

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Ficha Técnica No. 23

Roya asiática de la soya *Phakopsora pachyrhizi* Sydow



Fotografías: Yoshitaka Ono, Weerasak Saksirirat (Khon Kaen University), Daren Mueller, Iowa State University, SENASICA.

Elaborada por:

Dr. Antonio Palemón Terán Vargas

Inifap

Actualización de:

SENASICA
Laboratorio Nacional de Referencia
Epidemiológica Fitosanitaria
LANREF - CP

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Roya asiática de la soya
***Phakopsora pachyrhizi* Sydow**

**Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad
y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)**

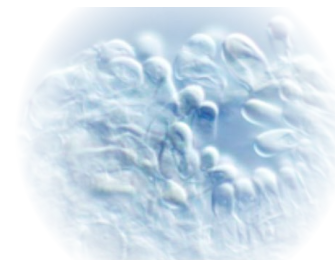
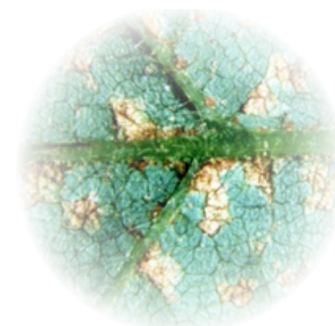
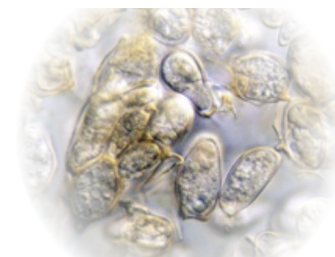
Calle Guillermo Pérez Valenzuela No. 127,
Col. Del Carmen C.P. 04100, Coyoacán,
México, D.F.

Primera edición: Julio 2013
ISBN: 978-607-715-149-4

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Contenido

IDENTIDAD	2
Nombre	2
Sinonimia.....	2
Clasificación taxonómica	2
Nombre común.....	2
Código EPPO	2
Categoría reglamentaria	2
Situación de la plaga en México.....	2
IMPORTANCIA ECONÓMICA	
DE LA PLAGA.....	2
Impacto económico de la plaga.....	2
Riesgo fitosanitario.....	3
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	
DE LA PLAGA.....	3
Distribución nacional	3
HOSPEDANTES	3
ASPECTOS BIOLÓGICOS	8
Ciclo de vida.....	8
Descripción morfológica.....	9
Síntomas	10
ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS	12
Epidemiología de la plaga	12
Dispersión	12
Métodos de diagnóstico.....	13
MEDIDAS FITOSANITARIAS	13
Esquema de Vigilancia	
Epidemiológica Fitosanitaria	13
Alerta fitosanitaria	15
Regulatorias.....	15
Protección	15
BIBLIOGRAFÍA	19



DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

IDENTIDAD

Nombre

Phakopsora pachyrhizi Sydow

Sinonimia

Phakopsora sojae (Hennings) Sawada

Phakopsora vignae Arthur

Uredo sojae Hemmings

Uromyces sojae Miura

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucaryota

Reino: Fungi

Phylum: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycotina

Subclase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Familia: Phakopsoraceae

Género: *Phakopsora*

Especie: *Phakopsora*
pachyrhizi

Nombre común

Español	Roya asiática de la soya
Inglés	Asian soybean rust
Francés	Rouille du soja

Código EPPO:

PHAKPA (2012).

Categoría reglamentaria

Presente.

Situación de la plaga en México

Conforme a la NIMF no. 8 de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. En la cual se establecen las características para la determinación de la situación de una plaga en un área, se considera a *Phakopsora pachyrhizi* como presente en el territorio nacional sujeta a control oficial (CIPF, 1998).

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA

La roya asiática de la soya (RAS) causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi* es una de las enfermedades más destructivas de este cultivo, principalmente en regiones tropicales o subtropicales de Asia, África, Oceanía y el Continente Americano (Bromfield, 1984; Yeh, 1989; Tadashi, 2006). La reducción de la producción debida a defoliación prematura puede variar entre un porcentaje insignificante y la pérdida total si no se aplican oportunamente medidas de control (FAO, 1978).

Impacto económico de la plaga

Hartman *et al.*, (1992), indican que a nivel de campo, en Asia se presentan pérdidas que van desde el 20 al 60 %,

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

enfaticando el caso de Taiwán con 80 % de pérdidas en campos experimentales. En Zimbabue, África, se reportan pérdidas en el rendimiento del 40 a 80 %, debido a una rápida defoliación y a la ineficiencia de los fungicidas empleados (Levy, 2005).

Ogle *et al.*, (1979), realizaron un ensayo de campo en Austria, reportando pérdidas en el rendimiento de semilla del 60 a 70 % en parcelas altamente infectadas sin control químico.

Kuchler *et al.*, (1984), analizaron las posibles consecuencias económicas, en el caso que una raza virulenta del hongo *Phakospora pachyrhizi* se estableciera en EE.UU., mediante la utilización de un modelo econométrico de simulación bajo dos escenarios; ambiental y respuesta del productor. Cuyo resultado estima que las pérdidas totales para los consumidores y otros sectores de la economía de EE.UU., están previstas a exceder los 7.2 mil millones dólares/año, incluso con una estimación no tan severa del daño potencial.

Riesgo fitosanitario

En México se considera como una plaga de importancia económica y tiene distribución restringida, ya que sólo tiene reportes en algunas áreas específicas afectando al cultivo de la soya (*Glycine max*) y de jícama (*Pachyrhizus erosus*), aunque se ha reportado que este patógeno puede atacar a otras especies de la familia

botánica Fabaceae (Cuadro 1) (PVEF, 2012).

Las pérdidas económicas potenciales que representa la RAS para México, tan sólo en tres hospederos: soya, frijol y jícama, cultivos de importancia económica para el país, podrían estar por encima de los 8000 millones de pesos. (SCOPE, 2013).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLAGA

A nivel mundial, la enfermedad se ha reportado en diferentes países (Cuadro 2 y Figura 1), excepto en naciones del continente europeo donde hasta ahora no se ha registrado. (Santopietro, 2005; Du Preez *et al.*, 2005; EPPO, 2012).

Distribución nacional

La roya asiática de la soya se encuentra presente en los municipios de Ébano y Tamuín del estado de San Luis Potosí, así también en los municipios de Ocampo, González, Mante y Altamira, Tamaulipas (Figura 2) (SCOPE, 2013).

HOSPEDANTES

Dentro de la familia de las leguminosas existen casi 100 especies potencialmente susceptibles. (Ivancovich y Botta, 2002). Los principales hospederos de la roya asiática en México se muestran en el

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Cuadro 3. Dichos hospederos se encuentran en 74.6 % del total de municipios del país, en aproximadamente 1.8 millones de ha. (Figura 3) (SINAVEF, 2010).

Cuadro 1. Resumen de producción de los principales cultivos en riesgo pertenecientes a la familia botánica Fabaceae. Cíclicos de producción 2011.

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Valor de la producción (miles de pesos)
Frijol	1 506 033.82	567 779.15	6 889 765.84
Garbanzo	88 043.41	72 142.71	647 040.32
Haba	19 863.00	9 785.16	116 026.33
Jícama	6 583.70	174 702.33	440 863.06
Soya	166 719.02	205 233.88	1 289 273.84
Total	1 787 242.95	1 029 643.23	9 382 969.39

Fuente: SIAP, 2012.

