

Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado de Nayarit



**GOBIERNO
FEDERAL**

SAGARPA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**Rafael GÓMEZ JAIMES, Luis Martín
HERNÁNDEZ FUENTES, Luis Eduardo COSSIO
VARGAS, Jaime Gustavo LÓPEZ ARRIAGA y
Roberto SÁNCHEZ LUCIO**

Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro
Campo Experimental Santiago Ixcuintla
Santiago Ixcuintla, Nayarit, Noviembre de 2011
Folleto Técnico No.19- ISBN: 978-607-425-720-5



Vivir Mejor

**Secretaría de Agricultura, Ganadería,
Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación**

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda
Secretario

M. C. Mariano Ruiz-Funes Macedo

Subsecretario de Agricultura

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez

Subsecretario de Desarrollo Rural

Dr. Pedro Adalberto González Hernández

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos

Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. C. Arturo Cruz Vázquez

Encargado del Despacho de la Coordinación de Planeación y
Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo

Coordinador de Administración y Sistemas

Centro de Investigación Regional Pacífico Centro

DR. Keir Francisco Byerly Murphy

Director Regional

Dr. Gerardo Salazar Gutierrez

Director de Investigación

M. C. Primitivo Díaz Mederos

Director de Planeación y Desarrollo

LIC. Miguel Méndez González

Director de Administración y Sistemas

M. C. Luis Enrique Fregoso Tirado

Director de Coordinación y Vinculación en Nayarit y Jefe del
Campo Experimental Santiago Ixcuintla

ENFERMEDADES FUNGOSAS Y BACTERIANAS DEL CULTIVO DE TOMATE EN EL ESTADO DE NAYARIT

AUTORES:

Rafael GÓMEZ JAIMES*
gomez.rafael@inifap.gob.mx

Luis Martín HERNÁNDEZ FUENTES*
hernandez.luismartin@inifap.gob.mx

Luis Eduardo COSSIO VARGAS*
cossio.luiseduardo@inifap.gob.mx

Jaime Gustavo LÓPEZ ARRIAGA*
lopez.jaimegustavo@inifap.gob.mx

Roberto SÁNCHEZ LUCIO*
sanchez.roberto@inifap.gob.mx

***Investigadores del Campo Experimental Santiago
Ixcuintla**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro
Campo Experimental Santiago Ixcuintla
Santiago Ixcuintla, Nayarit, México

Folleto Técnico Núm. 19, ISBN: 978-607-425-720-5

Noviembre de 2011

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias.
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán
C. P., 04010. México, D. F. Teléfono: (55) 51-40-16-00
Conmutador

**ENFERMEDADES FUNGOSAS Y BACTERIANAS
DEL CULTIVO DE TOMATE EN EL ESTADO DE
NAYARIT**

ISBN: 978-607-425-720-5

Primera Edición 2011

Impreso en México

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares de derechos de autor.

Derechos reservados©

ISBN: 978-607-425-720-5

Impreso en México

Folleto Técnico Núm. 19, Noviembre de 2011

CAMPO EXPERIMENTAL SANTIAGO IXCUINTLA.
CIRPAC. INIFAP

Km. 6 Entronque Carr. Internacional a Santiago Ixcuintla. Apdo Postal 100, C. P. 63300. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Tel y Fax (323) 235 07 10

La cita correcta de esta obra es:

Gómez J., R.; Hernández F., L. M.; Cossio V., L. E.; López A., J. G. y Sánchez L., R. 2011. Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado de Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 19, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	12
ENFERMEDADES DEL TOMATE <i>(Lycopersicon esculentum Mill.)</i>	22
ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR BACTERIAS	24
LA PECA BACTERIANA (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tomato</i>)	24
Importancia	24
Síntomas y daños	25
Ciclo de la enfermedad	26
Manejo	26
LA MARCHITEZ BACTERIANA (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	29
Importancia	29
Síntomas y daños	30
Ciclo de la enfermedad	31
Manejo	33
ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR HONGOS Y ORGANISMOS PARECIDOS A HONGOS	37

	Página
LA PODREDUMBRE NEGRA (<i>Sclerotium</i> <i>rolfsii</i>)	37
Importancia	37
Síntomas y daños	38
Ciclo de la enfermedad	40
Manejo	40
AHOGAMIENTO DE PLÁNTULAS "Damping off" (<i>Pythium</i> spp.)	46
Importancia	46
Síntomas y daños	46
Ciclo de la enfermedad	48
Manejo	48
MARCHITEZ DE PLANTAS (<i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>)	50
Importancia	50
Síntomas y daños	51
Ciclo de la enfermedad	51
Manejo	52

	Página
TIZÓN TEMPRANO DEL TOMATE (<i>Alternaria solani</i>)	55
Importancia	55
Síntomas y daños	55
Ciclo de la enfermedad	57
Manejo	58
GLOSARIO	63
AGRADECIMIENTOS	66
BIBLIOGRAFÍA	67
APÉNDICE	78

ÍNDICE DE CUADROS

Número		Página
1	Enfermedades del tomate presentes en los municipios de Santiago Ixcuintla, San Blas, Rosamorada y Las Varas en el ciclo otoño-invierno (2010-2011).	23
2	Algunas enfermedades del tomate con riesgo potencial para Nayarit.	23
3	Fungicidas, bactericidas e inductores de resistencia para el control y manejo de las principales enfermedades del tomate.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Página
1	Hojas de tomate afectadas por <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> (A y B); daños sobre haz y envés de hoja (B y C); síntomas de la peca bacteriana en frutos (E y F).	28
2	Planta de tomate afectada por la marchitez bacteriana <i>Ralstonia solanacearum</i> (A); tallo con el sistema vascular dañado (B y C); flujo bacteriano (hilo) en un corte transversal de un tallo infectado en agua limpia (D).	36
3	Plantas de tomate de un mes de nacidas afectadas por <i>S. rolfsii</i> (A); micelio del hongo en la base del tallo (B).	43

Número		Página
4	Plantas con marchitez permanente (A); presencia de esclerocios en la base del tallo (B).	44
5	Pudrición de fruto bajo condiciones de laboratorio (A) y campo (B).	45
6	Marchitez por <i>Fusarium</i> en tomate (A) daños en la base del tallo y pudrición de raíces (B).	55
7	Lesiones iniciales del tizón temprano del tomate (A y B).	60
8	Lesiones avanzadas del tizón temprano del tomate (A y B).	61
9	Frutos de tomate afectados por <i>Alternaria</i> sp. (A y B).	62
10	Frutos de tomate en campo y laboratorio (A y B) afectados por <i>Alternaria</i> sp.	63

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las principales hortalizas que se cultivan en Nayarit, presenta una superficie sembrada de casi 3000 ha, con una producción de 32, 000 ton. El valor total de la producción de tomate en el estado asciende a los 100 millones de pesos (SIAP, 2010). Sin embargo, la producción de tomate se ve fuertemente amenazada año tras año por el ataque de enfermedades de origen biótico.

Las enfermedades constituyen un factor limitante en la producción de tomate en muchas partes del mundo cuando no se utilizan cultivares con resistencia a varias de ellas. Existen diversas enfermedades del tomate con diferentes causas y etiologías, para cuyo control se utilizan cultivares resistentes, así como medidas de exclusión, erradicación y protección, en el contexto de un programa de control integrado (Jones *et al.*, 2001; Pernezny *et al.*, 2003).

La **resistencia de plantas** es una medida de control altamente efectiva y uno de los principales

componentes en un programa de control integrado de enfermedades. La selección de los cultivares se basa en la selección de plantas resistentes a los principales patógenos de interés. Los cultivares deben poseer resistencia a patógenos, características hortícolas deseables, y adaptabilidad a las condiciones de clima y suelo donde se establecerán. La resistencia en plantas puede ser expresada a través de la acción de un solo gen (resistencia vertical) que le confiere resistencia a un patógeno o a través de varios genes (resistencia horizontal) que le confiere resistencia para varios patógenos. Cuando hay un solo gen involucrado en la resistencia, esta se limita a niveles iniciales de infección y subsecuente producción de inoculo. Sin embargo, un solo gen de resistencia puede ser sobrepasado por el surgimiento de nuevas razas de patógenos. En contraste, la resistencia horizontal se limita a la tasa de desarrollo de la enfermedad, es decir, la enfermedad se desarrolla pero a niveles bajos, lo que hace que el cultivo sea tolerante. Quizás una de las mayores limitaciones de la resistencia en plantas es

que esta no está disponible para todos los cultivos y patógenos de interés (Agrios, 2005).

La **exclusión** tiene por objeto impedir que el patógeno sea introducido en el área de cultivo donde no existía anteriormente y con ello prevenir que establezca contacto con el cultivo o reducir este contacto al mínimo. Esto incluye medidas como la inspección y las cuarentenas, la certificación de material de siembra, la utilización de semillas y plántulas libres de patógenos, y la producción en áreas donde el patógeno no existe o existe en cantidades mínimas (Persley *et al.*, 2010).

