

ROYA ASIÁTICA DE LA SOYA

Phakopsora pachyrhizi

Sydow

Ficha Técnica No. 23



Godoy et al., 2015; Federico, 2015; Purdue University, 2005; INTA, 2014, Sikora, 2015.

ISBN: 978-607-715-140-1



SENASICA nos protege a todos

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA

CONTENIDO

IDENTIDAD	2
Nombre científico.....	2
Sinonimias.....	2
Clasificación taxonómica.....	2
Nombre común	2
Código EPPO	2
Guía para su identificación.....	2
Estatus fitosanitario	2
Situación de la plaga en México.....	2
IMPORTANCIA DE LA PLAGA	3
Impacto económico a nivel mundial	3
Potencial de impacto económico en México	3
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLAGA.....	4
HOSPEDANTES.....	6
Distribución nacional de hospedantes.....	6
ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS.....	9
Ciclo biológico	9
Descripción morfológica	11
DAÑOS Y SÍNTOMAS.....	11
Patógenos u organismos asociados	13
ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS.....	13
Dispersión.....	13
MEDIDAS FITOSANITARIAS	14
Control cultural.....	14
Control biológico.....	14
Control químico.....	14
VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA FITOSANITARIA.....	18
Toma y envío de muestras.....	18
Alerta fitosanitaria.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	19

IDENTIDAD

Nombre científico

Phakopsora pachyrhizi Sydow



Fuente: Reid, 2008.

Sinonimias

Phakopsora sojae (Hennings) Sawada
Phakopsora vignae Arthur
Uredo sojae Hemmings
Uromyces sojae Miura

Clasificación taxonómica

Dominio: Bacteria
Phylum: Eucaryota
Clase: Pucciniomycotina
Orden: Pucciniales
Familia: Phakopsoraceae
Género: *Phakopsora*
Especie: *Phakopsora pachyrhizi*

Nombre común

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

Código EPPO

PHAKPA
(CAB International, 2017; EPPO, 2015).

Guía para su identificación

Las estructuras que sirven para diferenciar entre las especies de roya *Phakopsora pachyrhizi* y *Phakopsora meibomiae*, son las teliosporas; sin embargo, son difíciles de encontrar. Para una identificación correcta debe usarse la técnica molecular de 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; las cuales están diseñadas para usarse en tejido foliar (Enviro Logix, 2007).

Estatus fitosanitario

De acuerdo con la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 5 Glosario de términos fitosanitarios, *Phakopsora pachyrhizi* no cumple con la definición de plaga cuarentenaria, debido a que se encuentra presente en algunas áreas (IPPC, 2016a).

Situación de la plaga en México

Con base en la NIMF No. 8 Determinación de la situación de una plaga en un área, *Phakopsora pachyrhizi* se considera una plaga presente en México en algunas áreas en cultivos hospedantes: San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Guanajuato, Guerrero,

Sinaloa, Yucatán y Morelos (IPPC, 2016b).

IMPORTANCIA 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 debido 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 a nivel mundial

Hartman *et al.* (1992), indican que a nivel de campo en Asia se presentan pérdidas del 20 al 60%, enfatizando el caso de Taiwán con 80% de pérdidas en campos experimentales. En Zimbabue, África, se reportan pérdidas en el rendimiento del 40-80 %, 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 60-70 % 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 *P. pachyrhizi* se estableciera en EE.UU., mediante un modelo econométrico de simulación bajo dos escenarios (ambiental y respuesta del productor). Con el resultado se 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 de dólares/año, incluso con una estimación no tan severa del daño potencial.

Potencial de impacto económico en México

De dispersarse y establecerse en zonas productoras de cultivos hospedantes podría afectar la producción de estos, los cuales tuvieron un valor de producción de alrededor de 19, 885 millones de pesos, con una producción de 2,091,330 toneladas obtenidas en una superficie de 2,028,767 ha (Cuadro 1) [SIAP, 2017; con datos del 2016].

Cuadro 1. Producción de hospedantes de *Phakopsora pachyrhizi* en México. Ciclo 2016.