Cuadro 2. Distribución mundial de la roya asiática de la soya.

Países y zonas con reportes de roya asiática de la soya (<i>Phakospora pachyrhizi</i>)	
África	Kenia (Miles <i>et al.</i> , 2004), Ruanda, Uganda, Zambia, Zimbabwe, Mozambique, Nigeria, Sur África (APHIS, 2002; Miles <i>et al.</i> , 2003).
Asia	Japón, India (APHIS, 2002; Miles <i>et al.</i> , 2004), Rusia, Corea, China, Taiwán, Filipinas, Nepal (APHIS, 2002), Corea, Vietnam, Myanmar, Bangladesh, Camboya, Laos, Malasia, Indonesia, Filipinas (Ploper, 2004).
América	Paraguay, Brasil, Argentina (Miles <i>et al.</i> , 2004), Bolivia, Uruguay (Hernández, 2004), México (Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz) (Terán, 2007), EE.UU. (Hawaii, Louisiana, Alabama, Arkansas, Florida, Georgia, Mississippi, Missouri y Carolina del Sur) (Miles <i>et al.</i> , 2004; Santopietro, 2005).
Oceanía	Australia (Miles <i>et al.</i> , 2004).

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

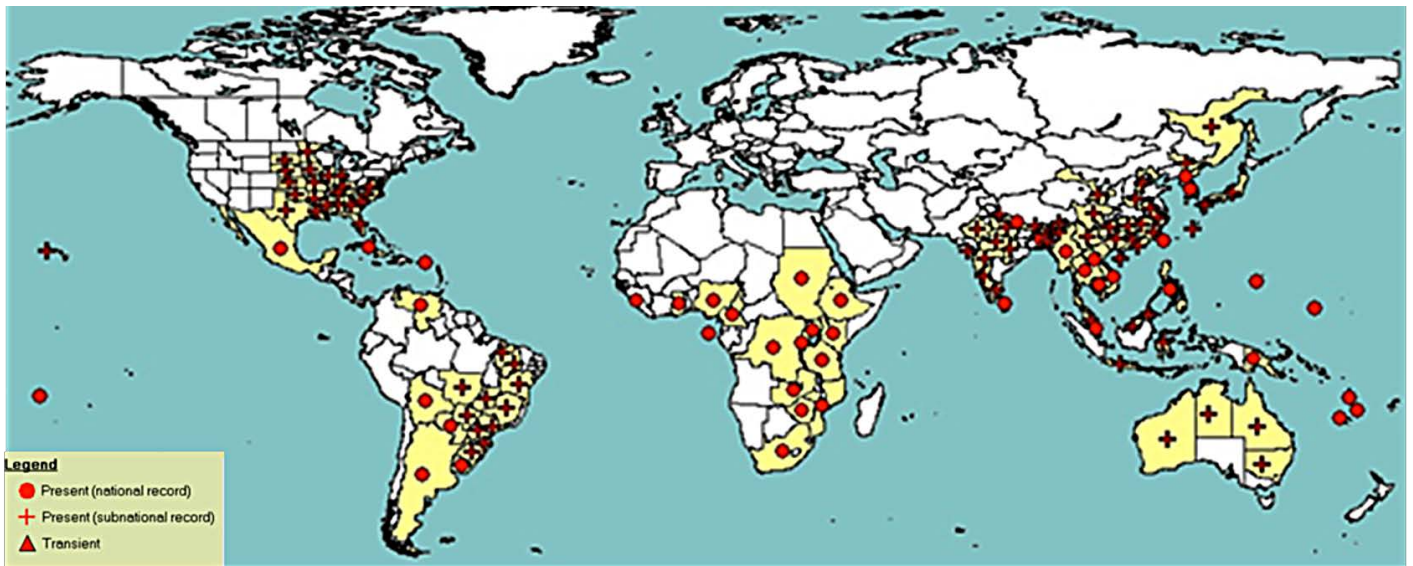


Figura 1. Distribución mundial de *Phakospora pachyrhizi*, Créditos: EPPO, 2012.

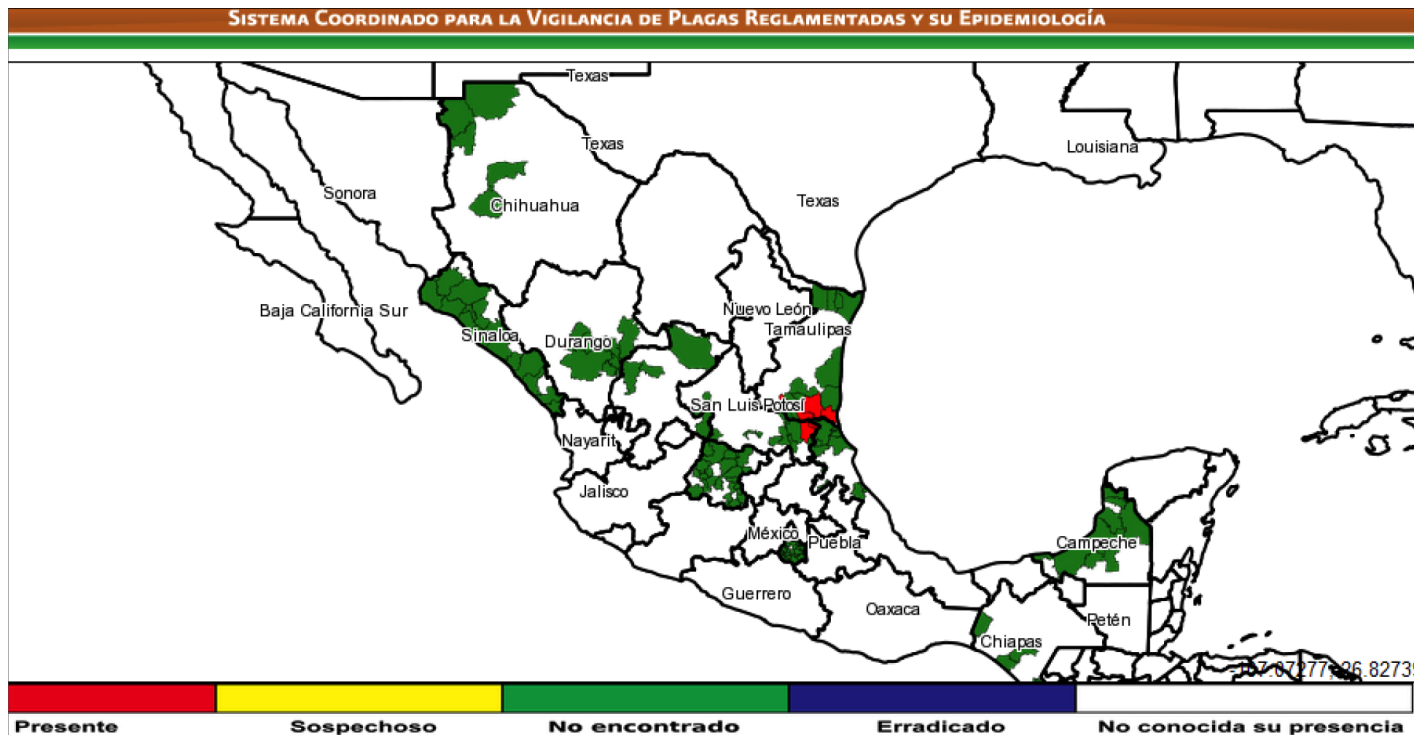


Figura 2. Distribución nacional de la roya asiática de la soya. Créditos: SCOPE, 2013.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Cuadro 3. Plantas potenciales hospederas de la enfermedad presentes en México (Miles *et al.*, 2003; Coker *et al.*, 2006; Terán *et al.*, 2007).