La **erradicación** es la eliminación del patógeno después de que este se haya establecido en el área de cultivo, en una planta o partes de ésta (tales como semillas). Algunos métodos utilizados son culturales, los cuales dependen de las acciones de los productores, tales como la erradicación del hospedante, rotación de cultivos, prácticas de saneamiento, mejora de las condiciones del cultivo, crear condiciones desfavorables para el patógeno, acolchado con plásticos de polietileno, riego por goteo

y reducción de la labranza. Otros métodos son físicos, estos dependen de factores como el calor o el frío. Algunos ejemplos son la esterilización del suelo, tratamiento de calor en órganos de la planta, refrigeración y radiación. Los métodos químicos dependen del uso y acción de sustancias químicas para reducir la población de patógenos, en los que se encuentran principalmente los tratamientos al suelo, fumigación de suelo y tratamiento a semillas. Por otra parte, los métodos biológicos utilizan organismos vivos para disminuir el inóculo de los patógenos. Tal es el caso de cultivos trampa, plantas antagónicas contra nematodos y microorganismos antagonistas de patógenos. Este último parece inhibir el crecimiento del patógeno debido a la producción de antibióticos que atacan o paralizan al patógeno, o bien por la competición de sitios en la planta (Koike *et al.*, 2007).

La **protección** consiste en el uso de prácticas culturales; la manipulación de ambientes en los invernaderos y de la fecha de siembra; regulación de la humedad, el ajuste de pH y la fertilidad del suelo; el control de insectos vectores; y la utilización de

productos químicos para su control. Dado que la mayoría de los patógenos son endémicos en ciertas áreas y otros llegan anualmente provenientes de zonas más cálidas, la protección directa de las plantas puede ser alcanzada en pocos casos por controles biológicos (bacterias y hongos antagonistas). Sin embargo, la principal medida de control directo de patógenos de plantas es alcanzada por prácticas de control químico, ya sea por aplicaciones a la planta, tratamiento a semilla o control de enfermedades postcosecha (Schumann y D'Arcy. 2006).

Enfermedades causadas por agentes bióticos

Las enfermedades parasíticas son aquellas que son causadas por bacterias, fitoplasmas, hongos, virus y viroides, nematodos, insectos y plantas fanerógamas parásitas. Para que una enfermedad pueda desarrollarse es necesaria la presencia de una parte susceptible del hospedante, un agente patogénico y el ambiente adecuado, cuya interacción produce daños a la fisiología de las plantas (Persley *et al.*, 2010). Entre los principales patógenos que disminuyen el

rendimiento y demeritan la calidad en tomate se encuentran las enfermedades inducidas por hongos y bacterias (Jones *et al.*, 2001; Pernezny *et al.*, 2003).

Hongos

Los hongos son microorganismos eucariotes que no producen clorofila (carecen de pigmentos verdes), cuyas estructuras somáticas son generalmente filamentosas y ramificadas (micelio). Los hongos tienen pared celular y núcleo, y típicamente se reproducen tanto sexual (etapa telemórfica) como asexualmente (etapa anamórfica). La mayoría de los hongos son saprofitos, viven enteramente en materia orgánica muerta o en descomposición. Los hongos son la causa más importante y común de enfermedades en las plantas. Se estima que hay más de 270,000 especies de hongos, de las cuales 23,000 infectan plantas. Algunos patógenos fungosos pueden sobrevivir sólo si se desarrollan en plantas vivas (parásitos obligados o biótropos), algunos ejemplos son las royas, las cenicillas y los mildius (Persley *et al.*, 2010).

El mayor grupo de hongos patógenos son parásitos no obligados o facultativos (parte de su ciclo de vida lo pasan en un hospedante vivo). La unidad reproductiva de los hongos se conoce como espora, la cual germina para producir una hifa (filamento fúngico, el conjunto de estas forman el micelio). Las esporas pueden resultar tanto de la reproducción sexual como asexual, y estas desarrollan estructuras especiales llamados cuerpos fructíferos (picnidios, peritecios, acervulos, etc.), los cuales proveen protección contra la desecación y la radiación ultravioleta. Las esporas de los hongos son diseminadas fácilmente por el viento, la lluvia, las salpicaduras de agua, por personas, animales y plantas. La pared gruesa de las esporas ayuda a resistir condiciones ambientales adversas, permitiendo sobrevivir por largos períodos en el suelo y en plantas vivas o muertas. El micelio de algunos hongos puede formar estructuras pequeñas y duras llamadas esclerocios, los cuales son importantes para su sobrevivencia. Algunos patógenos ampliamente distribuidos son conocidos como Oomycetes. Estudios estructurales, moleculares y bioquímicos muestran que

los Oomycetes se encuentran más relacionados con las algas que con los hongos. Este grupo de patógenos están adaptados a vivir en ambientes húmedos, los cuales producen esporas con flagelos (zoosporas) que les permite nadar. Los Oomycetes patógenos de plantas mejor conocidos son *Phytophthora*, *Pythium* y los mildius (Koike *et al.*, 2007).

Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares, generalmente con un tamaño de 1-2 μm , que no pueden verse a simple vista. Las bacterias asociadas a las plantas pueden ser benéficas o dañinas. Las bacterias asociadas con las plantas tienen morfología variada, estas formas constituyen una manera simple de diferenciarlas. Hay bacilos (bastones), cocos (esféricas), bastones pleomórficos (tendencia hacia formas irregulares) y formas espiraladas. La mayoría de las bacterias asociadas con las plantas son bastones. En general, las bacterias se reproducen por fisión binaria (una célula se divide en dos). En condiciones naturales las bacterias fitopatógenas

sobreviven en residuos vegetales sobre la superficie del suelo, en o sobre semillas, en el suelo, y asociadas con hospedantes perennes. Pero algunas bacterias también pueden sobrevivir en el agua, y algunas hasta en objetos de trabajo (maquinaria, material de empaque, herramientas, etc.) o sobre o dentro de insectos. La forma de supervivencia suele ser esencial para prevenir la diseminación y para el manejo de la enfermedad. La diseminación de las bacterias fitopatógenas es fácil, pero afortunadamente no siempre resulta en enfermedad. Generalmente ocurre por partículas de suelo y arena llevadas por el viento, las cuales causan heridas, especialmente durante o después de lluvias. Las heridas son esenciales para el ingreso de muchas bacterias a la planta. La maquinaria, ropa, herramientas, material de empaque y el agua también pueden diseminarlas, así como también los insectos y los pájaros. La mayor parte de las especies bacterianas que constituyen agentes de enfermedad en plantas están contenidas en los géneros *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Erwinia*,

Agrobacterium, *Clavibacter*, *Xylella* y *Xanthomonas* (Vidaver y Lambrecht, 2004; Kado, 2010).

Las enfermedades bióticas de la plantas, generalmente son difíciles de diagnosticar a niveles de campo, en muchos casos, se requieren técnicas especializadas para llegar a la identificación correcta. El objetivo del presente manual es brindar a los productores y técnicos una herramienta básica para reunir los elementos que les ayuden a manejar las principales enfermedades que atacan el cultivo del tomate. En cada patógeno se incluyen la descripción, síntomas y daños, ciclo y se dan algunas recomendaciones para su manejo. Durante el ciclo de producción otoño invierno 2010 -2011, se hicieron recorridos y colectas de plantas enfermas de tomate en las principales zonas productoras en los municipios de Rosamorada, Santiago Ixcuintla, San Blas y Compostela en Nayarit. Las muestras se llevaron al Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Santiago Ixcuintla para identificar los fitopatógenos asociados, se

utilizaron técnicas de cultivo específicas para cada patógeno.

ENFERMEDADES DEL TOMATE

(Lycopersicon esculentum Mill.)

Entre las enfermedades identificadas, las inducidas por hongos presentaron mayor incidencia que las producidas por bacterias (Cuadro 1). Por otra parte, dado que en el ciclo de cultivo de otoño invierno (octubre-marzo) no hubo presencia de precipitación o fue muy poca (SEMAC, 2011), algunas enfermedades que comúnmente afectan al tomate no se presentaron, sin embargo, son un riesgo potencial para el tomate que se cultiva en el estado de Nayarit (Cuadro 2), razón por la cual es necesario saber identificarlas y conocer detalles importantes sobre sus síntomas, ciclo biológico, epidemiología y manejo.

Cuadro 1. Enfermedades del tomate presentes en los municipios de Santiago Ixcuintla, San Blas, Rosamorada y Las Varas en el ciclo otoño-invierno (2010-2011).

Patógenos de plantas	Nombre científico
Bacterias	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>
	<i>Ralstonia solanacearum</i>
Hongos	<i>Sclerotium rolfsii</i>
	<i>Fusarium oxysporum</i>
	<i>Alternaria solani</i> y <i>Alternaria</i> sp.
	<i>Colletotrichum</i> spp.
Organismos parecidos a hongos	<i>Pythium</i> spp.

Cuadro 2. Algunas enfermedades del tomate con riesgo potencial para Nayarit.

Patógenos de plantas	Nombre científico
Bacterias	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>
Hongos	<i>Stemphylium solani</i>
	<i>Leveillula taurica</i>
	<i>Verticillium albo-atrum</i> y <i>V. daliae</i>
Organismos parecidos a hongos	<i>Phytophthora infestans</i>

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR BACTERIAS

La peca bacteriana

Pseudomonas syringae pv. *tomato*

Importancia

Esta enfermedad es favorecida por temperaturas bajas y condiciones de humedad altas. Actualmente se encuentra distribuida en todas las zonas del mundo en donde se cultiva tomate. Cuando afecta frutos, el moteado intenso origina una fuerte reducción en el rendimiento (Pernezny y Zhang, 2008; Martin *et al.*, 2010). *P. syringae* pv. *tomato* es la principal enfermedad bacteriana del tomate en Nayarit; los principales daños ocurren cuando las plantas presentan abundante follaje (generalmente en plantas adultas) y con poca aireación entre plantas. Bajo condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (presencia de precipitación), la incidencia puede ser superior al 50 %.

Síntomas y daños

Las lesiones que se forman en los folíolos presentan una coloración entre castaño oscuro y negra. Estas lesiones carecen de halo en los estados iniciales de desarrollo, pero dicho halo se forma posteriormente. Las lesiones se extienden por toda la hoja pero es más notable en el envés que en el haz (Figura 1). Las lesiones pueden coalescer (unirse) llegando a producir necrosis en grandes porciones del tejido. Los tallos, peciolo, pedúnculo, pedicelo y sépalos son igualmente afectados; en estas zonas de la planta las lesiones tienen forma oval a elongada. En fruto se forman pequeñas manchas oscuras que raramente son mayores a 1 mm de diámetro (Figura 1). El tejido que rodea cada mancha puede mostrar un color verde más intenso que las zonas no afectadas. Generalmente, las lesiones están ligeramente levantadas sobre la superficie y pueden dar la apariencia de estar hinchadas (Pernezny y Zhang, 2008; Kado, 2010).

Ciclo de la enfermedad

La bacteria es transmitida por semilla. Se disemina por el salpique del agua de lluvia y las herramientas de trabajo, especialmente durante los trasplantes. El patógeno puede sobrevivir en los restos de cosecha hasta por 30 semanas. También, varias especies de las malezas pueden albergar a la bacteria. La supervivencia de la bacteria en suelos no tratados es de corta duración (menos de 30 días). Tanto la humedad alta como las temperaturas bajas (18-24 °C) favorecen el desarrollo de la peca bacteriana (Pernezny y Zhang, 2008; Martin *et al.*, 2010).

Manejo

Se debe evitar establecer cultivos de tomate en el mismo terreno 2 años consecutivos; también es recomendable la producción de trasplantes libres de inóculo en zonas donde no se cultive tomate. Utilizar semilla certificada y mantener los campos de producción libres de malezas (arvenses). Es recomendable también realizar aplicaciones con algunos bactericidas (hidróxido de cobre y la

kasugamicina) solos o combinados. La aspersion de los productos se debe realizar cuando se presenten las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, o bien, cuando se observen los primeros síntomas. Por otra parte, se ha reportado que el activador de la resistencia sistémica adquirida “Acibenzolar-S-metil” ha controlado satisfactoriamente a la bacteria cuando se aplica de manera preventiva (Graves y Alexander, 2002; Pernezny y Zhang, 2008; Sally y Mera, 2009).



Figura 1. Hojas de tomate afectadas por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (A y B); daños sobre haz y envés de hoja (B y C); síntomas de la peca bacteriana en frutos (E y F).

La marchitez bacteriana

(*Ralstonia solanacearum*)

Importancia

La marchitez bacteriana es una enfermedad de tomate bastante severa en muchas zonas cálidas, templadas, subtropicales y tropicales del mundo. La enfermedad es conocida también como la marchitez bacteriana sureña, la marchitez de las solanáceas y la podredumbre bacteriana sureña. La incidencia de la enfermedad puede variar desde unas cuantas plantas dispersas en campos donde existe una infestación natural baja, hasta un 50% o más en campos cultivados con una alta infestación natural, lo cual puede provocar una muerte rápida de las plantas (Kado, 2010; Zitter, 2011). En Nayarit sólo se ha encontrado en plantas aisladas o en pequeños manchones dentro de los terrenos de cultivo.

Síntomas y daños

Los primeros síntomas de la marchitez bacteriana consisten en la flacidez de algunas de las hojas más jóvenes. A esto le sigue una marchitez completa de la planta que ocurre de forma rápida bajo condiciones ambientales favorables (Figura 2). Los estados avanzados de la enfermedad se pueden producir a los 2 ó 3 días después de la aparición de los primeros síntomas. En los tallos de plantas infectadas pueden aparecer raíces adventicias, siendo estas más pronunciadas cuando la enfermedad se desarrolla lentamente bajo condiciones sub óptimas para el desarrollo de la enfermedad. También puede producirse una epinastia foliar cuando la enfermedad se desarrolla lentamente. En las etapas iniciales de la enfermedad, el sistema vascular toma una coloración amarilla a pardo claro que puede ser observada en las secciones transversales o longitudinales del tallo. A medida que progresa la enfermedad el sistema vascular se oscurece (Figura 2). Cuando la planta se marchita completamente, la médula y el córtex también se vuelven oscuros (Figura 2). La invasión masiva del

córtex puede resultar en lesiones de apariencia acuosa en la superficie del tallo. A medida que progresa la enfermedad y que la planta se marchita de forma permanente, la podredumbre afecta al sistema radical completo. La marchitez bacteriana es fácilmente distinguible de otras marchiteces vasculares de naturaleza fúngica mediante la introducción en agua de un tallo enfermo que haya sido seccionado limpiamente (Figura 2). De esta forma, en 3 a 5 min se exuda de elementos del xilema de plantas infectadas un hilo blanco y lechoso de células bacterianas y mucosidad. Si la infección en el tallo es severa, el agua queda completamente lechosa en 10 a 15 min (Jones *et al.*, 2001; Blancard, 2005; Koike *et al.*, 2007; Momol *et al.*, 2008).

Ciclo de la enfermedad

R. solanacearum ataca a más de 200 especies de plantas cultivadas y en 33 familias vegetales. Los huéspedes de mayor importancia económica se encuentran dentro de la familia Solanaceae. Tomate, papa, tabaco, y berenjena son huéspedes importantes

de esta familia. De igual manera, el plátano es un huésped importante de éste patógeno. Este organismo sobrevive en el suelo durante largos periodos de tiempo en ausencia de plantas huésped. El periodo de supervivencia varía considerablemente dependiendo de la raza del patógeno, y de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Suelos bien drenados con buenas características de retención de agua, son adecuados para la supervivencia de esta bacteria. Otras características del suelo que promueven su supervivencia son temperaturas de moderadas a altas, y pH entre bajo y moderado. Los suelos que permiten la desecación del patógeno, o promueven la actividad de organismos antagonistas, reducen la supervivencia. *R. solanacearum* penetra la raíz de la planta a través de heridas producidas durante el trasplante, labores de cultivo, insectos, ciertos nematodos, y a través de las heridas naturales que existen en los puntos de emergencia de las raíces secundarias. Una vez dentro del huésped, la bacteria presenta afinidad por el sistema vascular, donde se multiplica rápidamente llenando los vasos xilemáticos con células bacterianas

y aumentando su viscosidad. El marchitamiento de la planta ocurre 2 a 5 días después de la infección, dependiendo de la susceptibilidad del huésped, la temperatura y la virulencia del patógeno. Tanto la infección como el desarrollo de la enfermedad, son favorecidos por temperaturas altas (óptimo a 30-35°C), y humedad elevada. A medida que la planta se marchita, el patógeno invade las células del parénquima en la médula y el córtex. Bajo condiciones favorables, la bacteria puede moverse a través del córtex y producir un exudado en la superficie del tallo. La bacteria es liberada en el suelo desde las raíces de plantas infectadas y de material vegetal enfermo que se incorpora al suelo. La bacteria es diseminada mediante el movimiento del agua, el transporte de suelo, y los trasplantes infectados (Kalb, 2004; Momol *et al.*, 2008; Sikora, 2009).

Manejo

La marchitez bacteriana de plantas cultivadas es difícil de combatir en suelos infestados. La rotación utilizando un cultivo no susceptible proporciona cierto

control, pero esta medida es difícil de poner en práctica debido a la amplia gama de plantas hospederas del patógeno. El tratamiento del suelo con fumigantes reduce la incidencia de la enfermedad, pero es caro y no siempre proporciona un control que dure todo el periodo del cultivo. Los trasplantes que se usan para la producción de tomate deben ser obtenidos en suelos libres del patógeno. Se ha invertido un gran esfuerzo, y alcanzado cierto progreso en el desarrollo de cultivares de tomate con resistencia a la marchitez bacteriana. Sin embargo, dado que los cultivares son generados principalmente para uso local, suelen resultar inadecuados cuando se utilizan en otras zonas donde pueden existir diferentes razas del patógeno, así como diferentes estreses ambientales. Por otra parte, la aplicación de inductores de la resistencia como el harpin y el acibenzolar-S-metil, han demostrado disminuir la incidencia en campo por abajo del 50 % (Louws *et al.*, 2002; Momol *et al.*, 2008). En estudios realizados, la utilización de bacterias antagonistas como *Bacillus subtilis* han tenido buen efecto sobre la incidencia de *R. solanacearum* (Anith *et al.*, 2004;

Lemessa y Zeller, 2007). Para el estado de Nayarit, ésta enfermedad se encuentra limitada a pocas huertas, por lo que al detectar plantas con síntomas, se deben eliminar inmediatamente para disminuir las fuentes de inóculo y evitar su diseminación entre plantas y campos de cultivo.