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (toneladas)	Valor de producción (millones de pesos)
Frijol	1,635,242.52	1,094,786.04	13,393.42
Soya	280,126.31	509,113.66	3,473.46
Garbanzo	68,010.76	121,567.48	1,403.45
Haba	36,900.20	119,137.81	884.43
Jícama	8,487.38	246,725.68	731.078
Total	2,028,767.17	2,091,330.67	19,885.84

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2017; con datos del 2016.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLAGA

A nivel mundial, la enfermedad se ha reportado en diferentes países en todos los continentes (Cuadro 2 y Figura 1), (Santopietro, 2005; Du Preez *et al.*, 2005; CAB International, 2017; Tesfay, *et al.*, 2017).

Distribución nacional

La roya asiática de la soya se ha reportado en áreas productoras de los estados de Veracruz, Guanajuato, Tamaulipas, San Luis Potosí, Yucatán, Guerrero, Sinaloa y Morelos sin pérdidas económicas reportadas actualmente (SAGARPA-SENASICA, 2015).

Cuadro 2. Distribución geográfica de la roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi*).

Continentes	Países y zonas con reportes de <i>Phakopsora pachyrhizi</i>
Asia	Bangladesh, Cambodia, China, India, Indonesia, Japón, Corea, Laos, Malasia, Birmania, Nepal, Filipinas, Singapur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia, Vietnam.
África	Camerún, Congo, Etiopía, Ghana, Kenia, Malawi, Mozambique, Nigeria, Ruanda, Santo Tomás y Príncipe, Sierra Leona, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Uganda, Zambia, Zimbabue.
América	México (Veracruz, Guanajuato, Tamaulipas, San Luis Potosí, Yucatán, Guerrero, Sinaloa y Morelos), Estados Unidos, Belice, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Paraguay, Uruguay, Venezuela.
Oceanía	Australia, Islas Cook, Guam, Micronesia, Nueva Caledonia, Niue, Papúa Nueva Guinea, Tonga y Vanuatu.
Europa	Rusia

Fuente: CAB International, 2017, Tesfay, *et al.*, 2017; SAGARPA-SENASICA, 2015; Santopietro, 2005; Miles, *et al.*, 2004; Ploper, 2004; Terán, 2007.

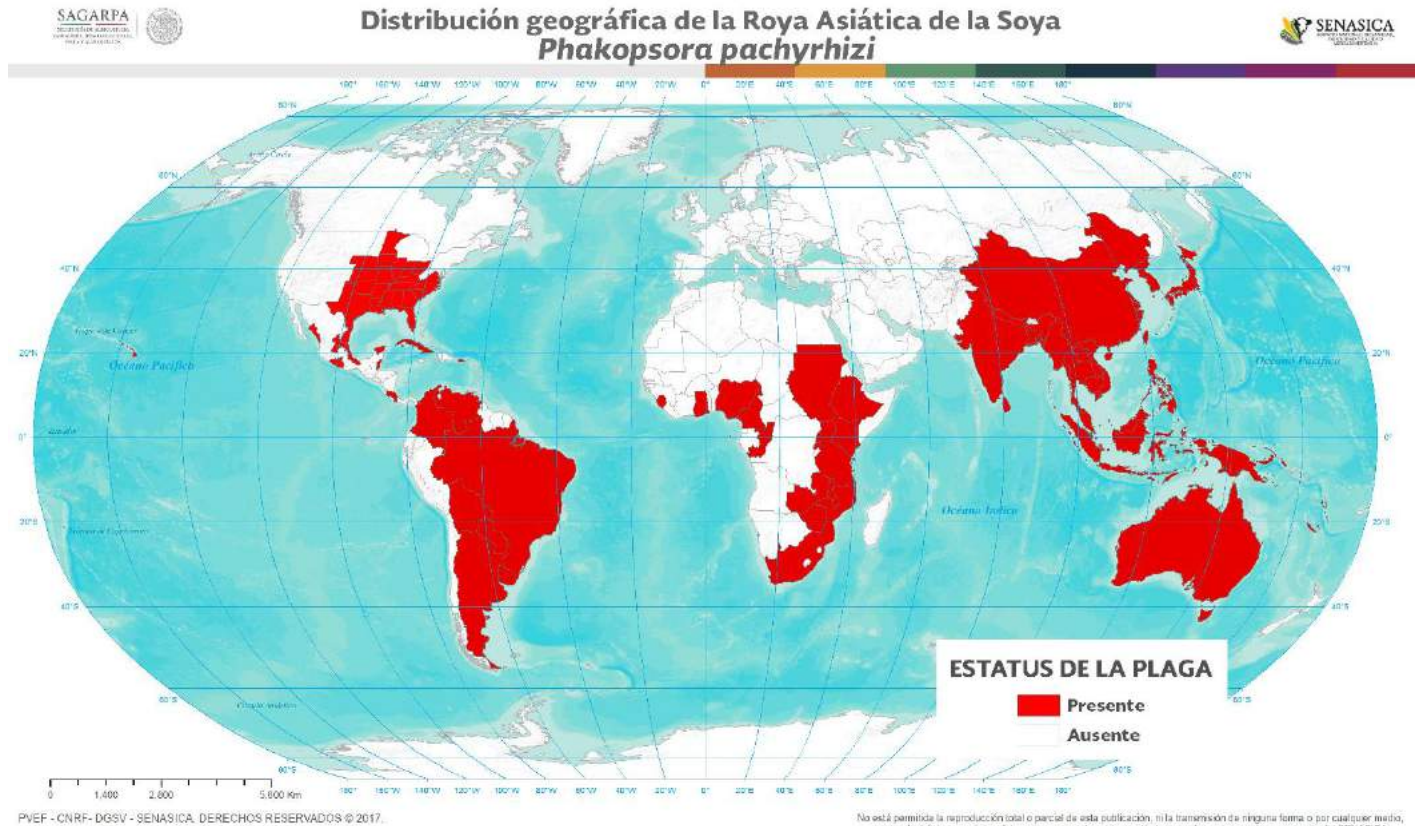


Figura 1. Distribución geográfica de *Phakopsora pachyrhizi*. Elaboración propia con datos de: CAB International, 2017; Tesfay, *et al.*, 2017; SAGARPA-SENASICA, 2015; Santopietro, 2005; Miles, *et al.*, 2004; Ploper, 2004; Terán, 2007.

HOSPEDANTES

Dentro de la familia de las leguminosas existen casi 100 especies potencialmente susceptibles. (Ivancovich y Botta, 2002). Los principales hospedantes de la roya asiática de la soya en México se muestran en el Cuadro 3. Dichos hospederos se encuentran en 74.6 % del total de municipios del país, en aproximadamente 1.8 millones de ha (Figura 2) (SINAVEF, 2010).

Distribución nacional de hospedantes

En México, los hospedantes potenciales de importancia económica de esta plaga son soya, frijol, garbanzo, jícama y haba. En la figura 2 se presenta la superficie sembrada de la distribución de hospedantes de la roya asiática de la soya, donde se observa, que el estado con mayor superficie de hospedantes es Zacatecas, le siguen Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Sinaloa, Guanajuato, Chiapas y Tamaulipas.

Hospedantes potenciales de: *Phakospora pachyrhizi*

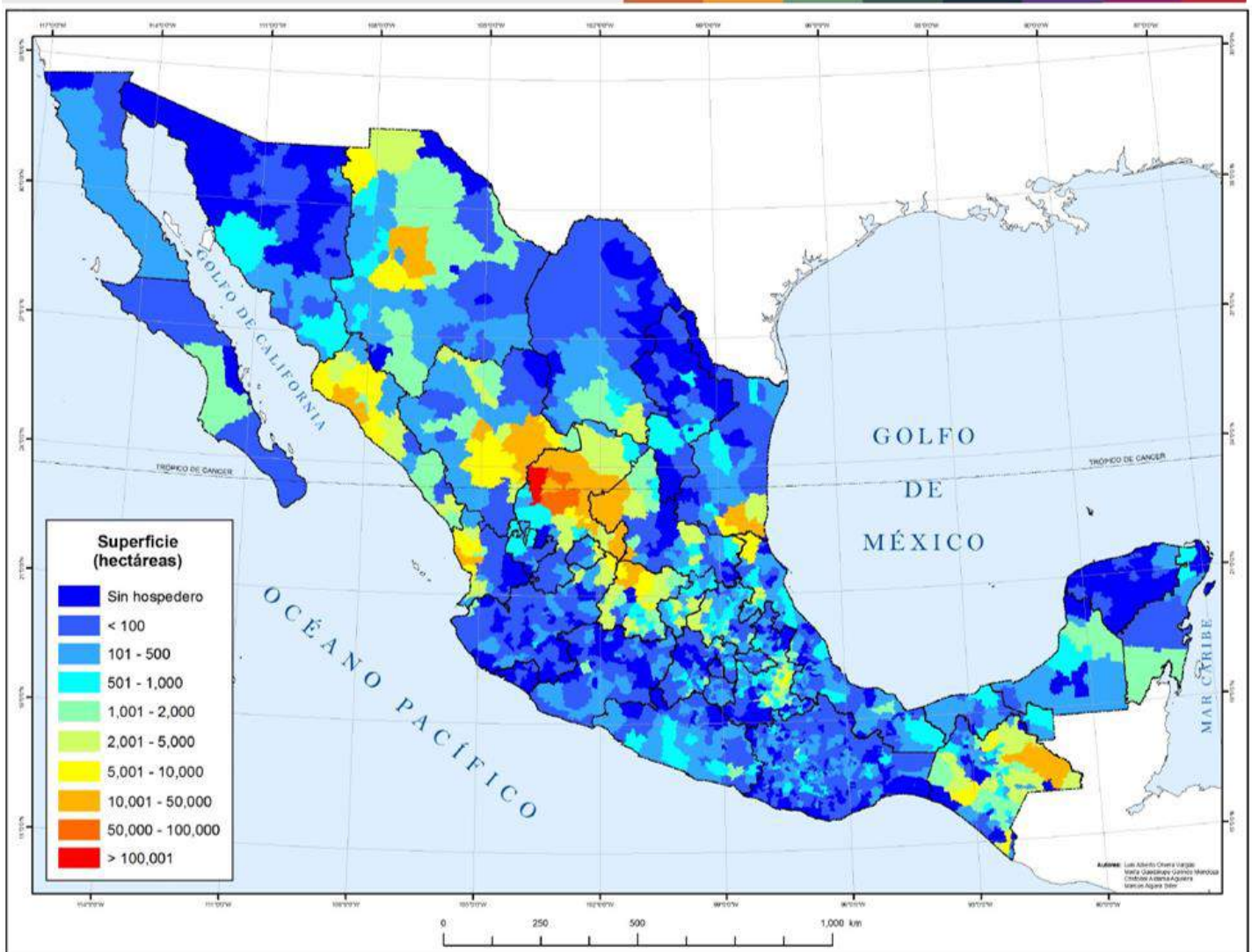


Figura 2. Principales zonas productoras de hospedantes de *Phakopsora pachyrhizi* en México. Elaboración propia con datos del ciclo agrícola 2016, (SIAP, 2017).

Cuadro 3. Hospedantes potenciales de la enfermedad roya asiática de la roya (*Phakopsora pachyrhizi*).

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.

Fuente: Miles et al., 2003; Coker et al., 2006; Terán et al., 2007.

ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS

Ciclo biológico

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 las 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 3). La uredia puede producir esporas durante 3 semanas, de tal manera que a partir de la infección inicial, e infecciones subsecuentes, se puede mantener la esporulación alrededor de 15 semanas (Miles *et al.*, 2004).

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).

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 1-4 horas después de haber sido dispuestas en la superficie de las hojas, y la penetración de éstas ocurre en 6 horas a 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.

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 roya asiática de la soya, 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 enfermedad 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.

La roya de la soya puede ser causada por *Phakopsora pachyrhizi* de origen asiático y/o *Phakopsora meibomia* de origen americano (Goellner, *et al.*, 2010; Pioli *et al.*, 2004)

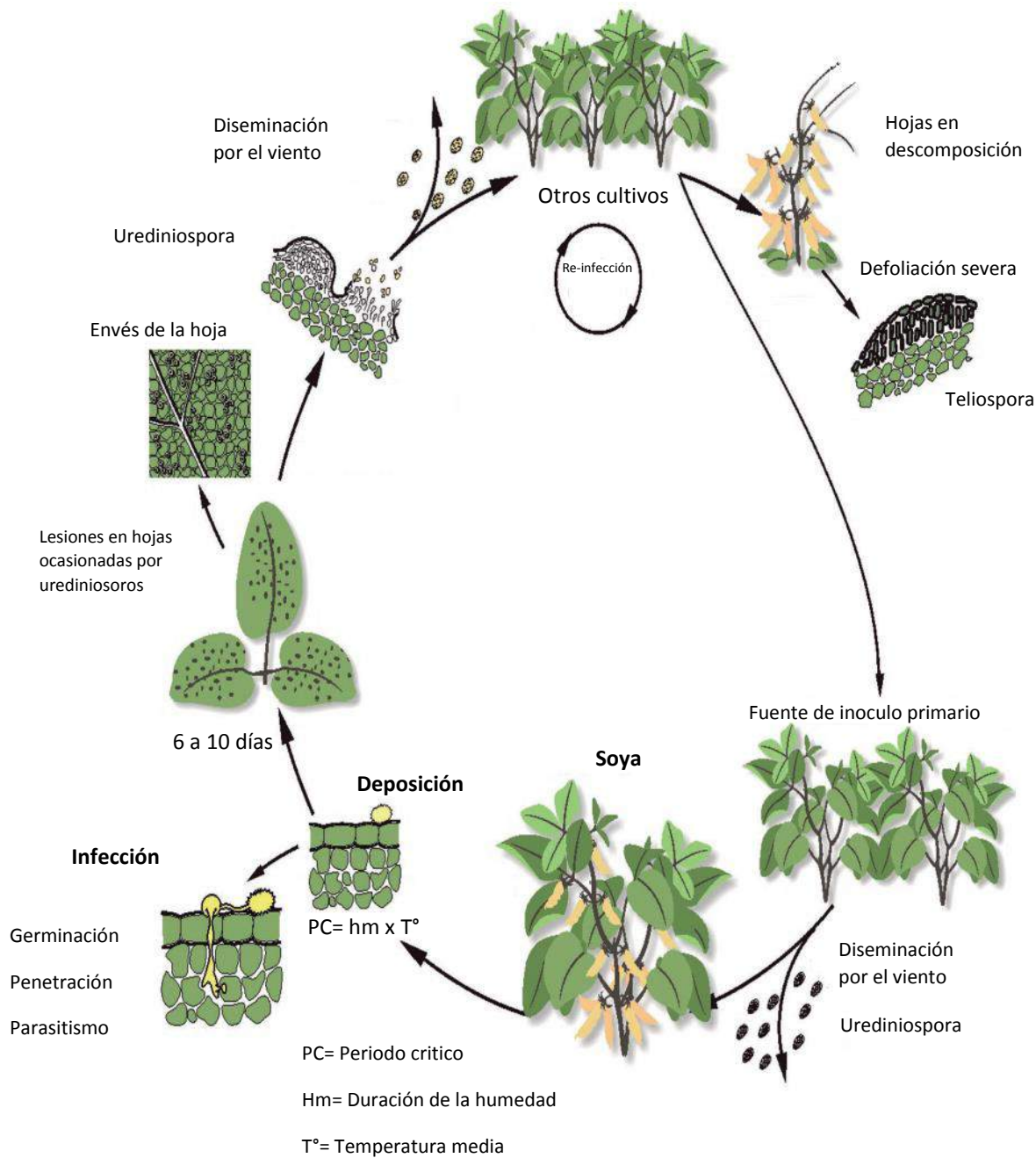


Figura 3. Esquema del ciclo de vida de la roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi*).
Créditos: REIS-CARMONA, Edición: Bautista. CNRF

Descripción morfológica

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 4) (Formento y de Souza, 2004).

Los soros (conjunto de esporangios que contienen esporas) son de color marrón y se presentan sólo en el envés de las hojas; las telias miden un 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).

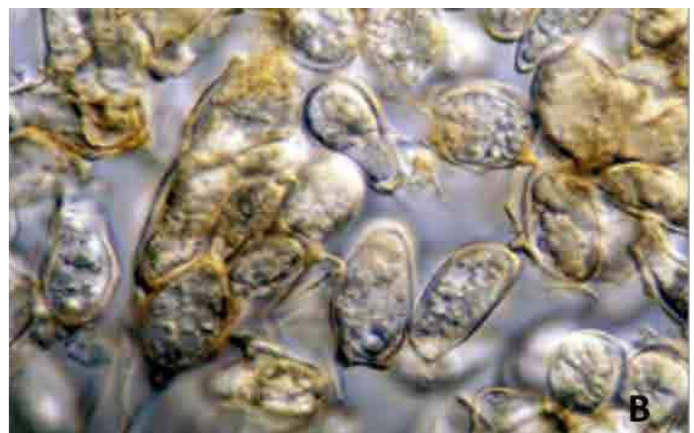
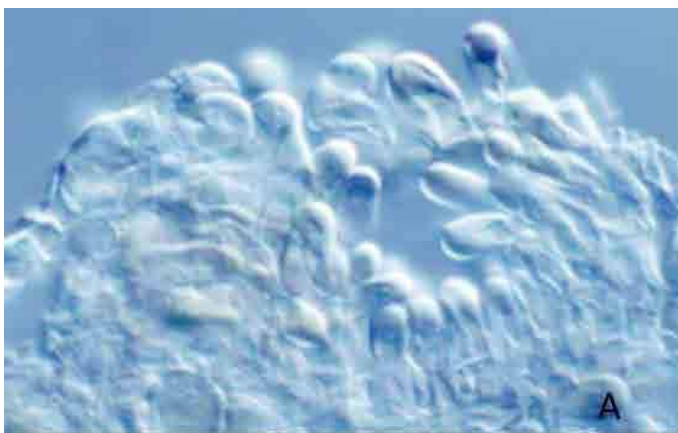


Figura 4. Estructuras reproductivas de *Phakopsora pachyrhizi*. A) Urediosporas. Créditos: Yoshitaka Ono; B) Teliosporas. Créditos: Weerasak Saksirirat/Khon Kaen University.

DAÑOS Y 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 de acuerdo con SENASA (2010), lo primero que se aprecia es 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 5).

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 6).

SENASA (2010) señala que las lesiones se presentan en hojas y que conforme avanza la enfermedad pueden afectar los peciolo, tallos y vainas. Sin embargo, son más abundantes en las hojas, sobre todo en el envés (Figura 7).

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



Figura 5. Síntomas de la roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi*). 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 6. Síntomas de la roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi*) en el envés de las hojas. A) Pústulas. B) Pústulas en el envés de la hoja. Créditos: Weerasak Saksirirat/Khon Kaen University.



Figura 7. Síntomas causados por la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) en plantas de soja. A) Síntomas en hojas de soja. Créditos: SENASICA, 2011. B) Síntomas en peciolas; C) Síntomas en tallos. Créditos: USDA-ARS.

Patógenos u organismos asociados

Según la revisión de literatura, *Phakopsora pachyrhizi* no se encuentra asociada con ningún otro organismo.

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

ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

La roya asiática de la soja es un hongo biotrófico (sólo pueden vivir y multiplicarse en un organismo vivo), 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.

Dispersión

Las urediosporas, que pueden sobrevivir hasta 50 días, son fácilmente dispersadas por el viento. Esta característica posibilita que la enfermedad sea diseminada a grandes distancias (Ploper y Devani, 2002). APHIS (2002), menciona que las esporas del agente causal se dispersan a largas distancias y el principal medio de dispersión es el viento. La transmisión a través de la semilla no se ha documentado. 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.

MEDIDAS FITOSANITARIAS

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 (las variedades Huasteca 100, 300 y 400) y 15 (variedad Huasteca 200) plantas por metro lineal, se deben evitar densidades de más de 250 000 plantas/ha (Terán *et al.*, 2007). Se deben destruir plantas hospedantes 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. 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).

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 (Urocladium)* 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 el 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 así como 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).

Se han evaluado muchos fungicidas 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 pyraclostrobin y al azoxistrobin, los cuales también presentan cierta actividad sistémica, no son absorbidas tan rápido como los triazoles y se mueven más lento, la 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).

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 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 de floración hasta madurez fisiológica de cualquiera de las variedades recomendadas para el trópico mexicano, Huasteca 100, Huasteca 200, Huasteca 300 y Huasteca

400. La correcta aplicación de los fungicidas es fundamental para el éxito en el manejo de la enfermedad. En virtud 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, presión y 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 el uso 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, deben evitarse las aplicaciones con vientos fuertes que causen arrastre del producto (Terán *et al.*, 2007).

Cuadro 4. Fungicidas autorizados por la COFEPRIS como uso temporal para el control de roya asiática de la soya (*Phakopsora 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	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-	300 -500 mL/ha	30 días
Myclobutanil (RaLLY 40W o EAGLE)	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

Fuente: COFEPRIS

Cuadro 5. Productos y dosis recomendados para el control de la roya asiática en soya (*Phakopsora pachyrhizi*) 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 ¹ (Cyproconazole) ²	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
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

¹ Nombre común

² Nombre comercial

Cuadro 5 (continuación). Productos y dosis recomendados para el control de la roya asiática en soya (*Phakopsora pachyrhizi*) 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 (%)
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

¹ Nombre común

² Nombre comercial

VIGILANCIA FITOSANITARIA

En México se llevan a cabo actividades de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria para la detección oportuna de la roya asiática de la soya, a través del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (PVEF) mediante estrategias fitosanitarias como: la exploración en los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas.

EPIDEMIOLOGICA

La descripción de las estrategias fitosanitarias para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria las podrá consultar en el link: <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/ActionOperativa.aspx>.

Toma y envío de muestras

La toma de muestras, se llevará a cabo toda vez que en las inspecciones visuales, las plantas muestren síntomas sospechosos a

Phakospora pachyrhizi, las cuales deberán ser enviadas al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF) para su identificación.

La descripción de los manuales de toma y envío de muestras para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria la podrá consultar en el link <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/ReporteCiudadano.aspx>.

Alerta fitosanitaria

Con el objetivo de detectar oportunamente brotes de la plaga, la Dirección General de Sanidad Vegetal ha puesto a disposición pública el teléfono: 01-(800)-98-79-879 y el correo electrónico: alerta.fitosanitaria@senasica.gob.mx para atender los reportes sobre la posible presencia de brotes emergentes.

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).

Balardín, R. 2004. Manejo de la roya de la soja. Experiencias en Brasil (III). In: Principales conclusiones del Panamerican Soybean Rust.

Workshop. Ploper, L.D. (Ed.). Publicación especial No. 24, Tucumán, Argentina, abril, 2004. Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes". 24 p.

Bromfield, K.R. 1984. Soybean Rust. Monograph II. St. Paul, Mn, U.S.A. American Phytopathological Society.

CAB International. 2017. *Phakopsora pachyrhizi* (soybean rust). En línea: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/40018>. Fecha de consulta: agosto-2017.

Coker, C, Hurst, K., Kirkpatrick, T., Rupe, J., Tingle, C., and Trent, M. 2006. Asian Soybean Rust. University of Arkansas Cooperative Extension Service Printing Services.1-8 p.

DGSV-CNRF. 2017. Estrategias operativas para las plagas bajo vigilancia epidemiológica fitosanitaria 2017. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. SENASICA. México, Distrito Federal.

DOF. 2002. 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". Diario Oficial de la Federación.

Du Preez, E., Van Rij, N., Lawrence, K., Miles, M., and Frederick, R. 2005. First Report of Soybean Rust (*Phakopsora Pachyrhizi*) on Dry Beans in South Africa. Plant Disease 89:206.

EPPO. 2015. European and Mediterranean Plant Protection Organization. En línea: <http://www.eppo.int>. Fecha de consulta: agosto-2017.

Enviro Logix. 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.

- Federico**, M. 2015. Alerta por roya de la soja en la región. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. En Línea: <http://inta.gob.ar/noticias/alerta-por-roya-de-la-soja-en-la-region>. Fecha de consulta: agosto-2017.
- Frederick**, R.D., Snyder, C.L., Peterson, G.L., and 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 (Abstract).
- 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., Vinciguerra, H.F., Rodríguez, W., Sebaté, S., Soldini, E.A., Devani, M.A., Olea, I.L., y Ploper, L.D. 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., Ploper, L.D., González, V., Rojas, A., Ruiz, S., Rodríguez, W., y Devani, M.R. 2006. Evaluación de fungicidas para el control de la roya de la soja en Tucumán durante la campaña 2005/06. Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombes”, Tucumán Argentina. Actas del Mercosoja. 419-422 p.
- Giesler**, J.L., and Weissling, T.J. 2006. Fungicides to manage soybean rust: What are the differences. NebGuide. University of Nebraska. NebFact Series No. NF634. UNL/Cooperative Extension Service. 4p.
- Godoy**, V.C., Utiamada, M.C., Meyer, M.C., Campos, H.D., Forcelini, C.A., Pimienta B.C. 2015. Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular técnica 113. ISSN2176-2864. Londrina, PR. Pp.7. En Línea: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1027879/1/CT113.pdf>; <http://maissoja.com.br/ameacas-fitossanitarias-control-de-ferrugem-asiatica-phakopsora-pachyrhizi-com-fungicidas-multissitios-e-fertilizantes-resultados-dos-ensaios-de-rede-da-safra-1415/>. Fecha de consulta: agosto- 2017
- Goellner**, K., Loehrer, M., Langenbach, C., Conrath, U., Koch, E., Schaffrath, U. 2010. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust. En línea: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20447267>. Fecha de consulta: agosto-2017.
- González**, G.R. 2008. La roya asiática de la soja: una nueva amenaza fitosanitaria. ANIAME. Consultado en línea 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 Asian 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., Miles, M.R., and Frederick, R.D. 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. Consultado en línea en: <http://nt.arsgrin.gov/sbmlweb/fungi/index.cfm> (21/03/2010).

INTA, 2014. Enfermedades del cultivo de soja en la provincia de Entre Ríos. Informe Final del ciclo agrícola 2013/14. Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria. Centro regional de Entre Ríos. Estación experimental Agropecuaria Paraná. En línea: http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_informe_final_enfermedades_de_soja_2013-14.pdf. Fecha de consulta: agosto-2017.

Ivancovich, A., y Botta, G. 2002. La roya de la soja en la Argentina. INTA Pergamino. Rivadavia 1439(1033). p. 4.

IPPC. 2016a. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) 5. Glossary of Phytosanitary Terms. International Plant Convention (IPPC). En línea: <https://www.ippc.int/es/publications/622/> Fecha de consulta: agosto-2017.

IPPC. 2016b. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) 8.

Determination of pest status in an area. International Plant Convention (IPPC). En línea:

<https://www.ippc.int/es/publications/612/>. Fecha de consulta: agosto-2017.

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., Levy, C., and Hartman, G.L. 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/>.

Miles, M.R., Frederick, R.D., and Hartman, G.L. 2003. Soybean Rust: Is the U.S. Soybean Crop At Risk? APSnet Features. Online. doi: 10.1094/APSnetFeature2003-0603.

Ogle, H.J., Byth, D.E., McLean, R. 1979. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in south-eastern Queensland. *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

05 de diciembre de 2012:
<http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/phakopsora-pachyrhizi>

Ploper, L.D., 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.

Purdue University, 2005. Purdue offers essential, rapid identification of Asian soybean rust. Leaf infected with. Asian soybean rust. En línea: <http://www.purdue.edu/uns/html3month/2005/050721.Ruhl.rust.html>. Fecha de consulta: Agosto, 2017.

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>.

SAGARPA-SENASICA. 2015. Aviso público del riesgo y situación actual de la: Roya Asiática de la Soya *Phakopsora pachyrhizi* (Syd. & P. Syd.). (Pucciniales: Phakopsoraceae). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

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

SIAP. 2017. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea: <http://www.siap.gob.mx>. Fecha de consulta: agosto-2017.

Sikora, E. 2011. 2015. Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*). Range of soybean rust symptoms on soybean leaves. Auburn University. En línea: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5440188>; <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-02-15-0054-FI>; <http://bugwood.blogspot.com/2015/04/soybean-rust-invasive-disease-carried.html> Fecha de consulta: Agosto 2017.

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., Ascencio, G.L., Maldonado M.N., y Ávila, V.J. 2007. La roya asiática en México. Folleto Técnico núm. 22. INIFAP-CEHUAS. Altamira, Tamaulipas, México.

Tesfay, A., Kifle, B., Haudenshield J.S., Hartman, G.L. 2007. First Report of *Phakopsora pachyrhizi* causing Rust on Soybean in Ethiopia. Plant disease. 101(6): 1049. En línea: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-11-16-1692-PDN>. Fecha de consulta: agosto-2017.

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., Nunes, J.J. y Lazzarotto, J.J. 2004. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolucao importancia economica e controle. Documentos 247. EMBRAPA. Londrina, Brasil. 36 p.

Forma recomendada de citar

SENASICA. 2017. Roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 23. 24 p.

Dudas sobre:
• Campañas Fito o Zoonosanitarias
• Movilización de Productos
Agroalimentarios y Mascotas
01 800 987 9879

Quejas • Denuncias
Órgano Interno de Control en el SENASICA
+52(55) 5905 1000, ext. 51648
+52(55) 3871 8300, ext. 20385

www.gob.mx/sagarpa

www.gob.mx/senasica

 **SENASICA SAGARPA**  **@SENASICA**  **SENASICA SAGARPA**

“Este programa es público, ajeno a cualquier partido político.
Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa”.