Familia botánica	Nombre científico	Nombre común
Fabaceae	<i>Alysicarpus glumaceus</i> *	Trébol
	<i>Alysicarpus vaginalis</i> *	Chícharo silvestre
	<i>Cajanus</i> sp.	
	<i>Cajanus cajan</i>	Chícharo silvestre
	<i>Centrosema pubescens</i>	Chícharo mariposa
	<i>Cicer arietinum</i>	Garbanzo
	<i>Crotalaria anagyroides</i> *	Manduvira o cascabelillo
	<i>Crotalaria</i> spp.	Cascabelillo
	<i>Delonix regia</i> *	Flamboyán
	<i>Desmodium</i> spp.	Carrapiceo
	<i>Desmodium triflorum</i> *	
	<i>Glycine</i> spp.	Soya
	<i>Glycine clandestina</i>	Soya
	<i>Glycine max</i>	Soya
	<i>Lablab purpureus</i> *	
	<i>Lupinus</i> spp.	Lupino amarillo
	<i>Medicago sativa</i> *	Alfalfa
	<i>Melilotus officinalis</i>	Trébol
	<i>Neonotonia wightii</i> *	
	<i>Pachyrhizus erosus</i>	Jícama
	<i>Phaseolus</i> spp.	Frijol común
	<i>Phaseolus lunatus</i>	Frijolillo
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol
	<i>Pisum sativum</i>	Chícharo
	<i>Pueraria phaseoloides</i> *	Kudzu tropical
	<i>Pueraria lobata</i>	Kudzu
	<i>Rhynchosia minima</i>	Frijolillo o hierba del papan
<i>Sesbania exaltata</i>	Sesbania	
<i>Sesbania vesicaria</i>	Trébol	
<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	
<i>Vicia faba</i>	Haba	
<i>Vigna unguiculata</i>	Caupí o sarabando	

*Especies utilizadas comercialmente como forraje.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

HOSPEDEROS POTENCIALES
Phakopsora pachyrhizi Syd. & P. Syd. / Soya de la Soya

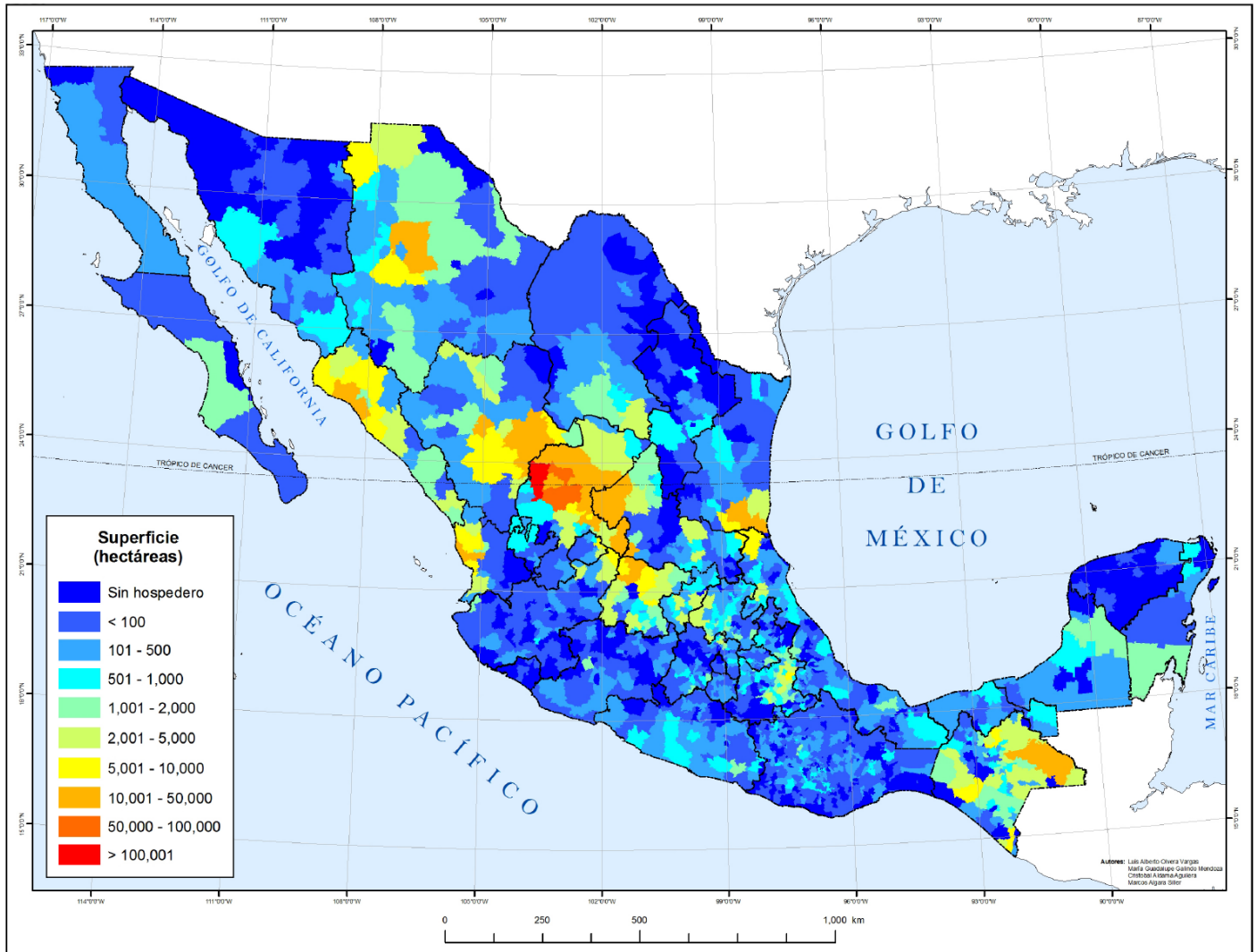


Figura 3. Distribución nacional de hospederos potenciales de *Phakopsora pachyrhizi*.
Créditos: SINAVEF-LaNGIF, 2011.

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Ciclo de vida

El proceso de infección inicia cuando las urediosporas germinan y penetran en la superficie de la hoja del hospedante, y 5 a 8 días después se desarrollan la uredia y pústulas. Las primeras urediosporas pueden producirse 9 días después de la infección, dando inicio a un nuevo ciclo del hongo en la misma planta o en plantas adyacentes (Figura 4). La uredia puede producir esporas durante aproximadamente 3 semanas, de tal manera que a partir de la infección inicial, e infecciones subsecuentes, se puede mantener la esporulación al rededor de 15 semanas (Miles *et al.*, 2004 citado por SIAFESON, 2009).

Las condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo de soya, son a su vez las condiciones más adecuadas para el desarrollo de esta enfermedad (Miles *et al.*, 2004 citado por SIAFESON, 2009).

Temperaturas de 18-25 °C, humedad relativa de 75-80 % y la presencia de rocío en la planta, son las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad, aunque Ploper (2004), señala que la germinación de las esporas puede ocurrir con temperaturas entre 8-36 °C y con un mínimo de 6 horas de rocío.

En condiciones óptimas las esporas germinan en un lapso de una a 4 horas después de haber sido dispuestas en la superficie de las hojas mientras que la penetración de éstas ocurre en 6 horas a

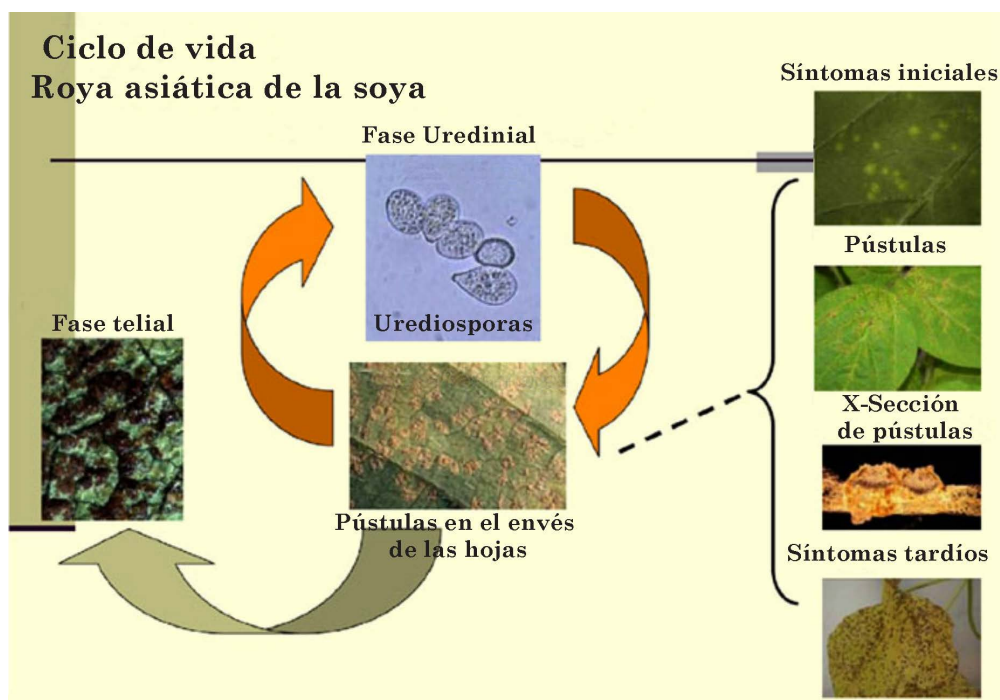


Figura 4. Esquema del ciclo biológico.

Créditos: USDA-ARS (Palm, Frederick, Tschanz).
Edición: LANREF

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

temperaturas de 20-25 °C. La mayor tasa de infección se presenta con períodos de 10-12 horas de rocío; la interrupción del rocío produce bajas tasas de infección (Hartman *et al.*, 2005). Temperaturas debajo de los 15 °C y arriba de los 28 °C, reducen el número de lesiones y hacen más lento el desarrollo de la enfermedad (Hartman *et al.*, 2005).

Se ha observado que el desarrollo de la RAS está en función del patrón de precipitación, el mayor desarrollo de la enfermedad ocurre cuando la precipitación está bien distribuida a través del período de crecimiento del cultivo, por lo que la severidad de la roya está positivamente correlacionada al número de días con lluvias durante el llenado de vainas (Tschanz, 1982; Hartman, 1995).

En condiciones favorables, la enfermedad puede alcanzar daños hasta del 90 % en tres semanas; las pérdidas dependerán del momento en que ocurre la enfermedad y del progreso de la infección. Bajo condiciones de temperatura alta y humedad relativa baja, el avance de la enfermedad es más lento (Ploper, 2004).

Las esporas germinan cuando existen temperaturas entre 18-26 °C y humedad en la superficie de la hoja (rocío) por un tiempo mínimo de 6 horas, en estas condiciones, la penetración es directa y

ocurre por los estomas, mientras que los síntomas aparecen después de 5 días de la infección y la liberación de las esporas se efectúa a los 6-7 días, durante un período de 3 semanas aproximadamente.

Descripción morfológica

La roya de la soya puede ser causada por dos hongos: la denominada forma asiática cuyo agente etiológico es *Phakopsora pachyrhizi* y la sudamericana por *Phakopsora meibomia* (Pioli, 2004).

El hongo produce 5 tipos de esporas que son basidiosporas, picniosporas, ecidiosporas, uredosporas y teliosporas, las cuales ocurren durante las diferentes etapas del ciclo de vida del hongo (Figura 5) (Formento y de Souza, 2004).

Los soros (conjunto de esporangios que contiene esporas) son de color marrón y se presentan sólo en el envés de las hojas. las telias son de diámetro de 0.15-0.5 mm, a menudo mezcladas con soros amorfos, color café claro a marrón, subepidérmicas, crustosos; teliosporas unicelulares, se disponen de forma irregular en 2-7 capas, de forma variable, angular globoso, oblongas a elipsoidales de 15-26 x 6-13 µm, con pared de 1-1.5 µm de espesor, engrosada en el ápice (3 µm), de color incoloro a marrón amarillento (Hernández, 2004).

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

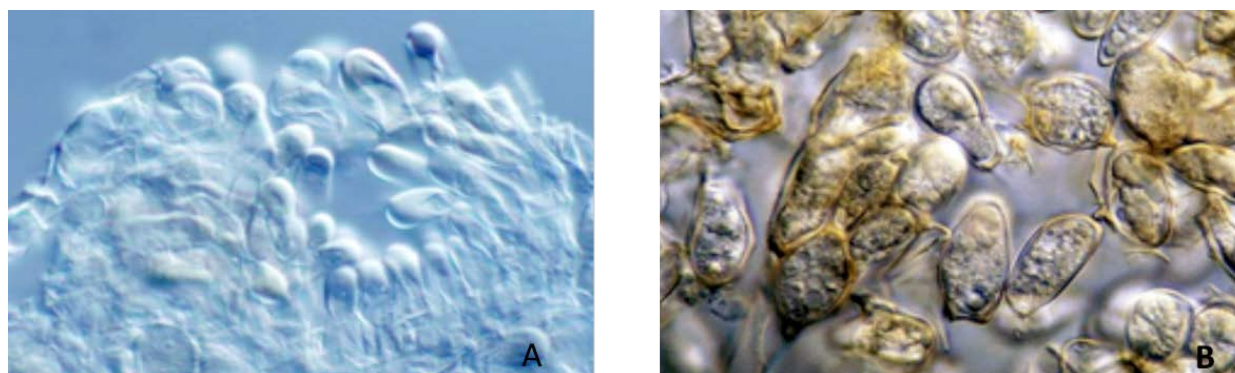


Figura 5. Estructuras reproductivas. A) Urediosporas; B) Teliosporas. Créditos: A) Yoshitaka Ono; B) Weerasak Saksirirat/Khon Kaen University.

Síntomas

Ploper y Devani (2002), señalan que los síntomas iniciales se pueden observar en las hojas inferiores de las plantas próximas o en floración, y que de acuerdo con SENASA (2010), primeramente se aprecia una decoloración amarilla en el haz de las hojas inferiores. A medida que la infección avanza, las hojas se tornan amarillentas y las lesiones se manifiestan como pústulas pequeñas de color marrón (Figura 6).

Mientras que Ploper (2004), menciona que en general los síntomas iniciales se presentan en toda la parte aérea de la planta poco antes o durante la floración y llenado de grano, primero aparecen pequeñas lesiones amarillentas con un diámetro aproximado de 1 mm en el haz de las hojas inferiores; conforme avanza la enfermedad hacia el tercio medio y

superior de la planta, las hojas se tornan amarillentas y las lesiones se manifiestan como pústulas pequeñas de color marrón-amarillento a marrón-rojizo u oscuro, visibles en el envés de las hojas al utilizar una lupa de 30X (Figura 7).

SENASA (2010), señala que las lesiones se presentan en hojas y que conforme avanza la enfermedad pueden afectar los pecíolos, tallos y vainas. Sin embargo son más abundantes en las hojas, sobre todo en el envés (Figura 8).

Los síntomas ocasionados por RAS pueden ser confundidos con otras enfermedades de la soya, como la mancha marrón (*Septoria* sp.), pústula bacteriana (*Xanthomonas* sp.) y mildiu vellosa (*Perozpora manshurica*); sin embargo, en estos casos no se observa la formación de pústulas en el envés de las hojas (Terán *et al.*, 2007).

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria



Figura 6. Síntomas de RAS en plantas de soya. A) Lesiones en hojas inferiores. Créditos: Fundação Rio Verde; B) Decoloración amarilla del haz de las hojas con pequeños puntos o pústulas de color café. Créditos: Daren Mueller, Iowa State University, Bugwood.org.



Figura 7. Síntomas de RAS en el envés de las hojas. A) lesiones color marrón. Créditos: Weerasak Saksirirat/ Khon Kaen University; B) pústulas en el envés de la hoja. Créditos: Weerasak Saksirirat/ Khon Kaen University.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

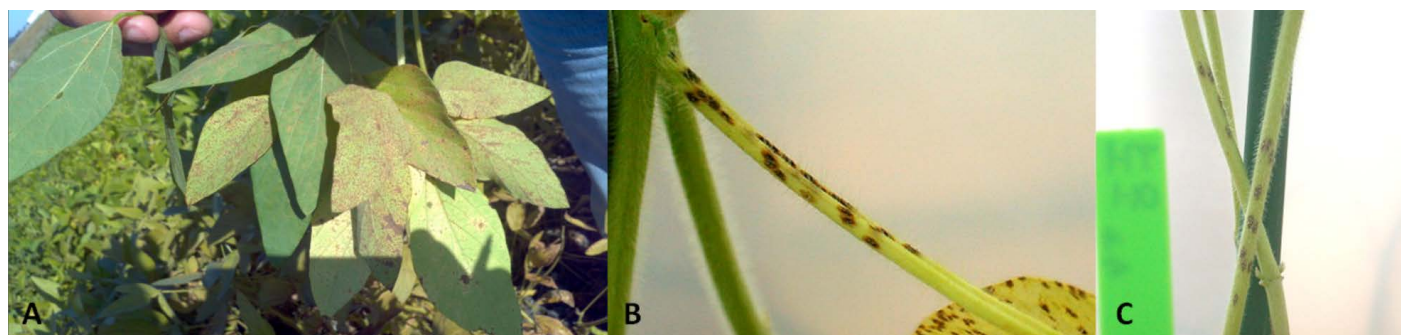


Figura 8. Síntomas causados por RAS en plantas de soya. A) Síntomas en hojas de soya. Créditos SENASICA, 2011; B) síntomas en peciolos. Créditos: USDA-ARS; C) síntomas en tallos. Créditos: USDA-ARS.

ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

Epidemiología de la plaga

La roya asiática de la soya es un hongo biotrófico (sólo pueden vivir y multiplicarse en un organismo vivo), que forma hasta 5 estructuras reproductivas diferentes. Las urediosporas constituyen las unidades de diseminación de la enfermedad y el inóculo principal, ocasionando infecciones primarias y secundarias (Formento y de Souza, 2004).

Arias (2004) plantea que las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad son las siguientes:

- La germinación de esporas ocurre con más de 6 horas de humedad foliar y temperaturas medias entre 8 y 36 °C, con un óptimo entre 16 y 24 °C.
- Para que ocurra la infección el hongo requiere de 6 horas de

humedad foliar y temperaturas medias entre 11 y 28 °C, con un óptimo de 19 y 24 °C.

- Las pústulas maduran a los 7 días después de la infección a temperaturas entre 22 y 27 °C.
- Cada 10 ó 11 días se puede producir una nueva generación de urediosporas.

Dispersión

Las urediosporas, que pueden sobrevivir hasta 50 días, son fácilmente dispersadas por el viento. Esta característica posibilita que la enfermedad pueda ser diseminada a grandes distancias (Ploper y Devani, 2002).

APHIS (2002), las esporas del agente causal se dispersan a largas distancias utilizando como principal medio de dispersión el viento. La transmisión a través de la semilla no se ha documentado.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Una cantidad considerable de esporas son liberadas si las plantas infectadas son movidas por el viento o por personas que caminen a través de áreas infectadas por roya. Las personas que realizan el muestreo, pueden transportar esporas de un área a otra. El patógeno puede sobrevivir en hospedantes silvestres alternos. En climas tropicales y subtropicales, la enfermedad puede presentarse durante todo el año y por medio de fenómenos meteorológicos dispersarse.

Métodos de diagnóstico

Las estructuras que sirven para diferenciar entre las especies de roya *Phakopsora pachyrhizi* y *Phakopsora meibomia*, son las teliosporas; sin embargo, son difíciles de encontrar. Para una identificación correcta se puede utilizar la técnica molecular Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que se realiza bajo un protocolo en laboratorio (Frederick *et al.*, 2002). La presencia de roya en campo, se puede determinar mediante el uso de tiras inmunocromatográficas, capaces de detectar la presencia del patógeno en los estadios iniciales de la infección; son diseñadas para usarse en tejido foliar (Enviro Logix, 2007).

MEDIDAS FITOSANITARIAS

Estrategias de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria

En el establecimiento de la Red de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria para detectar de manera oportuna la roya asiática de la soya, se han contemplado las siguientes acciones: Áreas de exploración, parcelas centinelas y rutas de vigilancia; las cuales deberán establecerse estratégicamente con base al comportamiento y distribución de hospedantes, las condiciones climáticas favorables a la plaga, superficie sembrada de hospedantes, biología de la plaga, etapas fenológicas del cultivo, rutas de comercialización y vías de comunicación.

Área de exploración. Se realizará en las principales zonas productoras de soya por ser el principal hospedante, teniendo en consideración otras zonas productoras de leguminosas (jícama, frijol, etc.); se efectuará una inspección visual en búsqueda de los siguientes síntomas: pequeñas lesiones amarillentas de 1 mm de diámetro en el haz de las hojas inferiores o tercio medio y superior de la planta; pústulas en el envés de las hojas del tercio inferior y medio de color marrón-amarillento a marrón-rojizo u oscuro, las cuales son fácilmente visibles en el envés de las hojas mediante el uso de una lupa de 30X. El monitoreo se realiza desde la emergencia del cultivo

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

hasta la cosecha, dando prioridad desde el inicio de la floración hasta la cosecha y cuando se presenten períodos prolongados de humedad.

La exploración se hará bajo un esquema de cinco de aros, seleccionando una unidad de inspección de 1 m², esto se podrá realizar con la ayuda de una vara de madera (1 m) la cual se coloca en la base de la planta y se va tirando hacia arriba para localizar hojas inferiores con síntomas. Cuando el predio sea de 1-5 ha, se tomarán cinco unidades de inspección, examinando un mínimo de 20 hojas del tercio inferior (5 por unidad de inspección). Cuando la superficie sea de seis o más hectáreas, se fraccionará en bloques de 5 ha, siguiendo el mismo método. De manera adicional, para los períodos de poscosecha se contemplará el monitoreo de nacencias.

Cuando el lote a explorar sea mayor a 5 ha, se deberá subdividir en secciones o lotes de máximo 5 ha; en el registro de bitácoras se deberá reportar una coordenada geográfica por cada sección o lote explorado, de tal manera que no habrá registros de áreas mayores a las 5 ha.

Parcelas centinela. Se establecerán parcelas de 10 x 20 m, dentro de áreas comerciales; se harán revisiones mediante un recorrido iniciado en la periferia de la parcela, continuando con un recorrido en

zig-zag dentro del cultivo, eligiendo de 10 a 20 sitios representativos y seleccionando una muestra por sitio; se inspeccionarán cinco plantas, sin importar el estado fenológico, de manera minuciosa. Se realizarán recorridos semanales antes de la floración (a partir del tercer nudo). Después de la floración y hasta el inicio de madurez fisiológica, los recorridos serán dos veces por semana y si se presenta alta humedad relativa para el desarrollo de la enfermedad o se detecte en regiones aledañas, deberán aumentar hasta tres veces por semana.

Rutas de vigilancia. Las rutas de vigilancia se establecen con el fin de revisar leguminosas silvestres hospedantes de la roya asiática de la soya; estará conformada por al menos 10 puntos de vigilancia. Cada punto de vigilancia estará compuesto por grupos de 1 a 5 plantas, en donde se buscará la presencia de síntomas o signos de la roya asiática de la soya, examinando un mínimo de 25 hojas del tercio inferior de cada planta.

Las plantas en cada punto de vigilancia deberán ser marcadas con algún distintivo como cintas de plástico, lazo, etc., para darle seguimiento durante el período de monitoreo. La revisión se realiza de manera catorcenal.

Las rutas de vigilancia serán diferenciadas de la siguiente manera:

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

- Clave de la ruta de vigilancia (RAS-RVx-Px), donde:

RAS = Roya Asiática de la Soya.

RV=Ruta de Vigilancia.

P=Número de Punto.

X=Número único de identificación.

- Coordenadas geográficas (grados decimales).

Alerta fitosanitaria

En adición a las acciones del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria para la detección oportuna de focos, la DGSV ha puesto a disposición la comunicación pública mediante el teléfono (01)-800-98-79-879 y el correo electrónico alerta.fitosanitaria@senasica.gob.mx

Regulatorias

La operación del programa se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001, por la cual se establecen las disposiciones para el manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos (DOF, 2001).

Conocer el comportamiento del cultivo de soya, en lo que se refiere a la fecha en que ocurre su período más crítico frente a la plaga, y prestar atención a las

condiciones ambientales favorables para su manifestación, constituyen una herramienta a tener en cuenta en el manejo de dicho hongo (Arias, 2004).

Protección

Control cultural

Las estrategias de control cultural recomendadas durante y después de la siembra son requeridas para controlar el desarrollo de la enfermedad, se sugiere sembrar en surcos de 76 a 80 cm de separación y a densidades de 19 (Huasteca 100, 300 y 400) y 15 (Huasteca 200) plantas por metro lineal, se deben evitar densidades de más de 250 000 plantas/ha (Terán *et al.*, 2007) y la identificación y destrucción de plantas hospederas y de nacencia de la soya después de la trilla del ciclo (González, 2008). Ploper y Devani (2002), señalan que la eliminación de malezas puede reducir los niveles de inóculo del hongo.

Otra medida recomendada es mantener buenos niveles de fósforo en el suelo disminuyendo así la incidencia de la roya (Ploper y Devani, 2002). Asimismo, en aquellas zonas con riego, es preferible regar durante el mediodía, para facilitar el secado de las hojas, o bien durante la noche, para no extender el número de horas de rocío (Ploper y Devani, 2002).

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Se han establecido fechas de siembra y se recomiendan variedades desarrolladas por el campo experimental de las Huastecas del INIFAP, esto último debido a que la severidad de la enfermedad dependerá de la variedad utilizada, entre otros factores. Se recomienda sembrar primero la variedad Huasteca 200, después la 300, 100 y por último la Huasteca 400; estas cuatro variedades deben sembrarse antes del 20 de julio para evitar aplicaciones de fungicidas en el período de llenado de grano (Terán *et al.*, 2007).

Control Biológico

El hongo *Ulocladium* (*Ulocladium*) y los virus capaces de infectar a las royas causadas por el género *Puccinia*, son agentes de control biológico potenciales para el manejo de *P. pachyrhizi*, según INPAG, 2002, citado por Formento, 2004).

Control Químico

El control químico es el método más utilizado para el manejo de esta enfermedad, recomendándose la aplicación de fungicidas al follaje cuando se detecten los primeros síntomas o se presenten las condiciones favorables para su desarrollo (Gálvez *et al.*, 2006).

El momento de la aplicación de los fungicidas dependerá de que se presenten las

condiciones climáticas favorables para la enfermedad, la presencia y severidad de la misma, la edad de las plantas y por la eficiencia del fungicida seleccionado (Yorinori *et al.*, 2004). Por otra parte, la eficiencia de control dependerá del momento de la aplicación, la sistematicidad y eficiencia del fungicida, el equipo de aplicación, tipo de aplicación (terrestre o aérea), boquillas utilizadas, volumen de agua, tamaño de las gotas y las condiciones climatológicas al momento de la aplicación (Yorinori *et al.*, 2004). (Cuadro 4).

Muchos fungicidas se han evaluado para el control de la roya asiática de la soya. El grupo de los triazoles incluye productos como el myclobutanil, propiconazole, tebuconazole y tetraconazole, los cuales tienen cierta actividad sistémica, y matan el hongo una vez que infecta los tejidos de la planta, por lo que se consideran como curativos; se mueven con rapidez a través de la hoja, pero tienen una residualidad corta. El grupo de las estrobilurinas incluye al pyroclostrobin y al azoxistrobin, los cuales también presentan cierta actividad sistémica, no son absorbidas tan rápido como los triazoles y se mueven más lento, su actividad es preventiva, por lo que una vez presente la enfermedad pueden ser usados en combinación con un triazol. (Miles *et al.*, 2004; Giesler y Weissling, 2006). (Cuadro 4).

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Cuadro 4. Fungicidas autorizados por la COFEPRIS como uso temporal para el control de roya de la soya *Phakospora pachyrhizi* en México, para el ciclo P-V 2007 -2008

Nombre comercial	Registro en México	Dosis	Intervalo de seguridad
Azoxystrobin (BANKIT 25 SC)	RSCO-FUNG- 0386-301-064-024	0.750 L/ha (0.25L/ha en mezcla con 0.25L de cyproconazole)	0 días
Cyproconazole (ALTO 100 SL)	RSCO-FUNG- 0373-303-052-009	0.5L/ha (0.25L/ha en mezcla con 0.25L de azoxystrobin)	30 días
Fluriadol (POINTER 125 SC O FLUTRIAFOL 125 SC)	RSCO-FUNG- 0301Y-301-054-012	0.4-0.6 L/ha	28 días
Pyradostrobin (HEADLINE)	RSCO-FUNG- 00010-301-009-024	300 mL/ha	15 días
Epoxiconazol (OPUS)	RSCO-FUNG- 0071-301-034-012	200 mL/ha	15 días
Tebuccnazole (FOLICUR 250 EW)	RSCO-FUNG- 0349-302-015-025	300 -500 mL/ha	30 días
Myclobutanil (RaLLY 40W o EAGLE 40W)	RSCO-FUNG- 0351-001-002-040	228 g/ha	1 día
Propiconazol (PROSAN 250 CE)	RSCO-FUNG- 0333-306-009-026	0.5 L/ha	30 días

En Brasil, en áreas con alta severidad de la enfermedad se recomienda iniciar las aplicaciones cuando el cultivo inicia la floración y luego dos aplicaciones posteriores con intervalos de 21 días (Balardín, 2004). En África se encontró que con tres aplicaciones se obtienen los mejores resultados (Levy, 2005); en Paraguay los mejores resultados se obtuvieron al utilizar estrobilurinas solas o en mezcla con triazoles (Terán *et al.*, 2007).

Lo más conveniente es la aplicación de la mezcla de un fungicida preventivo con

un curativo. De requerirse una segunda aplicación ésta deberá hacerse en un período entre los 20 y 25 días después de la primera aplicación, de manera que se tendría un período de protección alrededor de 50 días, con lo que se protegería el período desde floración a madurez fisiológica de cualquiera de las variedades recomendadas para el trópico mexicano, Huasteca 100, Huasteca 200, Huasteca 300 y Huasteca 400 (Terán *et al.*, 2007). La correcta aplicación de los fungicidas es fundamental para el éxito en el manejo de la enfermedad. En virtud

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

de que el objetivo de la aplicación es tener una cobertura considerable de la planta y depositar la cantidad suficiente de producto para controlar la enfermedad, la cantidad de agua a utilizar por hectárea es de gran importancia, así como la calibración del equipo de aplicación (Cuadro 5). El tipo de boquilla y presión, así como el momento del día en que se aplica (Terán *et al.*, 2007).

En aplicaciones terrestres se sugiere usar de 150 a 200 L de agua/ha y en aplicaciones aéreas como mínimo 60 L/ha, aunque se ha observado que las aplicaciones aéreas son menos eficientes que las aplicaciones terrestres. De acuerdo

con trabajos realizados en Argentina, las boquillas de cono hueco (TX10) con un volumen de aplicación de 150 L de agua/ha y presión de 50 libras/pulgada cuadrada fueron las más adecuadas (Gálvez *et al.*, 2005).

Con el fin de mejorar la cobertura del producto se sugiere la utilización de un producto dispersante. Por otra parte, es recomendable realizar las aplicaciones en las primeras horas del día, para evitar las horas de mayor calor y menor humedad ambiental, así también debe evitarse hacer aplicaciones con vientos fuertes que causen arrastre del producto (Terán *et al.*, 2007).

Cuadro 5. Productos y dosis recomendados para el control de la roya asiática en soya durante el ciclo P -V 2009 en las Huastecas.

Fungicida y dosis por hectárea	Período probable de protección (días después de la aplicación)	Incremento de rendimiento esperado con respecto a un testigo sin tratar (%)
Triazoles		
Alto 100 SL, 0.5 L ² (Cyproconazole)	62	52
Folicur 250 EW, 0.3 L ¹ (Tebuconazole) ²	62	36
Folicur 250 EW, 0.5 L ¹ (Tebuconazole) ²	62	61
Opus, 0.2 L ¹ (Epoconazole) ²	47	27
Opus, 0.4 L ¹ (Epoconazole) ²	53	51
Pointer 125 SC, 0.4 L ¹ (Flutriafol) ²	63	74
Pointer 125 SC, 0.6 L ¹ (Flutriafol) ²	63	68

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Fungicida y dosis por hectárea	Período probable de protección (días después de la aplicación)	Incremento de rendimiento esperado con respecto a un testigo sin tratar (%)
Estrobilurinas		
Bankit 25 SC, 0.25 L ¹ (Azoxystrobin) ²	43	25
Bankit 25 SC, 0.75 L ¹ (Azoxystrobin) ²	43	22
Headline, 0.3 L ¹ (Pyraclostrobin) ²	43	29
Headline, 0.5 L ¹ (Pyraclostrobin) ²	43	24
Mezclas		
Opus, 0.2 L ¹ + Headline, 0.3 L ¹ (Epoconazole + Pyraclostrobin) ²	47	68
Alto 100 SL, 0.25 L ¹ + Bankit 25 SC, 0.25 L ¹ (Cyproconazole + Azoxystrobin) ²	53	34
Pointer 125 SC, 0.5 L ¹ + Headline, 0.3 L ¹ (Flutriafol + Pyraclostrobin) ²	67	69
Pointer 125 SC, 0.5 L ¹ + Bankit 25 SC, 0.5 L ¹ (Flutriafol + Azoxystrobin) ²	62	76

¹Nombre Común ²Nombre Comercial

BIBLIOGRAFÍA

- APHIS.** 2002. Animal and Plant Health Inspection Service APHIS. NPGA Data: *Phakopsora pachyrhizi* australasian Soybean Rust. 1-14 p. Available in: www.aphis.usda.gov (09/12/2002).
- Arias, N.** 2004 Condiciones ambientales predisponentes para la roya asiática de la soja en el este de Entre Ríos. INTA-EEA Centro Regional Entre Ríos. 29: 13-17.
- Bromfield, K.R.** 1984. Soybean Rust. Monograph II. St. Paul, Mn, U.S.A. American Phytopathological Society.
- CIPF.** 1998. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, Determinación de la situación de una

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

- plaga en un área. Publicación no. 8. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) de las Naciones Unidas.
- Coker, C., K. Hurst, T. Kirkpatrick, J. Rupe, C. Tingle y M. Trent.** 2006. Asian Soybean Rust. University of Arkansas Cooperative Extension Service Printing Services. 1-8 p.
- DOF.** 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001 “Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos”. Consultado en línea el 19 de noviembre de 2012: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=752051&fecha=23/08/2011.
- Du Preez, E., N. Van Rij, K. Lawrence, M. Miles y R. Frederick.** 2005. First Report of Soybean Rust (*Phakopsora Pachyrhizi*) on Dry Beans in South Africa. Plant Disease 89:206.
- EPPO.** 2012. European and Mediterranean Plant Protection Organization. Consultado en línea el 2 de septiembre de 2012 en: <http://www.eppo.int>
- EnviroLogix.** 2007. QuickStix Kit para la roya de la soja. Catálogo AS 107 LT. 5pp.
- FAO.** 1978. La Producción de Soja en los Trópicos. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal, No.4 Roma, Italia.
- Frederick, R. D., Snyder, C. L., Peterson, G. L., y Bonde, M. R.** 2002. polymerase chain reaction assays for the detection and discrimination of the soybean rust pathogens *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia*. Phytopathology, 92: 217-227 (Abstr.).
- Formento, A.N. y J. de Souza.** 2004. Hospedantes de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*). INTA-EEA Centro Regional Entre Ríos. 29:10-12.
- Gálvez M.R., H.F. Vinciguerra, W. Rodríguez, S. Sebaté, E.A. Soldini, M.A. Devani, I.L. Olea y L.D. Ploper.** 2005. Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al control de la roya de la soja. Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombes”, Tucumán Argentina. Publicación especial N° 27. 12 pp.
- Gálvez M.R., L.D. Ploper, V. González, A. Rojas, S. Ruiz, W. Rodríguez y M.R. Devani.** 2006. Evaluación de fungicidas para el control de la roya de la soja en Tucumán durante la

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

- campana 2005/06. Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombres”, Tucumán Argentina. Actas del Mercosaja. 419-422 p.
- Giesler J.L.** y T.J. Weissling. 2006. Fungicides to manage soybean rust: What are the differences. NebGuide. University of Nebraska. NebFact Series No. NF634. UNL/Cooperative Extension Service. 4p.
- González G.R.** 2008. La roya asiática de la soja: una nueva amenaza fitosanitaria. ANIAME. Disponible en: http://portal.aniname.com/imp_144.shtml (21/03/2010).
- Hartman G.L.,** Wang T.C., Hymowitz T. 1992. Sources of resistance to soybean rust in perennial *Glycine* species. Plant Disease, 76(4):396-399.
- Hartman, G.L.** 1995. Highlights of soybeans rust research at an Assian vegetable research and development center. In proceeding of the soybean. Rust Workshop. Sinclair, J.B. and Hartman, G. L. (eds) Urbana IL 9-11 august 1995. Vol. I College of agricultural. Consumer and environmental Sciences. National Soybean Research Laboratory. Pp. 19-28.
- Hartman, G.L.,** M.R. Miles, y R.D. Frederick. 2005. Breeding for resistance to soybean rust. Plant Dis. 89:664–666.
- Hernández J.R.** 2004. Invasive Fungi. Asian soybean rust. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Disponible en: <http://nt.ars-grin.gov/sbmlweb/fungi/index.cfm> (21/03/2010).
- Ivancovich, A.** y Botta, G. 2002. La roya de la soja en la Argentina. INTA Pergamino. Rivadavia 1439(1033). p. 4.
- Kuchler F.,** Duffy M., Shrum R.D., Dowler W.M. 1984. Potential economic consequences of the entry of an exotic fungal pest: the case of soybean rust. Phytopathology, 74(8):916-920.
- Levy, C.** 2005. Epidemiology and chemical control of soybean rust in Southern Africa. Plant Disease. 89: 669-674.
- Miles R.M.,** C. Levy y G. L. Hartman. 2004. Summary of the USDA fungicide efficacy trials to control soybean rust in Zimbabwe 2003-2004. Integrated Pest Management Reviews. Consultado en línea el 21 de marzo de 2010: <http://www.ipmcenters.org/newalerts/soybeansrust/>
- Ogle, H.J.,** Byth D.E., McLean R. 1979. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in south-eastern Queensland.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

- Australian Journal of Agricultural Research, 30(5):883-893.
- Pioli, R., Morandi, E. y Sachi, O.** 2004. Roya asiática de la soja: situación en la provincia de Santa Fé (ciclo 03/04). Revista agromensajes. Facultad de Ciencias Agrarias. UNR. Consultado en línea: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/13/5AM13.htm>
- Ploper L.D. y Devani R., M.** 2002. La roya de la soja: Principales aspectos de la enfermedad y consideraciones sobre su manejo. Soja en Siembra Directa. AAPRESID. p. 51-55.
- Ploper D.L.** 2004. La roya de la soja. En: Principales conclusiones del Panamerican Soybean Rust Workshop. Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes". Sección comunicaciones. Publicación especial No. 24, Tucumán, Argentina.
- PVEF.** 2012. Roya Asiática de la Soya (*Phakopsora pachyrhizi*). Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (PVEF). Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF). Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas.
- Santopietro, G.** 2005. *Phakopsora pachyrhizi*. Virginia Bioinformatics Institute. Consultado en línea el 21 de marzo de 2010: <http://pathport.vbi.vt.edu/pathinfo/pathogens/P-p.html>
- SCOPE.** 2013. (Sistema Coordinado para la Vigilancia de Plagas Reglamentadas y su Epidemiología). Citado en línea en: <https://scopepublico.zedxinc.com/cgi-bin/index.cgi>. Consultado el día 10 enero de 2013.
- SENASA.** 2010. *Phakopsora pachyrhizi*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), Ministerio de Agricultura y Ganadería y Pesca. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO). Consultado en línea el 05 de diciembre de 2012: <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/phakopsora-pachyrhizi>
- SIAFESON.** 2009. Roya asiática de la soya *Phakopsora pachyrhizi* Sydow. Sistema de alerta Fitosanitaria de Estado de Sonora (SIAFESON). Consultado en línea el 26 de abril de 2012: siafeson.com/docs/ra.pdf
- SIAP.** 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera "cierre de producción de cultivos cíclicos y perennes 2011". Consultado en línea el 19 de noviembre de 2012: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

- SINAVEF.** 2010. Reporte Epidemiológico 007 "Roya asiática de la soya *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow". Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF). Consultado en línea el 27 de noviembre de 2012: http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/BoletinesVarios/REPA_ROYA_SOYA_007.pdf
- SINAVEF-LaNGIF.** 2011. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria - Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Consultado en línea: <http://langif.uaslp.mx/>
- Tadashi, V.J.,** 2006. La roya de la soya en Brasil. Conferencia Magistral. IV Congreso Brasileiro de Soja. EMBRAPA, Londrina (PR) Brasil.
- Terán, V.A.P., G. Ascencio L., N. Maldonado M. y J. Ávila V.** 2007. La roya asiática en México. Folleto Técnico núm. 22. INIFAP-CEHUAS. Altamira, Tamaulipas, México.
- Tschanz, A.T.** 1982. Soybean rust epidemiology, Final Report. Asian Vegetable Research and Development Centre, Shanhua, Taiwan. pp. 157.
- Yeh, C.C.,** 1989. Soybean Rust en: A.J. Pascale (Ed), Actas IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja. Buenos Aires, Argentina; 5-9 marzo, pp 1269-1274.
- Yorinori J.T., J.Jr. Nunes y J.J. Lazzarotto.** 2004. Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolucao importancia economica e controle. Documentos 247. EMBRAPA. Londrina, Brasil. 36 p.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Forma recomendada de citar:

SENASICA. 2013. Roya asiatica de la soya (Phakopsora pachyrhizi Sydow). Dirección General de Sanidad Vegetal-Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 23. 24 p.

Coordinación:

M.C. José Ábel López Buenfil
Director del CNRF
Ing. Rigoberto González Gómez
Coordinador Operativo del SINAVEF
Dr. Gustavo Mora Aguilera
Coordinador de LANREF

Con la colaboración:

**Laboratorio Nacional de Referencia
Epidemiológica Fitosanitaria
(LANREF)**

Colegio de Postgraduados (CP)

M.C. Fabiola Esquivel Chávez
Ing. Francisco Javier Márquez Pérez
M.C. Jorge Luis Flores Sánchez
M.C. Santiago Domínguez Monge
Ing. Gerardo Acevedo Sánchez

**CNRF – Sistema Nacional de
Vigilancia Epidemiológica
Fitosanitaria (SINAVEF)**

Ing. Liliana Ramírez Bautista
Dr. Moisés Roberto Vallejo Pérez

Revisión técnica:

M.C. Claudio Chavarin Palacio
CNRF

Corrección de estilo

Dr. Edmundo Martínez Ríos
Departamento de Idiomas CP
Rogelio Dromundo Salazar
Departamento de Difusión CM - CP

Diseño Editorial:

D.C.V. Laura Xochitl Arriaga Betanzos
Departamento de Difusión CM - CP