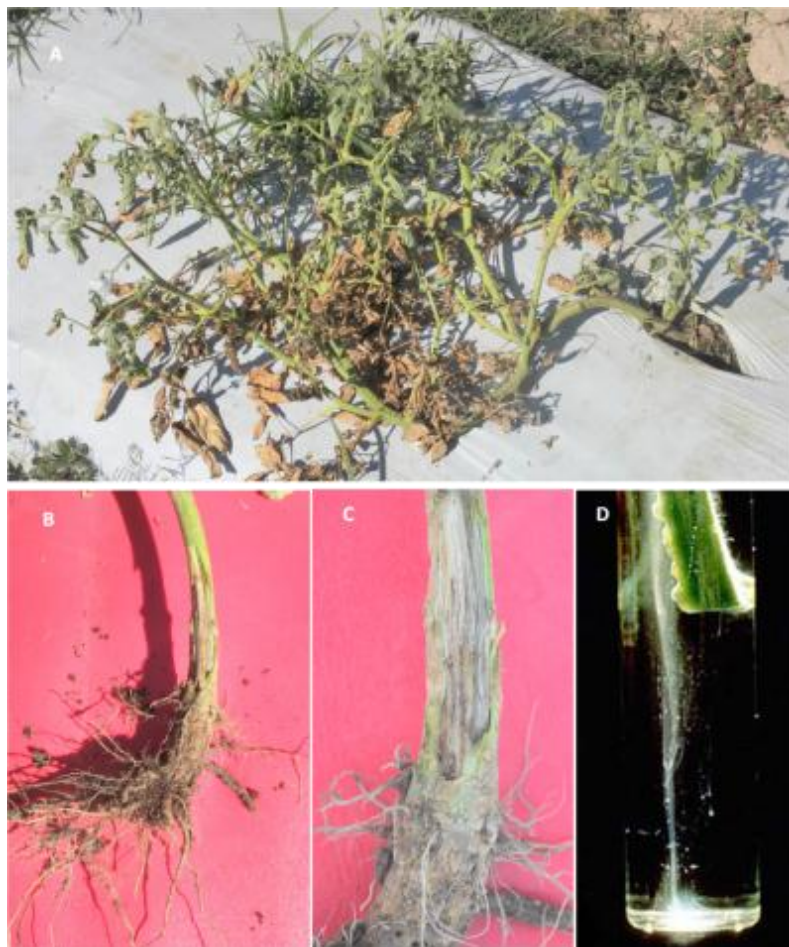


Figura 2. Planta de tomate afectada por la marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum* (A); tallo con el sistema vascular dañado (B y C); .flujo bacteriano (hilo) en un corte transversal de un tallo infectado en agua limpia (D).

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR HONGOS Y ORGANISMOS PARECIDOS A HONGOS

Podredumbre Negra

(*Sclerotium rolfsii*)

Importancia

La podredumbre negra fue descrita por primera vez en tomate, pero afecta también a cientos de otras especies de plantas cultivadas, entre las que se incluyen hortalizas, plantas ornamentales y cultivos extensivos. La enfermedad es conocida por varios nombres, como la marchitez del sur, la podredumbre sureña del tallo y la podredumbre del tallo causada por *Sclerotium*. Esta enfermedad ocurre en todo el mundo, pero es de mayor importancia en zonas tropicales y subtropicales con estaciones lluviosas cálidas (Jones *et al.*, 2001; Edmunds y Gleason, 2003; UC IPM, 2009). *S. rolfsii* se encuentra ampliamente distribuido en todo el estado de Nayarit, y es una de las principales causas de muerte en plantas recién plantadas y ya

establecidas; los principales daños ocurren en terrenos altamente infestados con esclerocios y que no reciben algún tipo de manejo cultural (rastreo) después de cosecha.

Síntomas y daños

Generalmente los síntomas aparecen en las zonas de la planta que se encuentran sobre o cerca del suelo. Las plantas pueden ser atacadas en cualquier estado de desarrollo si las condiciones ambientales son las adecuadas (Figura 3). El síntoma más común es una podredumbre de color castaño a negro en el tallo, que se desarrolla cerca de la línea del suelo. La lesión se desarrolla con rapidez, rodeando el tallo completamente y dando lugar a la repentina y permanente marchitez (Figura 4) de toda la parte aérea de la planta (Edmunds y Gleason, 2003; Kalb, 2005c).

Las plantas jóvenes pueden doblarse por la línea del suelo. En condiciones de humedad elevada, se desarrolla en las lesiones un micelio blanco (Figura 3), vigoroso y abundante que en ocasiones se extiende en el tallo de la planta adulta varios centímetros sobre la

línea del suelo. Pasados unos días, en el micelio pueden aparecer esclerocios esféricos, de tonalidad castaña a marrón rojiza, y con un diámetro promedio de 1-2 mm (Figura 5). En frutos, el hongo puede penetrar rápidamente por la epidermis que se encuentran en contacto con el suelo infestado. El punto de infección se ve inicialmente hinchado, ligeramente amarillo y con la epidermis rota. La lesión se vuelve húmeda y blanda, y a menudo presenta forma de estrella (Figura 5). Una vez infectado, el fruto se colapsa en 3 ó 4 días. La cavidad de la lesión se llena rápidamente de micelio blanco y esclerocios en desarrollo. También pueden producirse lesiones marrones con micelio sobre la superficie de las hojas que se encuentran en contacto con el suelo, o de las hojas más bajas que son salpicadas con inóculo del suelo (Jones *et al.*, 2001; Kalb, 2005c). La distribución de *Sclerotium* en campo (caso Nayarit) se puede presentar en plantas aisladas, pequeños manchones y en grandes extensiones de terreno; las plantas con síntomas iniciales de la enfermedad generalmente mueren al cabo de un mes;

los daños más severos se presentan en plantas pequeñas y en etapa de producción.

Ciclo de la enfermedad

Los esclerocios producidos por el hongo pueden sobrevivir durante años en el suelo y en restos de las plantas huésped. Los esclerocios pueden ser diseminados mediante la dispersión del suelo o material vegetal infestado. Este hongo es también altamente saprofítico y es capaz de generar un abundante crecimiento micelial en varios substratos huésped. A menudo, *S. rolfsii* utiliza materia orgánica como substrato para la producción de ácido oxálico y enzimas que desintegran los tejidos de la planta huésped. Las condiciones aeróbicas y húmedas, así como las temperaturas altas (entre 30 y 35 °C), favorecen al patógeno (Jones *et al.*, 2001; Mullen, 2001; Kalb, 2005c).

Manejo

El control de la Podredumbre negra es difícil de conseguir cuando existe un alto nivel de inóculo y las

condiciones ambientales son favorables para la enfermedad. La rotación con cereales no susceptibles, como maíz, o de grano pequeño, reducen la incidencia de la enfermedad al disminuir el nivel de inóculo en el suelo. El volteo profundo del suelo para enterrar los restos del cultivo huésped y las estructuras fúngicas constituyen una buena medida de manejo. La aplicación de soluciones fúngicas durante el trasplante ha mostrado ser económicamente viable. La fumigación de los suelos con productos químicos de amplio espectro reducen la incidencia de la enfermedad, pero esta práctica presenta limitaciones económicas. Ciertas prácticas de fertilización, como el uso de niveles altos de calcio y fertilizantes amoniacales, han facilitado cierto control en condiciones de bajo nivel de enfermedad. En ocasiones, se recomienda la colocación de una barrera física (papel de aluminio o plástico) para proteger el tallo de la infección en la proximidad del suelo. Ciertas prácticas de control que se encuentran actualmente en fase experimental incluyen la solarización de suelo húmedo con una cubierta de polietileno, el control

biológico con el uso de *Trichoderma harzianum* y variedades resistentes (Hagan y Gazaway, 2000; Jones *et al.*, 2001; Mullen, 2001; Kalb, 2005c). Por otra parte, Rideout *et al.* (2002) y Hagan (2004) reportaron que los fungicidas PCNB y azoxystrobin tienen buen efecto de control sobre *Sclerotium rolfsii*. En investigaciones realizadas en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla del INIFAP (datos no publicados), se encontró que la aplicación de fungicidas en etapas intermedias y avanzadas de la enfermedad ejercían poca o nula efectividad contra *Sclerotium*, por lo que es de suma importancia realizar las aplicaciones de manera preventiva.

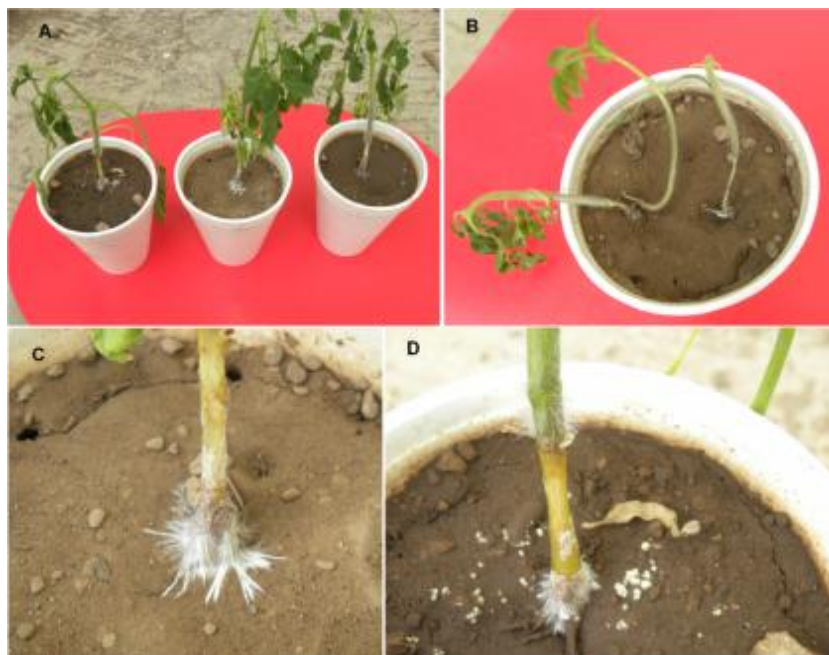


Figura 3. Plantas de tomate de un mes de nacidas afectadas por *S. rolfsii* (A); micelio del hongo en la base del tallo (B).

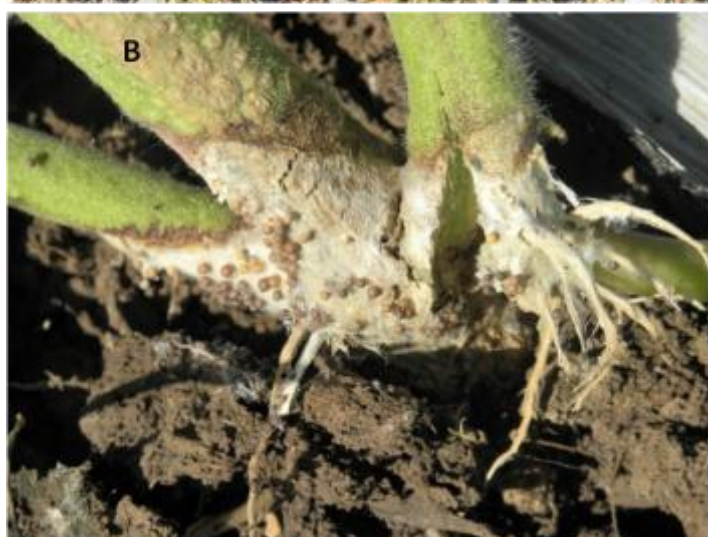


Figura 4. Plantas con marchitez permanente (A); presencia de esclerocios en la base del tallo (B).

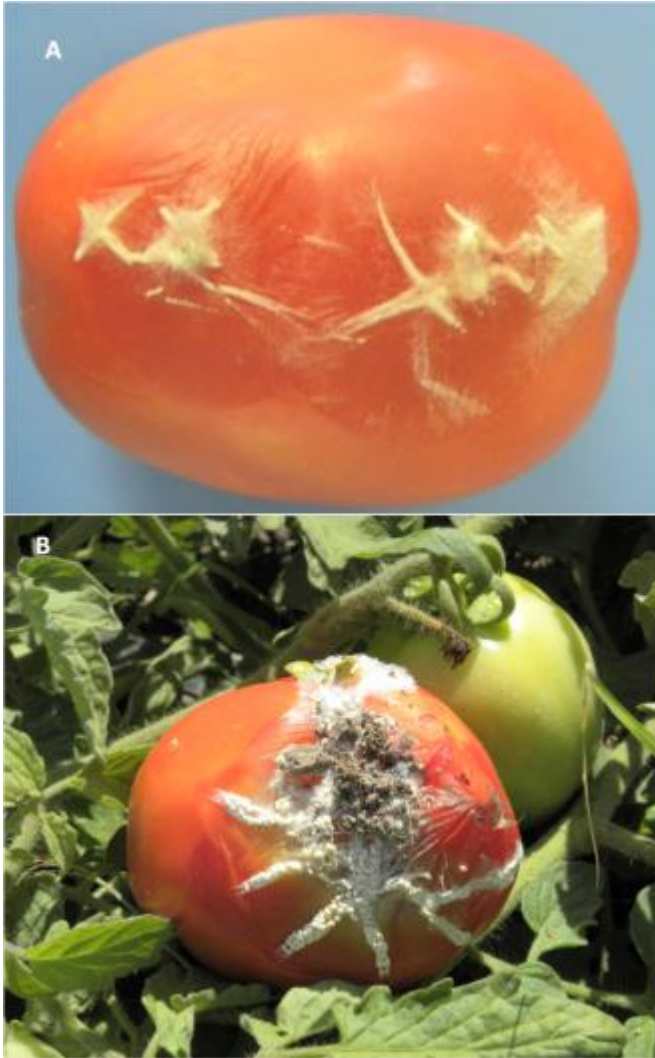


Figura 5. Pudrición de fruto bajo condiciones de laboratorio (A) y campo (B).

Ahogamiento de plántulas (Damping off)

(*Pythium* spp.)

Importancia

Existen varias especies de *Pythium* que pueden atacar plantas de tomate durante los estados tempranos de crecimiento, causando podredumbre de semillas, muerte de plántulas (damping off) en preemergencia y postemergencia, o podredumbre del tallo. El ataque puede causar grandes pérdidas y crecimiento desigual del cultivo. Las pérdidas ocurren tanto en invernadero como al aire libre (Jones *et al.*, 2001). En Nayarit es común encontrar a *Pythium* en semilleros (lugar donde se producen plántulas) y en plantas recién establecidas en campo, en éste último caso, los daños se deben principalmente a que se utilizan plántulas enfermas o con síntomas iniciales de la enfermedad, por lo que la mayoría de estas plantas mueren a las pocas semanas.

Síntomas y daños

El ataque de *Pythium* spp. puede ocurrir en cualquier estado de germinación de la semilla o en estados

iniciales de desarrollo de la planta. En semillas infectadas se desarrolla una podredumbre blanda, pulposa y húmeda (acuosa) antes de que emerja la radícula. La muerte de plantas en preemergencia afecta a plántulas que han sido atacadas en los primeros estados de germinación pero con anterioridad a la emergencia. Una lesión castaño oscura o negra se desarrolla rápidamente y afecta toda la plántula. La muerte de plántulas en preemergencia es el síntoma más común asociado a un ataque de *Pythium*; la enfermedad inicia con una lesión oscura y acuosa en la raíz que se extiende a lo largo del tallo o por encima de la línea del suelo. Cuando esta lesión oscura y blanda se desarrolla alrededor de una porción grande del tallo (ahogamiento) o en su totalidad, la planta se dobla, marchita y muere. En la parte de la planta afectada sometidas a una alta humedad puede generarse un crecimiento de micelio de color blanco algodonoso (BC Greenhouse Growers' Association, 2007; Roberts y French-Monar, 2007; Persley *et al.*, 2010).

Ciclo de la enfermedad

Bajo condiciones favorables, el patógeno puede crecer de forma indefinida en el suelo como micelio vegetativo sobre varios sustratos orgánicos. El crecimiento puede ser influenciado por la naturaleza de la base nutritiva, pH, humedad y actividad de microorganismos asociados. La producción de esporas del patógeno es favorecida por la presencia de agua libre en el suelo (exceso de humedad); después de germinar, *Pythium* puede penetrar a la planta de manera directa, sin embargo, la presencia de heridas incrementa la penetración e infección. Las plantas más suculentas (por exceso de nitrógeno) son más susceptibles que las plantas normales. El patógeno produce oosporas de pared engrosada que le permiten sobrevivir bajo condiciones desfavorables en el suelo por largos periodos en ausencia de huésped (BC Greenhouse Growers' Association, 2007; Roberts y French-Monar, 2007; Persley *et al.*, 2010).

Manejo

La enfermedad puede ser manejada por medio de prácticas culturales y productos químicos. Se debe utilizar semilla certificada y las plantas deben cultivarse en condiciones óptimas de temperatura, humedad y nutrición. Se recomienda evitar riegos excesivos y el uso de zonas bajas poco drenadas. En invernadero se debe esterilizar el suelo con algún producto o vapor de agua. En cultivos al aire libre, el tratamiento con un fumigante de amplio espectro (autorizado) suele ser efectivo contra *Pythium* y otros patógenos. La semilla debe ser tratada con algún fungicida para combatir patógenos del suelo y transmitidos por semilla. Los fungicidas a utilizar suelen ser los mismos que para *Phytophthora* (Roberts y French-Monar, 2007).

Marchitez de plantas

(*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)

Importancia

Es una enfermedad de importancia mundial que ataca el sistema vascular del tomate, la cual fue descrita por vez primera en Inglaterra en 1895. Las plantas afectadas tienen escaso desarrollo. Las hojas son flácidas y desarrollan epinastia (curvamiento del tallo, hoja o parte de esta) y algunas de ellas pueden amarillar. El tejido vascular toma una coloración castaño oscuro, se ensancha la base de los tallos afectados (en la inserción con el peciolo), y normalmente las plantas se marchitan y mueren (Koike *et al.*, 2007; Sikora, 2009; Zhang *et al.*, 2011). Junto con *S. rolfsii*, *Fusarium* es la principal causa de muerte de plantas de tomate en Nayarit, y es una de las enfermedades de mayor distribución en el estado.

Síntomas y daños

Los síntomas en la planta se observan en el intervalo de floración y maduración del fruto. El síntoma inicial es amarillamiento de las hojas más viejas; dichos síntomas suelen afectar solo un lado de la planta, y con frecuencia los folíolos a un lado del peciolo se vuelven amarillos antes que los del otro lado (Figura 6). Esta marchitez va avanzando gradualmente en todo el follaje, hasta que la planta muere. La coloración parda del sistema vascular en los tallos es característica de esta enfermedad, mientras que la medula del tallo permanece intacta (Koike *et al.*, 2007; Momol y Pernezny, 2006; Momol *et al.*, 2008; Sikora, 2009; Zhang *et al.*, 2011). En Nayarit se ha observado que en suelos infestados con *Fusarium*, los daños son más severos cuando los terrenos se riegan en exceso, sobre todo en aquellos que retienen la humedad por varios días.

Ciclo de la enfermedad

La marchitez vascular del tomate es una enfermedad de climas cálidos y prevalece en suelos ácidos y

arenosos. El patógeno que la produce habita en el suelo, y permanece en suelos infestados por muchos años. El hongo penetra en la planta a través de heridas en la raíz. Los factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad en suelo y aire son de 28 °C, con humedad del suelo óptima para el desarrollo del vegetal. Bajos niveles de N y P y altos de K, así como bajo pH del suelo incrementan la virulencia del patógeno. La diseminación de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* ocurre mediante la semilla, los tutores de tomate, el suelo y las plántulas para trasplante infectadas, o mediante el suelo infestado adherido al cepellón de la planta de trasplante infectada. En el huerto, la enfermedad se puede dispersar a través de suelo infestado diseminado por el viento, agua y herramientas de trabajo (Momol *et al.*, 2008; Sikora, 2009; Zhang *et al.*, 2011).

Manejo

Se recomienda la utilización de cultivares tolerantes para el control de las razas 1 y 2 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sikora, 2011). La pasteurización de suelo

infestado con vapor de agua o fumigantes autorizados reducen la incidencia de plantas marchitas (Hagan, 2000). Se recomienda aumentar el pH del suelo a valores de 6.5-7.0 así como utilizar nitrato como la fuente de nitrógeno en lugar de nitrógeno amoniacal. Es de suma importancia evitar la introducción en zonas libres del patógeno, semilla, plantas, suelo, cepellones, tutores y herramientas de trabajo infectadas con el hongo. Se debe evitar inundar las parcelas de cultivo, ya que esto dispersaría el inóculo. Así mismo, es conveniente mantener alejadas las plantaciones de tomate de las zonas donde se produce semilla ó plántula. Las rotaciones de 5 a 7 años no eliminan el patógeno pero son convenientes ya que reducen enormemente las pérdidas (Jones *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2011). En sandía se ha reportado que la incidencia de marchitez inducida por *Fusarium oxysporum* fsp. *niveum* disminuyó al utilizar inductores de resistencia (acibenzolar-S-metil) y fungicidas químicos como azoxystrobin, tiofanato metílico y fluazinam (Sanders y Langston, 2009; Everts y Zhou, 2009).



Figura 6. Marchitez por *Fusarium* en tomate (A) daños en la base del tallo y pudrición de raíces (B).

Tizón temprano del tomate

(*Alternaria solani*)

Importancia

El tizón temprano del tomate se encuentra distribuido en todas las zonas productoras de tomate del mundo, y puede llegar a ser una importante enfermedad si se dan las condiciones ambientales favorables para su desarrollo (Momol y Pernezny, 2006; UC IPM, 2009). En Nayarit, *A. solani* es la principal enfermedad que afecta a follaje. Tiene una amplia distribución en todo el estado, y sus mayores daños ocurren cuando hay presencia de precipitaciones, principalmente en el ciclo otoño-invierno.

Síntomas y daños

La enfermedad inicia con manchas pequeñas circulares de color café o negro sobre las hojas más viejas; las lesiones pueden ser rodeadas por un halo clorótico (Figura 7). A medida que la enfermedad se desarrolla, las manchas se hacen más grandes y pueden ser de 8-10 mm de diámetro o mayores (Figura 8). Sobre las

hojas dañadas se forman círculos concéntricos, los cuales son un síntoma característico de esta enfermedad. Con infecciones severas puede haber defoliación, dejando expuestos a los frutos a las quemaduras de sol. En los tallos atacados por el patógeno se desarrollan lesiones pequeñas, oscuras y acuosas; estas lesiones se expanden y se hacen ovales con círculos concéntricos. Los daños que se producen en tallos son ahorcamiento y eventualmente muerte de los mismos o de la planta. Las infecciones en los frutos pueden afectar tanto a frutos verdes como maduros; los síntomas son manchas circulares de colores café oscuro, acuosas y que también presentan anillos concéntricos; sin embargo, existen otras especies de éste patógeno que pueden afectar frutos tanto en pre como en postcosecha (Figura 9 y 10) (Nitzsche y Wyenandt, 2005; Wyenandt *et al.*, 2006). En Nayarit, los principales daños por *Alternaria solani* se presentan en el ciclo otoño-invierno, sobre todo cuando hay periodos de precipitación durante el desarrollo del fruto, ya que en ataques severos, se disminuye drásticamente el rendimiento y calidad de la

fruta. En campo es común observar plantas de tomate atacadas simultáneamente por la peca bacteriana y por el tizón temprano; bajo condiciones de alta humedad relativa, ambos patógenos pueden provocar defoliación y secamiento de hojas, llegando a afectar más del 50 % de las plantas.

Ciclo de la enfermedad

A. solani produce estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, las cuales son capaces de sobrevivir en el suelo o residuos de cosecha por un periodo de tiempo. El patógeno se puede transmitir por semilla, debido a esto, puede afectar semilleros y plantas de trasplante. La enfermedad también ataca a otras solanáceas como papa y berenjena. Esta puede sobrevivir en plantas espontáneas de tomate, así como en papa, berenjena o solanáceas silvestres. Las esporas del hongo se diseminan por el viento y por el salpique de agua de lluvia. Condiciones de alta humedad y temperaturas de 24-29 °C favorecen el desarrollo de *A. solani* (Jones *et al.*, 2001; Momol y Pernezny, 2006; Martin *et al.*, 2010).

Manejo

Seleccionar y plantar cultivares resistentes. Utilizar semilla certificada que garantice que no lleva el patógeno (previo a sembrar, tratar la semilla con algún fungicida). Al momento del trasplante eliminar plantas enfermas o con síntomas de la enfermedad. Aplicaciones múltiples de fungicidas autorizados son normalmente requeridos para el control de *A. solani* (UC IPM, 2009). Zitter y Drennan (2007), UC IPM (2009) y Wyenandt *et al.* (2009 y 2010), mencionaron que los fungicidas de contacto que mejor efecto de control tienen son el clorotalonil, mancozeb e hidróxido de cobre; de los fungicidas sistémicos, el boscalid, tebuconazol, azoxystrobin, trifloxistrobin y pyraclostrobin son los que se reportan para el control de *A. solani* (Mantecón, 2007; Wyenandt *et al.*, 2009).



Figura 7. Lesiones iniciales del tizón temprano del tomate (A y B).



Figura 8. Lesiones avanzadas del tizón temprano del tomate (A y B).



Figura 9. Frutos de tomate afectados por *Alternaria* sp. (A y B).

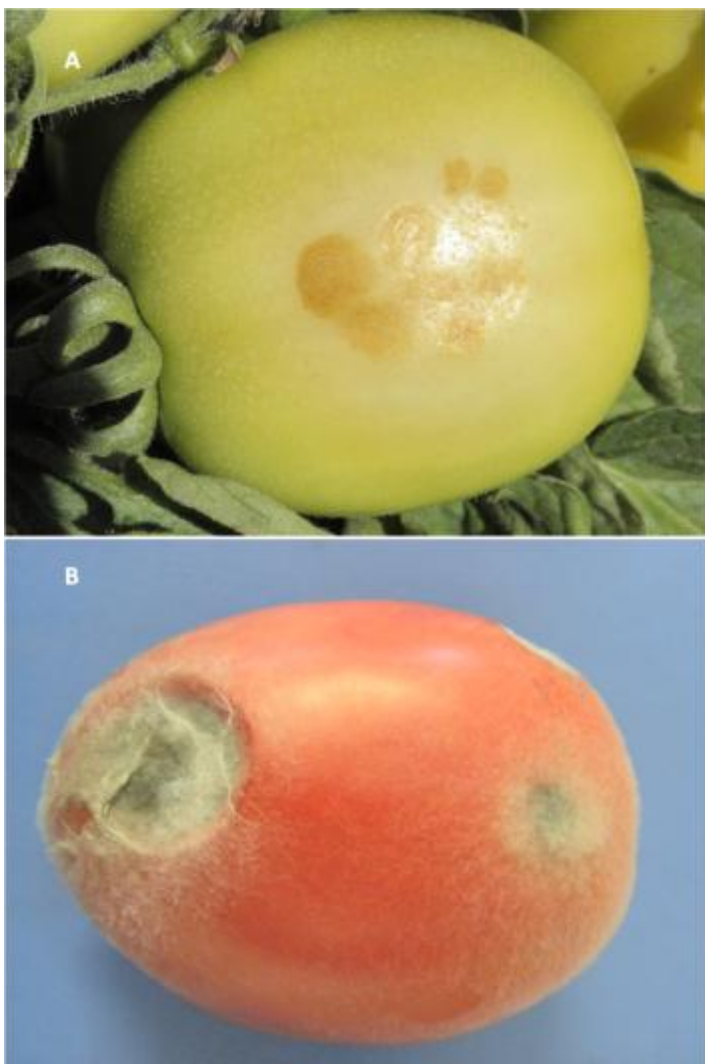


Figura 10. Frutos de tomate en campo y laboratorio (A y B) afectados por *Alternaria* sp.

GLOSARIO

Acérvulos: cuerpo fructífero fúngico asexual, de forma plana o de cojín, que alberga estructuras tales como conidias, conidióforos, y en ocasiones, setas.

Biotipo: subgrupo de una especie que generalmente se caracteriza por poseer uno o algunos caracteres en común.

Clamidosporas: espora asexual de supervivencia que posee una pared engrosada, y está formada por la modificación de una célula hifal.

Conidióforos: hifa fúngica especializada en la que se producen conidias (conidiosporas).

Córtex: (adj. cortical): tejido parenquimático que se encuentra entre la epidermis y el floema en tallos y raíces.

Cultivar: variedad de planta cultivada, o selección de cultivo.

Enfermedad biótica: enfermedad que es causada por un patógeno y que se desplaza desde una planta enferma hasta una sana.

Enfermedad abiótica: enfermedad que es producida por un factor ambiental u otra naturaleza, no por un patógeno.

Epinastia: curvamiento hacia abajo del tallo, hoja, o parte de esta, que se produce como resultado de una expansión brusca de la parte superior de un órgano.

Esclerocio: estructura fúngica resistente a la sequía o al calor, que suele presentar paredes celulares duras y engrosadas, lo cual permite su supervivencia en ambientes adversos.

Estomas: Abertura regulada en la epidermis de la planta para el paso de gases y vapor de agua.

Estructuras somáticas: cuerpo vegetativo de un organismo, que lleva funciones de asimilación y crecimiento; se distingue de los órganos reproductores por su morfología y fisiología.

Fungicida: compuesto tóxico para los hongos.

Forma especial (f. sp.): grupo de biotipos de una especie de un patógeno que sólo puede infectar a plantas que pertenecen a cierto género o especie de hospedante.

Hospedante: organismo (una planta, un animal o un hongo) del cual un parasito obtiene su alimento, ya sea interna o externamente. También se dice hospedador y hospedero.

Inóculo: Patógeno, o sus partes, responsables de producir enfermedad.

Mesófilo: tejido central de la hoja interno y no vascular que está constituido por tejido mesofilico esponjoso en empalizada.

Microsclerocios: grupo pequeño de células oscuras con pared más o menos engrosada, cada una de las cuales es viable y puede formar un tubo germinal o hifa. Los microsclerocios se pueden formar tanto en condiciones normales como en medios de cultivo, y son característicos de muchos hongos asexuales.

Patógeno: organismo o agente que causa enfermedad en otro organismo.

Patogenicidad: capacidad que tiene un patógeno para producir una enfermedad.

Peritecio: cuerpo fructífero de los hongos, globular o con forma de matraz, que produce ascospora.

Picnidio: cuerpo fructífero fúngico asexual, globoso con forma de frasco, que producen conidias.

Raza: Subgrupo o biotipo dentro de una especie o variedad que se distingue por su comportamiento (por ejemplo, diferencia en virulencia, expresión sintomática o, hasta cierto punto, tipo de huésped), pero no por su morfología.

Resistencia: (adj. resistente): propiedad del huésped que previene o impide la infección o el desarrollo de la enfermedad.

Síntoma: Indicación de enfermedad por reacción del huésped.

Subespecie (Subsp): categoría taxonómica intermedia entre la especie y la variedad.

Tubo germinativo: Hifa resultante de un mayor crecimiento de la pared de una espora y/o del citoplasma.

Variedad: grupos en que se dividen algunas especies y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres muy secundarios, aunque permanentes.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación fue financiado por la Fundación Produce Nayarit, A.C. Agradecemos a los productores por facilitar sus huertas de tomate para la toma de muestras. También se agradece el apoyo técnico de los T.S.U. Pedro García Morales y Lluvia Vanessa Herrera Mancillas, así como al Ing. José Alberto Calvillo Márquez.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Academic Press, U.S.A. 922 p.
- Anith, K. N., Momol, M. T., Kloepper, J. W., Marois, J. J., Olson, S. M., and Jones, J. B. 2004. Efficacy of plant growth-promoting rhizobacteria, acibenzolar-S-methyl, and soil amendment for integrated management of bacterial wilt on tomato. *Plant Dis.* 88:669-673.
- Blancard, D. 2005. Enfermedades del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- BC Greenhouse Growers' Association. 2007. Management Strategies for *Pythium* Diseases of Greenhouse Vegetable Crops in British Columbia. Disponible en <http://www.agf.gov.bc.ca/cropprot/pythium.htm> (revisado 28 de julio. 2011).
- Edmunds, B. A., and M. L. Gleason. 2003. Perennation of *Sclerotium rolfsii* var. *delphinii* in Iowa. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2003-1201-01 RS.

Everts, K. L. and X. G. Zhou. 2009. Field evaluation of fungicides for control of Fusarium wilt of watermelon in Delaware. Plant Disease Management Reports 3:V097. Online publication. doi:10.1094/PDMR03.

Graves, A. S., and S. A. Alexander. 2002. Managing bacterial speck and spot of tomato with acibenzolar-S-methyl in Virginia. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2002-0220-01-RS.

Hagan, A. K., and W. S. Gazaway. 2000. Southern Blight on Flowers, Shrubs, and Trees. Disponible en <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0713/ANR-0713.pdf> (revisado 25 de julio. 2011). Alabama Cooperative Extension System. Alabama A&M University and Auburn University.

Hagan, A. 2004. Southern Blight on Flowers, Shrubs, and Trees. Disponible en <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1157/ANR-1157.pdf>. (revisado 22 de julio. 2011).

Alabama Cooperative Extension System.
Alabama A&M University and Auburn University.

Jones, J.B., R. E. Stall, T. A. Zitter. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. 74 p.

Kado, C, I. 2010. Plant bacteriology. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 336 p.

Kalb, T. 2004. Tomato diseases: bacterial wilt. AVRDC Publication 04-611. Shanhua, Tainan , AVRDC - The World Vegetable Center.

Kalb, T. 2005c. Tomato diseases: southern blight. AVRDC Publication 05-631. Shanhua, Tainan , AVRDC - The World Vegetable Center.

Koike, S. T., P. Gladders, and A. O. Paulus. 2007. Vegetables Diseases (A color handbook). Academic Press, USA. 448 pp.

- Lemessa, F., and W. Zeller. 2007. Screening rhizobacteria for biological control of *Ralstonia solanacearum* in Ethiopia. *Biological Control* 42: 336-344.
- Louws, F.J., J.G. Driver, L.M. Blackwell, and W.C. Batten. 2002. Evaluation of host resistance, plant activators, biologicals and fumigants to manage tomato bacterial wilt. *B&C Tests Vol 18:PT016*. Online publication. doi:10.1094/BC17.
- Mantecón, J. D. 2007. Potato yield increases due to fungicide treatment in Argentinian early blight (*Alternaria solani*) and late blight (*Phytophthora infestans*) field trials during the 1996-2005 seasons. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2007-0202-01-RS.
- Martin, H., J. Thomas, and D. Persley. 2010. Tomato. p. 245-274. *In* Persley et al (ed.) *Diseases of vegetable crops in Australia*. CSIRO Publishing.
- Momol, T. and K. Pernezny. 2006. 2006 Florida Plant Disease Management Guide: Tomato. Publication PDMG-V3-53. Florida Cooperative

- Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Momol, T., J. Pingsheng, K. Pernezny, R. McGovern, and S. Olson. 2008. Three soilborne tomato diseases caused by *Ralstonia* and *Fusarium* species and their field diagnostics. Publication PP 52. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Mullen, J. 2001. Southern blight, Southern stem blight, White mold. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-0104-01
- Nitzsche, P. and Wyenandt, A. 2005. Diagnosing and controlling fungal diseases of tomato in the home garden. Publication Number FS547. Rutgers NJAES Cooperative Extension, The State University of New Jersey.
- Pernezny, K., P. D. Roberts, J. F. Murphy, and N. P. Goldberg. 2003. Compendium of pepper diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 63 p.

- Pernezny, K. and Zhang, S. 2008. Bacterial speck of tomato. Publication PP-10. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Persley, D., T. Cooke, S. House. 2010. Diseases of Vegetable Crops in Australia. CSIRO Publishing. 304 p.
- Rideout, S. L., Brenneman, T. B., and Culbreath, A. K. 2002. Peanut disease management utilizing an in-furrow treatment of azoxystrobin. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2002-0916-01-RS.
- Roberts, P. D., and R. D. French-Monar. 2007. Disease management: Pythium Damping-off, Root Rot and Stem. Disponible en http://ipm.ifas.ufl.edu/resources/success_stories/T&PGuide/pdfs/Chapter5/Pythium.pdf. (revisado 21 de julio. 2011).
- Sally, A. M., and J. R. Mera. 2009. Evaluation of fungicides and bactericides for the control of foliar and fruit diseases of processing tomatoes,

2008. Plant Disease Management Reports 3:V008. Online publication. doi:10.1094/PDMR03.

Sanders, H. and D.B. Langston. 2009. Evaluation fungicide drench treatments for the control of Fusarium wilt of watermelon in Georgia. Plant Disease Management Reports 3:V155. Online publication. doi:10.1094/PDMR03.

Sistema de Información Agrícola Pesquera (SIAP) 2010 Cierre de la producción agrícola por estado.http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. (Revisado el 5 de septiembre de 2011).

Sistema Estatal de Monitoreo Agro-Climático de Nayarit (SEMAC). 2011. Análisis estadístico. Disponible en <http://www.climanayarit.gob.mx/estadistico.php>. (revisado 3 de julio. 2011).

Schumann, G. L. and D'Arcy. 2006. Essential plant pathology. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 338 p.

Sherf, A. 2011. Verticillium wilt of tomato. Disponible en http://vegetablemndonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Tomato_Verticillium.htm (revisado 26 de julio. 2011). Cooperative Extension, New York State, Cornell University.

Sikora, E. J. 2009. Wilt Diseases of Tomatoes. Disponible en <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0797/ANR-0797.pdf>. (revisado 22 de julio. 2011). Alabama Cooperative Extension System. Alabama A&M University and Auburn University.

Sikora, E. 2011. Home Garden Vegetables: Disease and Nematode Control Recommendations for 2011. Disponible en http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0500-B/VOL2_2011/home_vegetable_disease.pdf. (revisado 22 de julio. 2011). Alabama

- Cooperative Extension System. Alabama A&M University and Auburn University.
- UC Statewide IPM Program. 2009. Pest management guidelines: tomato. Disponible en <http://www.ipm.ucdavis.edu/PDF/PMG/pmgtomato.pdf> (revisado el 5 de julio. 2011). University of California, Davis.
- Vallad, G., P. Roberts, T. Momol, and K. Pernezny. 2011. Powdery Mildew on Tomato. Publication PP-191. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Vidaver, A.K. and P.A. Lambrecht. 2004. Bacteria as plant pathogens. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0809-01.
- Wyenandt, A., W. Kline, and A. J. Both. 2006. Important diseases of tomatoes grown in high tunnels and greenhouses in New Jersey. Publication Number FS358. Rutgers NJAES Cooperative Extension, The State University of New Jersey.

- Wyenandt, C. A., S. L. Rideout, K. L. Everts, R. P. Mulrooney, and N. L. Maxwell. 2009. Development of a fungicide resistance management guide for vegetable growers in the Mid-Atlantic states. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2009-0316-01-MG.
- Wyenandt, C. A., S. L. Rideout, B. K. Gugino, M. T. McGrath, K. L. Everts, and R. P. Mulrooney. 2010. Fungicide resistance management guidelines for the control of tomato diseases in the mid-Atlantic and northeast regions of the United States. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2010-0827-01-MG.
- Zhang, S., P. D. Roberts, R. J. McGovern, and L.E. Datnoff. 2011. Fusarium Crown and Root Rot of Tomato in Florida. Publication PP-52. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Zitter, T. A. and J. L. Drennan. 2007. Fungicides for controlling early and late blight in tomato. Plant

Disease Management Reports 1:V001. Online publication. doi:10.1094/PDMR02.

Zitter, T. A. 2011. Bacterial diseases of tomato. Disponible en http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Tomato_Bacterial.htm (revisado 22 de julio. 2011). Cooperative Extension, New York State, Cornell University.

APÉNDICE

Cuadro 3. Fungicidas, bactericidas e inductores de resistencia para el control y manejo de las principales enfermedades del tomate.

Enfermedades	Ingredientes activos																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	X	X			X							X	X										
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	X	X			X						X		X	X									
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	X	X			X						X		X	X									
<i>Ralstonia solanacearum</i>														X	X								
<i>Sclerotium rolfsii</i>																X			X	X			
<i>Fusarium oxysporum</i>	X																			X	X	X	
<i>Alternaria solani</i> y <i>Alternaria</i> sp.	X	X	X	X							X		X			X	X	X					X
*Riesgo de resistencia	B	B	B	B	B	M	A	B-M	A, B-M	A, B-M	M	M	B, B-M	B	B	A	A	A	B-M	B	A	B	M
**Código FRAC	P	M1	M5	M3	M1+M3	3	4	28	4+M5	4+M3	7	24	M3+22	ind	44	11	11	11	14	bio	1	29	3

Riesgo de resistencia:** (A)= alta, (M)= media, (B)= baja; (B-M)= baja-media; *FRAC (Fungicide Resistance Action Committee)**= Productos con igual letra presentan mecanismos de acción similares, por lo que se debe evitar mezclarlos entre sí, ya que puede haber resistencia cruzada.

.....Continuación Cuadro 3

Enfermedades	Ingredientes activos																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<i>Colletotrichum</i> spp.		X	X	X									X			X	X	X									
<i>Stemphylium solani</i>		X	X	X												X		X									
<i>Leveillula taurica</i>				X		X										X		X									
<i>Pythium</i> spp							X	X																			
<i>Phytophthora infestans</i>		X	X	X				X	X	X						X	X	X							X	X	X
*Riesgo de resistencia	B	B	B	B	B	M	A	B-M	A, B-M	A, B-M	M	M	B, B-M	B	B	A	A	A	B-M	B	A	B	M	A	B-M	B	

***Riesgo de resistencia: (A)= alta, (M)= media, (B)= baja; (B-M)= baja-media; **FRAC (Fungicide Resistance Action Committee)= Productos con igual letra presentan mecanismos de acción similares, por lo que se debe evitar mezclarlos entre sí, ya que puede haber resistencia cruzada.**

LISTA DE INGREDIENTES ACTIVOS

1= acibenzolar-s-metil
(inductor de resistencia)

2= hidróxido de cobre

3= clorotalonil

4= mancozeb

5= cobre+mancozeb

6= myclobutanil

7= metalaxyl

8= propamocarb

9= metalaxyl+clorotalonil

10= metalaxyl+mancozeb

11= boscalid

12= kasugamicina

13=mancozeb+zoaxamide

14= harpin (inductor de
resistencia)

15= *Bacillus subtilis*
(biológico)

16= azoxystrobin

17=trifloxystrobin

18= pyraclostrobin

19= PCNB

20: *Trichoderma harzianum*
(biológico)

21= tiofanato metílico

22= fluazinam

23= tebuconazol

24= famoxadona

25= cymoxanil

26= dimetomorf

COORDINACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Luis Enrique Fregoso Tirado

REVISIÓN TÉCNICA

Orozco Santos Mario

Gutiérrez García Celestino

EDICIÓN

Rafael Gómez Jaimes

DISEÑO Y FORMACIÓN

Rafael Gómez Jaimes

FOTOGRAFÍAS

Rafael Gómez Jaimes

CODIGO INIFAP

MX-0-310803-79-05-24-09-19

Personal Investigador del Campo Experimental Santiago Ixcuintla

MC. Luis Enrique Fregoso Tirado

**Director Estatal y Jefe del Campo Experimental Santiago
Ixcuintla**

M.C. Feliciano Gerardo Balderas Palacios	Cocotero y Hortalizas
M.C. Jorge Armando Bonilla Cárdenas	Bovinos Leche y Ovinos
M.C. Aurélio Borrayo Zepeda	Bovinos Carne
M.C. José de Jesús Bustamante Guerrero	Nutrición Animal-Rumiantes
M.C. Jesús Alberto Cárdenas Sánchez	Ovinos y Transferencia de Tecnología
Dr. Luis Eduardo Cossio Vargas	Frutales Tropicales y Subtropicales
Dr. Rafael Gómez Jaimes	Sanidad Vegetal
Dra. Irma Julieta González Acuña	Agrosistemas Tropicales
Ph.D. Isidro José Luis González Durán	Modelos de Simulación y Monitoreo Agroclimático
M.C. Carlos González Rivas	Frijol y Hortalizas
Dr. Luis Martín Hernández Fuentes	Entomología Agrícola
Ph.D. Filiberto Herrera Cedano	Pastizales y Recursos Forrajeros
Ing. Jaime Gustavo López Arriaga	Transferencia de Tecnología
Ph.D. Guillermo Martínez Velázquez	Mejoramiento Genético de Bovinos Carne
Ing. Leocadio Mena Hernández	Pastizales y Recursos Forrajeros
Ing. Yolanda Nolasco González*	Inocuidad de Frutales y Hortalizas
Ph.D. Jorge Alberto Osuna García	Postcosecha e Inocuidad
M.C. José Antonio Palacios Fránquez	Bovinos Carne
M.C. María Hilda Pérez Barraza	Frutales Tropicales
Ing. Raúl Plascencia Jiménez	Pastizales y Recursos Forrajeros
M.C. J. Vidal Rubio Ceja	Nutrición y Transferencia de Tecnología
Ph.D. Samuel Salazar García	Frutales Tropicales y Subtropicales
Ing. Roberto Sánchez Lucio	Inocuidad Alimentaria
Ph.D. Mario Alfonso Urias López	Entomología
M.C. Jesús Valero Garza	Agricultura Orgánica
Ph.D. Víctor Antonio Vidal Martínez	Mejoramiento en Maíz y Sorgo
Ph.D. José Francisco Villanueva Avalos	Pastizales y Recursos Forrajeros
*Cursa estudios de Maestría	

Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro

Dr. Keir Francisco Byerly Murphy

Director Regional

Dr. Gerardo Salazar Gutiérrez

Director de Investigación

M.C. Primitivo Díaz Mederos

Director de Planeación y Desarrollo

Lic. Miguel Méndez González

Director Administrativo

Campo Experimental Santiago Ixcuintla

M.C. Luis Enrique Fregoso Tirado

Director de Coordinación y Vinculación Estatal en Nayarit
y Jefe del Campo Experimental Santiago Ixcuintla

T.S.U. Eulises Escobedo Rodríguez

Jefe Administrativo

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes
de Diciembre de 2011 en los Talleres de PT SOLIN S. A. DE C. V.
Volcán Ajusco 502, Coli Urbano. C. P. 45070.
Zapopan, Jalisco

Su tiraje constó de 500 ejemplares



Vivir Mejor

www.gobiernofederal.gob.mx

www.sagarpa.gob.mx

www.inifap.gob.mx



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias