas después del último corte, la eliminación de los frutos caídos dañados por barrenillo y la destrucción de plantas hospederas en los márgenes de la superficie cultivada y lotes adyacentes.

Mediante un desvare y un paso de rastra se destruye la soca. Dicha práctica es necesaria porque la planta de chile es semiperenne y si se deja en el terreno constituye una fuente de hospedaje y alimentación para las poblaciones iniciales de la posterior generación del barrenillo. La destrucción de las plantas viejas se debe considerar también para los

cultivos que se pierden por enfermedades o por efectos de clima adverso. La eliminación de los frutos caídos se puede efectuar recogiendo directamente para destruirlos, o incorporándolos al suelo por medio de una escarda o cultivo.

Además del cultivo de Chile, las principales plantas hospederas son hierba mora (*Solanum nigrum*), tomatillo silvestre (*Physalis floridana*) y trompillo (*Solanum eleagnifolium*). Si sus poblaciones en el lugar donde van a plantarse los chiles son altas, es conveniente eliminar por lo menos las que están en los márgenes y lotes adyacentes (Elmore *et al.*, 1934; Orlando y Reyes, 1985; Wilson, 1986). Puesto que esas prácticas culturales tienen el propósito de disminuir la emergencia de la siguiente generación de picudos, se obtienen mejores resultados si las realizan la mayoría de los productores de Chile en el ámbito regional.

Control químico

Los insecticidas se aplican sólo para el control de adultos, ya que los estados inmaduros de la plaga no están expuestos a la acción de los productos químicos, ni siquiera de los productos sistémicos que difícilmente se ponen en contacto con esos estados de desarrollo dentro de los chiles en formación.

El Comité de Acción sobre la Resistencia a los Insecticidas (IRAC, por las siglas de su nombre en inglés) ha elaborado una clasificación de los insecticidas según el modo de acción (MOA) y promueve su uso como una de las bases más efectivas y sustentables del manejo de la resistencia a insecticidas (MRI) (IRAC, 2007). La clasificación provee a los productores agrícolas, técnicos y a todos los profesionales del sector una guía amigable para la selección de insecticidas y acaricidas en los programas del MRI.

En la práctica, la alternancia, secuencia o rotación de compuestos de diferentes modos de acción de los diferentes grupos de insecticidas es una estrategia adecuada para el manejo de la resistencia pues asegura que la selección con los productos del mismo grupo se minimice. Las aplicaciones se arreglan con frecuencia en bloques o ventanas de aspersión del mismo MOA y son definidos por la etapa de desarrollo (fenología) del cultivo y la biología de los insectos-plaga objetivo. La duración de cada generación, medida en unidades calor o su respectivo número de

días del calendario gregoriano, constituyen una forma simple de diseñar las ventanas de aspersión. Varias aplicaciones de un producto pueden ser posibles dentro de cada ventana de aspersión siempre y cuando la población rebase los límites de acción fijados para cada plaga, pero es necesario asegurarse de que generaciones consecutivas del insecto-plaga no sean tratadas con productos del mismo grupo de MOA.

En el caso del barrenillo del chile existen varios productos que han demostrado efectividad biológica para el control de adultos; se encuentran en los siguientes mecanismos de acción y familias o grupos de insecticidas: inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa (Ac) (algunos productos fosforados y carbamatos); antagonistas de los canales de cloruros GABA (un producto terpeno policlorado y un producto fenilpirazol); y los moduladores de los canales de sodio (varios productos piretroides) (Velasco, 1969; Bujanos, 1979; Ramírez, 1979; Jiménez, 1990; Hernández y González, 1992).

INSECTOS VECTORES

Ciertas especies de insectos chupadores, como el pulgón saltador (mejor conocido por la sinonimia de su nombre genérico «Paratrioza»), los pulgones, mosca blanca y trips, son plagas importantes del cultivo de chile y otras solanáceas en México. Su relevancia radica en su alta capacidad reproductiva, amplia distribución geográfica, gran número de hospederas silvestres y cultivadas, pero sobre todo por la capacidad de algunas especies para desarrollar resistencia a insecticidas y ser transmisores efectivos de enfermedades virales o enfermedades parecidas a fitoplasmas.

Pulgón saltador *Bactericera (Paratrioza) cockerelli (Sulc.)*
(Hemiptera: Triozidae)

Los psílidos (ahora Triózidos) eran considerados como plagas secundarias hasta hace algunos años, pero se han convertido en una plaga de primordial interés en varias regiones de México, al asociarlas a *B. cockerelli* como responsables de la transmisión de enfermedades parecidas a fitoplasmas en cultivos de solanáceas (chile, papa, tomate y tomate de

cáscara) y de producir daños por el efecto de las toxinas que inyectan en sus plantas hospederas cuando se alimentan de ellas.

Esta especie, denominada con los nombres comunes de pulgón saltador, psílido de la papa, psílido del tomate, o simplemente como «salerillo», es un insecto que en la actualidad pertenece a la familia *Trioizidae*; superfamilia *Psyloidea*; suborden *Homóptera*; orden *Hemíptera*. Fue descubierta en 1909 por Cockerelli en el estado de Colorado (EUA) y a manera de reconocimiento, Sulc (1909) propuso el nombre científico *Trioza cockerelli*, aunque más tarde se confirmó taxonómicamente como *Paratrioza cockerelli*. Se le conoce también con el nombre de psílido, por su anterior clasificación dentro de la familia *Psyllidae*. Recientemente, el género de esta especie fue revisado y se le asignó el nombre de *Bractericera cockerelli* (Burckhardt y Lauterer, 1997; Miller *et al.*, 2000). Hasta antes de los años sesenta se le identificó con el nombre común del psílido de la papa o del tomate, porque produce una toxina que ocasiona amarillamientos en ambos cultivos, y fue lo que lo convirtió en una plaga de gran notoriedad económica.

En México se tienen antecedentes del insecto desde 1947, se reporta su presencia en los estados de Durango, Tamaulipas y Michoacán; después se localizó en el Estado de México, Guanajuato y doce entidades más. Se le ha llamado «pulgón saltador» por la similitud que guarda con los áfidos o pulgones, incluso los productores agrícolas los han confundido con ellos. Si bien el daño que causa en chiles, papas y tomates, por la toxina que inyecta es de trascendencia económica, debe tenerse más cuidado con la transmisión de un patógeno parecido a fitoplasma (Garzón *et al.*, 1986; Delgadillo *et al.*, 1999). Esta enfermedad ha diezariado la producción de tomates en el país en un 45 por ciento y posiblemente sea el responsable del daño nacional en papas, chiles y tomate de cáscara, al provocar pérdidas, quizá más considerables que los geminivirus transmitidos por la mosquita blanca en los mismos cultivos.

Descripción de la plaga

Los huevos son de forma ovoide, de color anaranjado amarillento, corion (cascarón) brillante, con un pequeño filamento en uno de sus extremos con el que se adhieren a la superficie de las hojas (imagen 3A). Presen-

ta cinco estadios ninfales de forma oval, aplanados dorso-ventralmente, con ojos bien definidos (imagen 3B). Los adultos al emerger reflejan una coloración verde amarillento, son inactivos y de alas blancas, que al paso de tres o cuatro horas se tornan transparentes. La coloración del cuerpo pasa de ámbar a café oscuro o negro (imagen 4A y 4B, respectivamente) (Marín *et al.*, 1995).

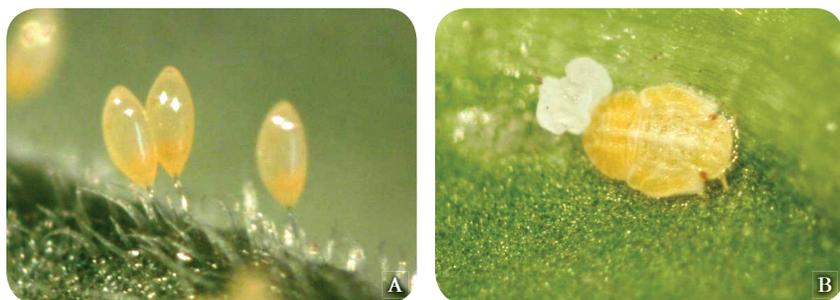


Imagen 3. Pulgón saltador *Bactericra (Paratrioza) cockerelli* (Sulc).
Huevecillos (A) y ninfa (B).

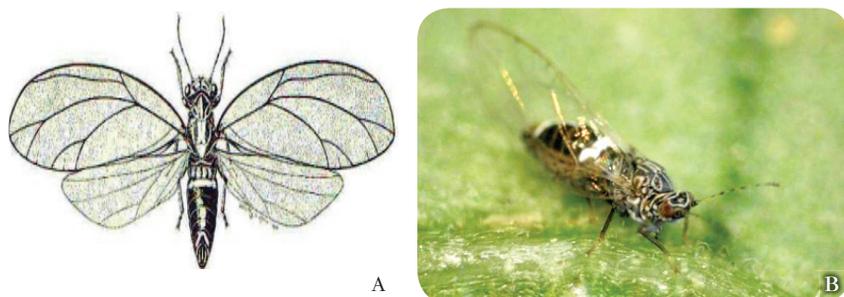


Imagen 4. Pulgón saltador *Bactericra (Paratrioza) cockerelli* (Sulc).
Adulto (A y B) [Knowlton y Janes, 1931].

Hospederas

El pulgón saltador tiene un amplio rango de hospedantes cultivados y silvestres. Ataca a las solanáceas: chile, papa, jitomate y tomate de cáscara son de los preferidos por las hembras para depositar sus huevecillos y desarrollar sus poblaciones. Se considera que su ciclo biológico no varía en los cultivos de papa y tomate, pero el estado ninfal es más prolongado

en aquellas especies de plantas que no pertenecen a la familia Solanaceae, tal es el caso de ciertas especies de maleza que sirven como sus hospederas (Pletsch, 1947; Wallis, 1955). En los estados de la región centro-occidental del país se han encontrado poblaciones de paratryza en plantas arvenses que circundan al cultivo del chile, como son toloache (*Datura stramonium*), correhuela (*Convolvulus arvensis*) y tomatillo silvestre (*Physalis* spp), entre otras.

Importancia económica

Existen dos tipos de daños: el directo (toxínifero) y el indirecto (como transmisor de una enfermedad parecida a fitoplasma). La toxina en la saliva del pulgón saltador es una sustancia que daña a células que producen clorofila en las hojas de las plantas y que les dan el color verde, lo que hace que se vean amarillentas y raquílicas. México es el único país donde se ha reportado a *B. cockerelli* como vector de un fitoplasma, en el resto del mundo sólo se le conoce por su efecto toxínifero en papa y tomate (Garzón, 2002). Por otro lado, el fitoplasma es un organismo infeccioso, submicroscópico, procarionte endocelular y está incluido dentro de la clase Mollicutes, carece de pared celular, es un parásito obligado y es limitado al nivel del floema porque no es posible cultivarlo *in vitro* (Lee y Davis, 1986); también es resistente a antibióticos cuya base es la penicilina que actúa a nivel de pared celular, pero es relativamente sensible a tetraciclinas (Ishii *et al.*, 1967).

Manejo integrado

Se han efectuado diversos trabajos de investigación de laboratorio, invernadero y campo, en los cultivos de chile, papa y tomate, para diseñar la estrategia en el manejo integrado de este insecto vector (Bujanos *et al.*, 2005).

Monitoreo de poblaciones

El sistema más adecuado para el monitoreo de poblaciones de estados inmaduros (huevos y ninfas) es el muestreo semanal directo de hojas del

cultivo del chile, las cuales deben cortarse de la parte media de la planta y ser revisadas con cuidado, a fin de determinar el número y tamaño de huevos y ninfas. Para estimar las poblaciones de adultos del psílido bajo condiciones de campo e invernadero, el uso de trampas amarillas con pegamento, trampas de agua (charolas amarillas) o red entomológica son los métodos a seguir.

En forma general, el monitoreo de las poblaciones del psílido tiene el objetivo fundamental de determinar su presencia y la estructura de sus poblaciones, es decir, cuál es la proporción relativa de sus diferentes estados biológicos y si está presente en una densidad de población que requiera llevar a cabo alguna acción de manejo, ya sea a nivel regional o de unidad de producción. El monitoreo es un valioso auxiliar que permite establecer el inicio del proceso de inmigración de la plaga hacia el cultivo y la eficiencia de las tácticas de manejo empleadas. En el caso de los insectos vectores de enfermedades del cultivo del chile, es indispensable prevenir la transmisión mediante este enfoque.

Control cultural

Dentro del cultivo de chile algunas prácticas agronómicas tienen como propósito disminuir las poblaciones de vectores y otras plagas, o bien, hacer menos propicio su desarrollo. Estos métodos constituyen un complemento y apoyo a otras tácticas de manejo. Una de las prácticas culturales más destacadas es la destrucción de los focos de infestación, que incluye eliminar la soca o plantas viejas, inmediatamente después del último corte, la destrucción de plantas hospederas (arvenses) de la plaga o de la enfermedad, al menos en los márgenes del cultivo y lotes adyacentes.

La destrucción de la soca es necesaria ya que la planta de chile es semiperenne; si se abandona puede ser una fuente central para la población inicial inmigrante de los vectores adultos a los nuevos cultivos de chile. Asimismo, se deben destruir las plantas de los cultivos abandonados por siniestros de otras enfermedades o por efectos dañinos del clima, ya que también pueden ser focos de infestación.

Resulta crucial la definición de las fechas de siembra y trasplante de los cultivos de solanáceas a nivel regional, con el enfoque de prevención de los problemas del daño causado por las distintas enfermedades

transmitidas por insectos-plaga. El seguimiento del avance de siembra y trasplante de cultivos de solanáceas y su distribución geográfica es de gran utilidad en la comprensión del proceso de inmigración de las poblaciones de vectores y el crecimiento de la incidencia y severidad de las enfermedades que transmiten.

Control biológico

Se han evaluado el uso de plaguicidas bioracionales y el uso del control biológico natural e inducido para el manejo de esta plaga (Burks, 1943; Johnson, 1971; Díaz *et al.*, 2002; Lomelí y Bueno, 2002). Los resultados confirman que hay varios componentes que son promisorios en el diseño e implementación de la táctica del control biológico dentro del contexto del manejo integrado bajo condiciones de campo e invernadero. De los plaguicidas bioracionales se han examinado reguladores del crecimiento de insectos como el pyriproxifen y flufenoxurón, con resultados positivos de los estados inmaduros de la plaga; de igual modo, se ha evaluado el uso de sales potásicas de ácidos grasos (jabones) con buena efectividad contra el estado ninfal, aparte del efecto de productos botánicos hechos de *Azaridactina* spp y *Argemone* spp. Los hongos entomopatógenos a considerar son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*. Los principales depredadores usados son el león de los áfidos, *Chrysoperla* spp, la chinche ojona, *Geocoris* spp y la catarinita roja, *Hippodamia convergens*. El principal parasitoide de ninfas del pulgón saltador es la avispa *Tamarixia triozae*, la cual tiene excelentes niveles de parasitismo natural en las diversas regiones productoras de solanáceas y es un elemento central en el control biológico de esta especie. Los insumos de control bioracional y la fauna insectil benéfica son vitales para mantener las poblaciones regionales del pulgón saltador en una posición general de equilibrio que pueda ser manejable por los productores, sobre todo en las primeras etapas del desarrollo del cultivo del Chile.

Control químico

La importancia del pulgón saltador como insecto plaga puede apreciarse en América del Norte, desde algunos estados de la Unión Americana y

prácticamente en todo el territorio de la República Mexicana donde se cultivan solanáceas, en especial en los últimos cinco años. El desarrollo de los plaguicidas agrícolas más comunes, para los insectos chupadores, se ha basado en la perspectiva de control de algunas especies de plagas de trascendencia económica con distribución cosmopolita, y sin tener al pulgón saltador como especie objetivo. Esto significa que es necesario generar suficiente información regional en torno a la efectividad biológica de los productos acerca del pulgón saltador, de los que están disponibles en el mercado y de los que se encuentran en la fase experimental y de desarrollo, aunque no se hayan creado para utilizarse contra ese insecto.

En las explosiones demográficas de la plaga, durante los últimos años en varias zonas de México, se han manifestado ciertas inconsistencias del control químico, que normalmente se atribuyen a problemas de resistencia hacia los insecticidas, porque no se sigue un enfoque de pronóstico y prevención que evite o retrase al máximo el proceso de transmisión de virus y fitoplasmas ocasionado por los insectos vectores, en específico por el pulgón saltador. También es muy común que no se emplee la tecnología de aspersión de la forma más apropiada; o bien que el control de las poblaciones no se haga con oportunidad, y a pesar de tener éxito en él no haya sido realizado a tiempo para evitar la transmisión de la enfermedad. De cualquier modo, los casos de resistencia tendrán que evidenciarse con estudios de bioensayos y pruebas de efectividad que cataloguen su grado de severidad.

En el caso del pulgón saltador existen varios productos pertenecientes en al menos once grupos de MOA que han demostrado efectividad biológica dentro del control de los diferentes estados de desarrollo. Dichos productos corresponden a las siguientes familias o grupos de insecticidas o ingrediente activo: inhibidores de la Ac (algunos productos fosforados y carbamatos); antagonista de los canales de cloruros GABA (endosulfán); los moduladores de los canales de sodio (piretroides); antagonistas de los receptores de la Ac (varios productos neonicotinoides); antagonista de los receptores Ac nicotínicos (Spinosad); activadores de los canales de cloro (avermectinas); mímicos de la hormona juvenil (Pyriproxyfen); compuestos de acción desconocida (Pymetrozine); inhibidores de la biosíntesis de quitina Tipo 1, Homópteros (Buprofezin); y un producto de los inhibidores de la síntesis de lípidos (Spiromesifen) (Bujanos *et al.*, 2006).

Mosca blanca Bemisia tabaci (Gennadius)
(Hemiptera: Aleyrodidae)

La mosca blanca se ha convertido en uno de los problemas medulares para diversos cultivos a nivel mundial desde el decenio pasado, principalmente por el complejo de biotipos de la especie *B. tabaci*. Las altas densidades observadas a partir de 1991 causaron serios daños a diversos cultivos en los Estados Unidos de América, México, Centro América y el Caribe. En las áreas tropicales, el problema se ha complicado con la presencia de geminivirus. Cuando se tienen altas densidades de población, como las observadas en el caso de mosca blanca, es común que productores y técnicos empleen insecticidas para tratar de reducir el problema. No obstante, esta táctica de manejo se ha utilizado de forma unilateral e indiscriminada, pese a las regulaciones existentes, lo que en ocasiones ha provocado más problemas que los que resuelve. La mosca blanca es una de las plagas más abundantes de los cultivos de diferentes tipos de chile y fue reportada por primera vez en México, como vector importante de virus en Chile, en el sur de Tamaulipas en 1986 (Ávila y Pozo, 1986).

Descripción de la plaga

El adulto es parecido a una palomilla, pero muy pequeño (1.4 a 1.5 mm de longitud), su cuerpo es de color amarillo, con dos pares de alas blancas que cubren todo el cuerpo y que le permiten realizar vuelos cortos y rápidos (imagen 5A). La hembra ovípara en el envés de las hojas llega a producir más de ciento cincuenta huevecillos microscópicos, de forma alargada y color verde pálido; eclosionan entre cuatro y cinco días (imagen 5B). La ninfa es oval, inmóvil, transparente y con pequeños cilios alrededor del cuerpo (imagen 5C). Pasa por tres estadios larvarios y un periodo de pseudopupa, los cuales completa entre once y dieciséis días dependiendo de la temperatura (imagen 5D). Al salir, el adulto deja una abertura en forma de «T» en el exoesqueleto de la pupa. Dicho insecto está presente todo el año en poblaciones fluctuantes, con densidades más bajas en el verano y con las más altas de octubre a mayo, hasta que el establecimiento de las lluvias reduce la población.



Imagen 5. Adulto de mosca blanca (A). Huevecillos de mosca blanca (izquierda) y pulgón saltador (derecha) (B). Ninfas de mosca blanca (izquierda) y pulgón saltador (derecha) (C). Pupas de mosca blanca (D).

Descripción del daño

Tanto el adulto como los inmaduros se alimentan de la savia con su aparato bucal picador–chupador, que propicia amarillamiento y deformación de hojas; además, las mielecillas excretadas inducen la formación del hongo conocido como «fumagina» en hojas y frutos, lo que representa un problema en la calidad de los chiles. El daño más importante lo hacen como vectores de virus en chile y tomate, pues son los transmisores del virus del enrollamiento del tomate (TYLCV), virus huasteco del chile (PHV) y virus mosaico dorado del chile (PepGMV), entre otros. Esas enfermedades se manifiestan con deformación de hojas conocidas como «enchinamiento», amarillamiento y poco desarrollo de la planta. Las plantas infectadas de virus antes de la floración no tienen rendimiento, mientras que las que ya están en producción tienen frutos de baja calidad y acortan el periodo productivo.

Control biológico

Los depredadores que atacan a la mosca blanca representan a ocho órdenes de artrópodos, incluyendo miembros de la familia Phytoseiidae (Acari), Coccinellidae (Coleoptera), Syrphidae (Diptera), Anthocoridae, Nabidae y Miridae (Hemiptera) y Chrysopidae y Coniopterygidae (Neuróptera). Los parasitoides de la mosca blanca pertenecen principalmente a tres familias de Himenoptera: Platygasteridae (*Amitus* spp), Aphelinidae (*Eretmocerus* y *Encarsia* spp), y Eulophidae (*Euderomphale* spp). Los parasitoides más estudiados de la mosca blanca son *Encarsia formosa* y *Eretmocerus eremicus*, ambos comercialmente disponibles.

Debido a que la mosca blanca es un típico insecto chupador, sólo los organismos entomopatógenos que tienen la habilidad de penetrar la cutícula (hongos, por ejemplo) son potenciales agentes de control microbial de la plaga. Los hongos entomopatógenos que infectaron a la mosca blanca son: *Paecilomyces fumosoroseus*, *Aschersonia ale- yrodisr*, *Verticillium lecanii* y *Beauveria bassiana*. De ellos, *V. lecanii*, *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* están disponibles de manera comercial.

Control cultural

Los controles culturales incluyen una serie de prácticas adicionales y complementarias a los tipos de combate convencionales. Las mejores herramientas para evitar el daño de la mosca blanca y sus virus asociados, son el escape en tiempo y espacio con este insecto vector. Si el cultivo hospedero es sembrado o plantado en una sucesión continua de tiempo, entonces no hay muchas posibilidades de que el vector y la fuente de inóculo puedan ser reducidas por procesos naturales. El adecuado diseño de siembras y trasplantes de los cultivos susceptibles a la mosca blanca son necesarios, al igual que el establecimiento de periodos libres del cultivo (vedas). El escape en el espacio se refiere al uso de barreras, como casas de malla y cubiertas flotantes para proteger los cultivos de la inmigración de la mosca blanca.

La manipulación de comportamiento es la táctica que interfiere con la capacidad de la mosca blanca para encontrar las plantas del cultivo hospedero, a través de cultivos trampa que sirvan como barrera o para

repeler a la plaga, o para albergar insectos benéficos, complementando la táctica de control biológico. Otra manera de interferir con la búsqueda de sus plantas hospederas es el uso de acolchados plásticos y orgánicos.

Control químico

Por la capacidad reproductiva del insecto, su alta migración y la cantidad de hospederas alternantes, la mosquita blanca necesita de varios factores de control que se integren en un manejo adecuado. Se recomienda para el caso de Chile fechas tempranas de siembra (junio y julio), altas densidades de población (de nueve a doce plantas por metro), uso de barreras vegetales, trampas amarillas, acolchados de plástico al suelo, y aplicaciones de insecticida. La mayoría de las recomendaciones son válidas para las demás hortalizas.

Para la mosca blanca los insecticidas y sus grupos de MOA que han demostrado efectividad biológica en el control de sus diferentes estados de desarrollo se encuentran en los siguientes: inhibidores de la Ac (algunos productos fosforados y carbamatos); antagonista de los canales de cloruros GABA (endosulfán); los moduladores de los canales de sodio (piretroides); antagonistas de los receptores de la Ac (varios productos neonicotinoides); mímicos de la hormona juvenil (pyriproxifen); compuestos de acción desconocida (pymetrozine); inhibidores de la biosíntesis de quitina Tipo 1, homópteros (buprofezin); y un producto de los inhibidores de la síntesis de lípidos (Spiromesifen) (IRAC, 2005).

Pulgón verde del Chile Myzus persicae (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)

Descripción de la plaga

Son insectos muy pequeños, de 1 a 2 mm de longitud, de cuerpo ovalado y abdomen grande, con dos protuberancias llamadas cornículos en la parte final del abdomen; su color es verde pálido con tonalidades amarillentas (imagen 6). La mayor parte de esas especies está presente todo el año, pero en septiembre y octubre, meses de temperaturas más frescas,

la población aumenta y se puede observar la llegada de adultos alados a los cultivos para formar colonias.

Su reproducción por lo general es asexual y casi toda la progenie son hembras que dan origen partenogenéticamente a la siguiente generación. A medida que crece la colonia, surgen generaciones aladas que emigran hacia otra hospedera para reiniciar de nuevo el ciclo.



Imagen 6. Adulto alado y ninfas del pulgón verde del chile.

Éste es el ciclo de vida general que puede variar en alguna especie en particular. La duración del estado ninfal puede ser de cuatro a veinte días dependiendo de la temperatura y el ciclo completo puede durar hasta sesenta días.

El pulgón verde del chile se halla ampliamente distribuido en casi todos los tipos de vegetación predominantes a altitudes que van de los 0 a los 3 mil metros sobre el nivel del mar. Los tipos de clima ideales para su desarrollo en México son los cálidos húmedos y subhúmedos, aunque también es posible encontrarlos en climas más extremos que van del templado subhúmedo al cálido semiárido.

Descripción del daño

Todos ocasionan un daño directo a las plantas al picar y chupar la savia, lo que propicia deformaciones en las hojas y ramas tiernas, amarillamien-

tos y caída de flores. Causan daños indirectos como el crecimiento del hongo de la fumagina que se desarrolla en la mielecilla excretada, y que mancha hojas, tallos y frutos. Pero sobre todo, son eficientes vectores de virus fitopatógenos, tal es el caso de *M. persicae* que transmite más de cien enfermedades virales, entre las que destacan el Virus Mosaico del Pepino (VMP) y el Virus Mosaico de la Sandía (VMS). El pulgón verde del Chile es conocido como plaga de muchas plantas cultivadas y silvestres; el daño directo no es muy evidente y se subestima con respecto al efecto alarmante de los daños indirectos.

Control biológico

El pulgón verde del Chile es agredido por varios depredadores que atacan a otros insectos vectores, como el león de los áfidos (*Chrysoperla* spp), la catarinita roja (*Hippodamia convergens*) y varias especies de moscas sírfidas. De igual modo, son atacados por los parasitoides, como las avispietas *Lysiphlebus testaceipes*, *Diaeretiella rapae*, *Aphidius* spp y *Aphelinus* spp; el pulgón verde del Chile; otras especies de pulgones son susceptibles a ser dañados por enfermedades fungosas, en especial por hongos del género *Entomophthora*. El monitoreo del pulgón siempre debe de incluir una evaluación de la presencia y actividad de los enemigos naturales, para tomar una decisión de manejo adecuada que complemente el efecto del control natural de las poblaciones.

Control químico

Para el caso del pulgón verde, los insecticidas, y sus grupos de MOA que han confirmado efectividad biológica en el control de sus diferentes estados de desarrollo, se encuentran en los siguientes: inhibidores de la Ac (algunos productos fosforados y carbamatos); antagonista de los canales de cloruros GABA (endosulfán); los moduladores de los canales de sodio (piretroides); antagonistas de los receptores de la Ac (varios productos neonicotinoides); compuestos de acción desconocida (Pymetrozina, Flonicamid); antagonistas de la ecdisona / disruptores de la muda (Azaridactina) e inhibidores de la síntesis de lípidos (Spiromesifen).

Trips: Frankliniella occidentalis (Pergande),
Thrips tabaci (Lindeman) (Thysanoptera: Thripidae)

Descripción de la plaga

Los adultos son pequeños, de un milímetro de longitud, de cuerpo delgado que termina en punta en ambos extremos, tienen cuatro alas muy delgadas con un fleco de pelillos en los márgenes inferiores, los tarsos terminan en una vejiga sin uñas (7A). La hembra oviposita en las hojas y tallos, los huevecillos son blancos arriñonados y eclosionan de cinco a siete días después de la oviposición; las ninfas son muy similares a los adultos pero son transparentes, casi imperceptibles y alcanzan su desarrollo en dos semanas aproximadamente, pasando por cuatro estadios (7B). Las poblaciones mayores se tienen a finales del invierno y en la primavera, antes de la estación de lluvia; si se presenta un periodo de sequía la densidad de población aumenta.

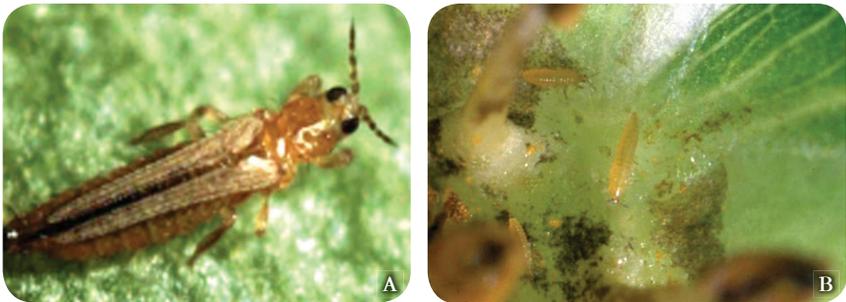


Imagen 7. Adulto (A) y ninfas (B) de *F. occidentalis*.

Fotografía: Ch. O'Donnell.

Descripción del daño

Los adultos y las ninfas causan el daño al raspar y perforar la superficie de las hojas con su aparato bucal en forma de estilete e ingieren la savia junto con pedazos de tejido. Las hojas dañadas adquieren una apariencia plateada o acartonada que puede distinguirse desde lejos. El *F. occidentalis* es vector de algunas enfermedades de plantas, entre ellas dos Tospovirus: el virus de la mancha necrótica de los belenes (INSV) y el virus de la marchitez

manchada del tomate (TSWV) (German *et al.*, 1992; Ullman *et al.*, 1997). En 2005 y 2006, el virus INSV fue determinado por varios laboratorios de diagnóstico que dan el servicio a los productores, en especial en la parte centro occidente del país, en muestras de plantas de chile ancho y jalapeño.

Control biológico

Los principales insectos depredadores asociados con el manejo de las poblaciones de trips han sido las chinches de la familia Anthocoridae (chinche pirata, *Orius* spp) y Miridae (Riudavets, 1995). Muchas especies de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae (especialmente de los géneros *Metaseiulus* y *Amblyseius*) depredan varios estados de desarrollo de *F. occidentalis* y *T. tabaci*.

Control químico

Los productos insecticidas que han demostrado efectividad biológica en el manejo de trips se encuentran en los siguientes grupos de MOA: inhibidores de la Ac (algunos productos fosforados y carbamatos); los moduladores de los canales de sodio (piretroides); antagonistas de los receptores de la Ac (varios productos neonicotinoides); mímicos de la hormona juvenil (Pyriproxyfen); y antagonista de los receptores Ac nicotínicos (Spinosad).

Ácaros: Araña roja Tetranychus urticae (Koch) (Acarina: Tetranychidae) y ácaro blanco Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acarina: Tarsonemidae)

Descripción de la plaga

El adulto de *T. urticae* es una pequeña araña de 0.5 mm, de color rojizo y de cuerpo de forma elíptica; la hembra, que vive un promedio de cinco días, deposita alrededor de cincuenta huevos que eclosionan en un día; tiene tres estados inmaduros, el primero de los cuales se conoce como larva y tiene tres pares de patas, los siguientes son la protoninfa y deutoninfa, que ya tienen cuatro pares de patas, al igual que los adultos; los periodos de protoninfa y deutoninfa se completan en cuatro o cinco días.

Tanto los adultos como los estados inmaduros se hallan en el envés de las hojas. Este ácaro se presenta en épocas de sequía y baja humedad relativa, condiciones que normalmente se dan en el periodo comprendido entre el inicio del año hasta el establecimiento de la temporada de lluvias en el verano.

El adulto del ácaro blanco es muy pequeño y se requiere un lente de mano de más de 10x para observarlo. Es de color blanquecino, de forma oval y tiene cuatro pares de patas. Las hembras tienen una raya blanca sobre el dorso y miden de 0.2 a 0.3 mm. Los machos miden la mitad que las hembras, sin la raya distintiva de ellas, y con el último par de patas engrosadas. Los huevos son elípticos, incoloros y translúcidos. Las formas inmaduras o ninfas son blanquecinas, aplanadas y ovales, con tres pares de patas. Luego aparece un estado pupal que es inmóvil, de color claro, con cuatro pares de patas y de forma puntiaguda en los extremos anterior y posterior.

Descripción del daño

Tanto las ninfas como el adulto de la araña roja se alimentan chupando la savia de las hojas, las cuales empiezan a adquirir un color bronceado. Al crearse las colonias del ácaro, las hojas se ven de un color bronceado blancuzco por las telarañas que las cubren y la acumulación de polvo; las hojas dañadas se caen y si no hay un control oportuno se produce una fuerte defoliación. Este daño es característico en plantas abandonadas donde ya no se realiza algún tipo de labor o táctica de manejo.

El daño del ácaro blanco se manifiesta en los brotes terminales y en las hojas jóvenes. Los síntomas típicos son la distorsión de las hojas, que después se tornan necróticas y la proliferación de brotes múltiples. Antes de que el daño sea evidente en los brotes terminales, la plaga debe de ser controlada porque la recuperación de la planta de Chile es muy lenta. Como consecuencia, el daño provocado por estos ácaros-plaga en los estados iniciales del desarrollo del cultivo, reduce la altura de plantas o retrasa en consideración el crecimiento del cultivo. Debido a que el ácaro blanco es muy pequeño, no se detecta fácilmente hasta que se observan los daños en los brotes tiernos. Cuando no se está familiarizado con los daños asociados al ácaro blanco, los síntomas pueden confundirse con

síntomas virales de plantas, daños de fototoxicidad, o desórdenes relacionados con la nutrición de las plantas.

Control biológico

Los principales ácaros depredadores asociados con el manejo de las poblaciones de araña roja han sido los géneros *Phytoseiulus*, *Metaseiulus* y *Amblyseius*. Juegan un papel importante en esta táctica de manejo la chinche pirata, *Orius tristicolor*, chinche ojona, *Geocoris* spp, el león de los áfidos, *Chrysoperla* spp, el trips de seis manchas, *Scolothrips sexmaculatus* y la chinche damisela, *Nabis* spp. En el caso del ácaro blanco, se ha mostrado efectividad en el control biológico con ácaros depredadores, en específico con la especie *Neoseiulus barkeri* Hughes (Fan y Petitt, 1994).

Control químico

Por lo general, las aplicaciones dirigidas contra los insectos vectores controlan de forma eficaz a los ácaros, pero en ocasiones es necesario aplicar productos acaricidas. Las aplicaciones deben hacerse con el agua suficiente que asegure una buena cobertura y deben iniciarse al aparecer las primeras colonias de la plaga.

Gusano soldado Spodoptera exigua (Hübner)
(Lepidóptera: Noctuidae)

Descripción de la plaga

El adulto es una palomilla de color gris oscuro; las alas anteriores son de color café grisáceo con una mancha pálida en el margen medio frontal, las alas posteriores son blancas con el margen anterior oscuro. La hembra oviposita en masas irregulares de sesenta a ochenta huevos, que cubre con una secreción salival y escamas de su cuerpo, la eclosión ocurre a los tres o cinco días; la larva pasa por cinco estadios y varía en su coloración, pero casi siempre son verde pálido y cabeza verde oscuro o café, con rayas oscuras longitudinales; mide más de 5 cm cuando está completamente desarrollada. Dura aproximadamente tres semanas alimentándose,

después inicia su pupación en el suelo, en un periodo de siete días hasta la emergencia del adulto. Este insecto se puede presentar en cualquier época del año, aunque las poblaciones más altas aparecen en mayo y junio o en septiembre y octubre.

Descripción del daño

El gusano soldado es una plaga destacada del cultivo del chile en México. Las larvas se alimentan de las hojas y frutos, causando numerosas perforaciones. Este tipo de defoliación propicia el retraso en el desarrollo del cultivo.

Los daños a la fruta, junto con el daño del gusano del fruto (*Helicoverpa zea*) son vía de entrada a microorganismos saprofitos que provocan que el producto no tenga valor en el mercado. La presencia del gusano soldado se detecta por las «telarañas» que secreta la larva en el follaje, sobre todo en sus primeros instares larvales o en su fase gregaria, inmediatamente después de la eclosión de huevos.

Control biológico

El gusano soldado es atacado por enemigos naturales y puede ser infectado por el entomopatógeno conocido como el virus de la polihedrosis nuclear. Dentro de los parasitoides más comunes del estado larval, en varias regiones chileras de México, está la avispa *Hyposoter exigua*. También es común la acción depredadora sobre los huevos de gusano soldado de la chinche ojona, *Geocoris* spp y la chinche pirata, *Orius* spp. Dentro de los productos bioracionales se tiene la opción de utilizar cualquiera de las formulaciones comerciales de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*, o bien, de la formulación para la agricultura orgánica del producto spinosad.

Control químico

Los productos insecticidas que han demostrado efectividad biológica en el control de soldado se ubican en los grupos de MOA: inhibidores de la Ac (algunos productos fosforados y carbamatos); los moduladores de los

canales de sodio (piretroides); mímicos de la hormona juvenil (pyriproxyfen); y antagonista de los receptores Ac nicotínicos (spinosad); microbiales disruptores de la membrana del intestino medio de insectos (*Bacillus thuringiensis*); antagonistas de la ecdisona /disruptores de la muda (methoxyfenozide); bloqueadores de los canales de sodio (indoxacarb). Es conveniente asperjar los productos recomendados en los primeros estadios o comenzar el control cuando se detecten las primeras oviposiciones.

CONSIDERACIONES FINALES

El manejo integrado de plagas del cultivo del chile es una estrategia basada en principios ecológicos para manejar económicamente las plagas «clave» de la cadena agroalimentaria. Existen varias tácticas de manejo disponibles, algunas de ellas conocidas y otras relativamente nuevas, para el manejo integrado de plagas del chile: control biológico, control químico, control cultural y control legal, entre otras. El éxito depende en gran medida de la participación de productores chileros, de los agentes de cambio y de los grupos especialistas que diseñen el sistema y analicen la información que se genera durante la ejecución de la estrategia. Para que se alcancen los objetivos y metas sostenibles del cultivo se requiere de ciertos componentes básicos, entre los que se incluyen el seguimiento poblacional de las plagas, sus enemigos naturales, y el estado del cultivo en cuanto a la adecuada nutrición y manejo del agua de riego. Estos componentes se agrupan en dos conceptos, descritos como Monitoreo Biológico y Monitoreo Ambiental que, mediante los métodos de muestreo y recolección de datos, proporcionan el flujo de información necesaria para tomar las decisiones de manejo con un criterio técnico y un enfoque de pronóstico y prevención de los riesgos de pérdidas ocasionados por los organismos dañinos al cultivo. A través de estos últimos, los responsables del proceso para la toma de decisiones, en el manejo integrado de plagas, obtienen predicciones acerca del estado que guardan las plagas y los organismos benéficos, con relación al cultivo y al clima, y de esa manera se deciden las acciones de manejo requeridas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrews, K.L. 1983. Un programa de control supervisado para el picudo del chile, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en chile verde en Honduras. Resúmenes del XVIII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Tapachula, Chiapas, México. 74 p.
- Andrews, K.L., A. Rueda, G. Gandini, S. Evans, A. Arango and M. Avedillo. 1986. A supervised control programme for the pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano, in Honduras, Central America. *Tropical Pest Management* 32:1-4.
- Ávila-Valdez, J. 1986. Aspectos de la biología de *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en chile serrano. Resúmenes del XXI Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Monterrey, N.L., México.
- Ávila-Valdez, J. and O. Pozo-Campodónico. 1986. Newsletter number 5. Turin, Italia. Institute of Plant Breeding and Seed Production.
- Barrón-Contreras, J.L. 1992. Periodo crítico de combate de barrenillo *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) y Unidades Calor en chile serrano en la zona media potosina. Resúmenes del XXVII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. San Luis Potosí, S.L.P., México. 292 p.
- Bolaño-Amaya, R.E. y E. Aranda-Herrera. 1991. Estudio de aspectos biológicos de *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en relación con la fenología de su hospedero *Capsicum annum* L. Resúmenes del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, Ver., México. p. 81.
- Bujanos-Muñiz, R. 1979. Control químico del barrenillo del chile en la región de «Las Huastecas», México. *Proceedings of Tropical Region of the American Society for the Horticultural Science* 23:215-217.
- Bujanos-Muñiz, R. 2002. Barrenillo del chile *Anthonomus eugenii* (Cano): biología, ecología y control. Folleto para Productores número 1. INIFAP/CIRCE/CEBAJ. 15 p.
- Bujanos-Muñiz, R., J.A. Garzón-Tiznado y A. Marín-Jarillo. 2005. Manejo integrado del pulgón saltador (*Bactericera Paratrioza cockerelli*) (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) en los cultivos de solanáceas en México.

- Memorias de la Segunda Convención Mundial de Chile. Zacatecas, México, pp. 93–99.
- Bujanos–Muñiz, R., S. Quiñones–Luna y A. Marín–Jarillo. 2006. Manejo racional de insecticidas para el control químico del pulgón saltador (*Bactericera Paratrioza cockerelli*) (Sulc) en México. Memorias de la Tercera Convención Mundial de Chile. Chihuahua y Delicias, Chihuahua, México, pp. 212–218.
- Burckhardt, D. and P. Lauterer. 1997. A taxonomic reassessment of the triozid genus *Bactericera* (Hemiptera: Psylloidea). *Journal of Natural History* 31:99–153.
- Burks, B.D. 1943. The North American parasitic wasps of the genus *Tetrastichus*. A contribution to biological control of insects pests. *Proceedings of the United States Natural Museum* 93:505–608.
- Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). 2004. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SIACON. Versión 1.1.
- Cano y Alcacio, G. 1894. El barrenillo. *Naturaleza* 2:377–379.
- Cartwright, B., T.G. Teague, L.D. Chandler, J. Edelson and G. Bentsen. 1990. An action threshold for management of the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae) on Bell peppers. *Journal of Economic Entomology* 83:2003–2007.
- Delgadillo–Sánchez, F., E. Cárdenas–Soriano, G. Valdovinos–Ponce, R. García–Espinosa, D. Nieto–Ángel y J.A. Garzón–Tiznado. 1999. Alteraciones histológicas causadas por fitoplasma asociado al «permanente» del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Guanajuato. Resúmenes del Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. 320 p.
- Díaz–Gómez, O., A. Cruz–Rendón, N. Bautista–Martínez y J.C. Rodríguez–Maciel. 2002. Manejo del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) en invernadero. *Entomología Mexicana* 1:293–297.
- Eller, F.J. 1995. A previously unknown sexual character for the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist* 78:180–183.
- Eller, F.J., R.J. Bartelt, B.S. Shasha, D.J. Schuster, D.G. Riley, P.A. Stansly, T.F. Mueller, K.D. Shuler, B. Johnson, J.H. Davis and C.A. Sutherland. 2005. Aggregation pheromone for the pepper weevil, *Anthonomus eugeni* Cano (Coleoptera: Curculionidae): identification and field activity. *Journal of Chemical Ecology* 20:1537–1555.

- Elmore, J.C., A.C. Davis and R.E. Campbell. 1934. The pepper weevil. Technical Bulletin number 447. USDA. 27 p.
- Elmore, J.C. and R.E. Campbell. 1951. The pepper weevil. USDA Leaflet 226.
- Fan, Y. and F.L. Pettitt. 1994. Biological control of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), by *Neoseiulus barkeri* Hughes on pepper. *Biological Control* 4:390–395
- Garzón–Tiznado, J.A. 2002. El «pulgón saltador» o la *Paratrioza*, una amenaza para la horticultura de Sinaloa. Memoria de taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc. como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa, México. 100 p.
- Garzón–Tiznado, J.A., C.A. Garza y R. Bujanos–Muñiz. 1986. Determinación del insecto vector de la enfermedad del «permanente de tomate» (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la región del Bajío. XIII Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 30 p.
- German, T.L., D.E. Ullman and J.W. Moyer. 1992. Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. *Annual Review of Phytopathology* 30:315–348.
- Hernández–Hernández, J. y R. González–Rangel. 1992. Efecto de siete insecticidas sobre el control de «picudo del chile» *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae). Resúmenes del XXVII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. San Luis Potosí, S.L.P., México, pp. 294–295.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2005. Insecticide mode of action classification: a key to effective insecticide resistance management in whiteflies. Consultado en <http://www.iraconline.org/documents/Whitefly2.pdf>.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2007. Mode of action classification. Fully revised & re-issued. Consultado en http://www.iraconline.org/documents/moa/MoAv5_1.doc.
- Ishie, T., Y. Doi, K. Yora and H. Asuyama. 1967. Suppressive effects of antibiotics of tetracycline group on symptom development of mulberry dwarf disease. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 33:267–275.
- Jiménez–Aragón, J.G. 1990. Comportamiento del «picudo del chile» *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en Chile con y sin

- control químico. Resúmenes del xxv Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Oaxaca, Oaxaca, México. 232 p.
- Johnson, T.E. 1971. The effectiveness of *Tetrastichus triozae* Burks (Hymenoptera: Eulophidae) as a biological control agent of *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) in north central Colorado. M.S. Thesis, Colorado State University. 45 pp.
- Knowlton, G.F. and M.J. Janes. 1931. Studies on the biology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc.). *Annals of the Entomological Society of America* 24:283–291.
- Lee, I.M. and R.E. Davis. 1986. Prospects for *in vitro* culture of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms. *Annual Review of Phytopathology* 24:339–354.
- Lomelí-Flores, J.R. y R. Bueno-Partida. 2002. Nuevo registro de *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoide del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) en México. *Folia Entomológica Mexicana* 41:375–376.
- Marín-Jarillo, A., J.A. Garzón-Tiznado, A. Becerra-Flores, C. Mejía-Avila, R. Bujanos-Muñiz y K.F. Byerly-Murphy. 1995. Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad «permanente del jitomate» en el Bajío. CATIE. Manejo Integrado de Plagas. *Revista Técnica* 38:25–32.
- Mariscal-Mejorado, E., J.L. Leyva-Vázquez y R. Bujanos-Muñiz. 1998. Parasitoides del picudo del chile, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae), en Nayarit, México. *Vedalia* 5:39–46.
- Miller, G.L., D.R. Miller and R.W. Carlson. 2000. Psylloidea Web Page. Consultado el 2 de agosto de 2007 en <http://www.sel.barc.usda.gov/psyllid/psyllidframe.html>.
- Orlando-Tejada, L. y E. Reyes-Barraza. 1985. Hospederas alternantes, preferencia y cría masiva del barrenillo del chile *Anthonomus eugenii* Cano. Resúmenes del xx Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Cd. Victoria, Tamps., México. 39 p.
- Pletsch, D.J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc.), its biology and control. *Montana Agricultural Experimental Station Bulletin* 446:95.

- Pozo–Campodónico, O. y R. Bujanos–Muñiz. 1980. Guía para cultivar chile serrano en la región de «Las Huastecas». SARH/INIA, Circular CIAGON número 2/80. México. 35 p.
- Ramírez–Choza, J.L. 1979. Evaluación de insecticidas a diferentes dosis para el control del barrenillo de chile en Yucatán, México. *Proceedings of the Tropical Region of the American Society for the Horticultural Science* 23:218–220.
- Riley, D.G. 1992. The pepper weevil and its management. Texas Agricultural Extension Service. College Station, Texas. The Texas A&M University System. 5 p.
- Riley, D.G. and D.J. Schuster. 1992. The occurrence of *Catolaccus hunteri*, a parasitoid of *Anthonomus eugenii*, in insecticide treated Bell pepper. *Southwestern Entomologist* 17:71–72.
- Riley, D.G., D.J. Schuster and C.S. Barfield. 1992. Refined action threshold for pepper weevil adults (Coleoptera: Curculionidae) in Bell peppers. *Journal of Economic Entomology* 85:1919–1925.
- Riudavets, J. 1995. Predators of *Frankliniella occidentalis* (Perg.) and *Thrips tabaci* Lind.: a review. In: A.J.M Loomans, J.C. van Lenteren, M.G. Tomasini, S. Maini, J. Riudavets (editors). Biological Control of Thrips Pests. Wageningen Agricultural University Papers 95–1, printed by Venman Drukkers, Wageningen, The Netherlands, pp. 43–87.
- Rodríguez–Aguilar, M.L. y F.J. Quiñónez–Pando. 1990. Efecto de la temperatura en el desarrollo de *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae). Resúmenes del xxv Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Oaxaca, Oaxaca, México. 166 p.
- Rodríguez–Leyva, E., P.A. Stansly and D.J. Schuster. 2005. Parasitoides del picudo del chile nativos de México, y potencial de *Triaspis eugenii* Wharton and López–Martínez (Hymenoptera: Braconidae) como un agente de control biológico. Memorias de la Segunda Convención Mundial de Chile, pp. 99–100.
- Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF). 1928. Memoria de los Trabajos desarrollados por la Oficina Federal para la Defensa Agrícola 1927–1928. Poder Ejecutivo Federal, México. 140 p.
- Sulc, K. 1909. *Trioza cockerelli* n.sp., a novelty from North America, being also of economic importance. *Acta Societatis Entomologicae Bohemicae* 6:102–108.

- Toapanta, M.A., D.J. Schuster and P.A. Stansly. 2005. Development and life history of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperatures. *Environmental Entomology* 34:999–1008.
- Ullman, D.E., J.L. Sherwood and T.L. German. 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. In: T. Lewis (editor). *Thrips as Crop Pests*. United Kingdom. CAB International, pp. 539–565.
- Velasco–Pascual, H. 1969. Evaluación de pérdidas, preferencia de oviposición del picudo o barrenillo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano). Efectividad de varios insecticidas y reacción de diferentes variedades a su ataque. *Agricultura Técnica de México* 2:499–507.
- Walker, C.M. 1905. Miscellaneous results of the work of the Bureau of Entomology, VIII. The pepper weevil (*Anthonomus aeneotinctus* Champ). *USDA Bureau of Entomology and Plant Quarantin Bulletin* 54:43–48.
- Wallis, R.L. 1955. Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes. *USDA Technical Bulletin* 1107. 25 p.
- Wilson, R.J. 1986. Observations on the behavior and host relations of the pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) in Florida. M.S. Thesis. University of Florida. 93 p.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS, CAMPO EXPERIMENTAL BAJÍO.

Cultivo del chile en México se terminó de imprimir en marzo de 2012, en los talleres de Formación Gráfica S.A. de C.V., Matamoros 112, Raúl Romero 57630, Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México. La edición constó de mil ejemplares más sobrantes.



PROYECTO
Editorial
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS