

Propuestas para el manejo de la roya de la soja en el noroeste argentino

L. Daniel Ploper*, Mario R. Devani***, M. Roberto Gálvez**, Fernando Ledesma***, Victoria González**, M. Antonia Zamorano** y Julián M. Lenis***

Introducción

El panorama sanitario del cultivo de soja en muchas regiones de Argentina se tornó ahora más complejo a partir de la reciente detección de la roya "asiática" de la soja en numerosas regiones del país. Esta enfermedad es causada por *Phakopsora pachyrhizi*, un patógeno que se caracteriza por una alta capacidad de dispersión y un gran poder de destrucción, especialmente del follaje.

La roya de la soja es causada por dos especies del género *Phakopsora*, las que fueron separadas taxonómicamente recién en 1992 (Ono *et al.*). La denominada roya "asiática" es causada por *Phakopsora pachyrhizi*, es la que produce los mayores daños y la roya "americana", causada por *P. meibomiae*, que no causa daños de importancia económica. Ambas especies poseen estructuras morfológicas muy semejantes y causan en las plantas una sintomatología similar.

En Sudamérica, roya "asiática" fue primeramente detectada en Paraguay, en Marzo de 2001. También a partir de esa campaña se la detectó en Brasil. En Argentina se la encontró por primera vez en Marzo de 2002 en la provincia de Misiones y en 2003 también en la provincia de Corrientes. En Julio de 2003 fue detectada en la zona norte de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Entre Abril y Mayo de 2004 fue detectada por primera vez en otras ocho provincias de Argentina: Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Tucumán, Salta, Catamarca, Entre Ríos y Santa Fe. En todos los casos se comprobó mediante técnicas moleculares que se trataba de *Phakopsora pachyrhizi*.

Si bien estas detecciones, que ocurrieron hacia finales de la campaña 2003/04, no trajeron consecuencias sobre los rendimientos obtenidos, se puede afirmar que su presencia obligará a extremar medidas en las próximas campañas para evitar los daños que ha provocado en otras regiones del mundo.

En el presente trabajo se presentan algunas consideraciones sobre la epidemiología de la roya de la soja y se analizan las principales estrategias disponibles para su control. Sobre la base de estos antecedentes, se proponen alternativas para un manejo eficiente de la

enfermedad en el noroeste argentino (NOA), región integrada por las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca y el oeste de Santiago del Estero.

Principales aspectos epidemiológicos

Es importante conocer datos acerca de la epidemiología de la roya de la soja, ya que este tipo de información resulta fundamental para delinear estrategias eficientes de manejo. Mucha de la información epidemiológica fue generada en diversos países asiáticos en décadas anteriores, pero ya se están empezando a conocer datos producidos por investigadores de países sudamericanos.

Phakopsora pachyrhizi es un patógeno biotrófico, por lo que no sobrevive en los rastrojos infectados. En cambio, sí sobrevive en plantas guachas de soja, así como en los numerosos hospedantes alternativos que tiene este hongo.

Se han citado 31 especies en 17 géneros de leguminosas que son hospedantes de *P. pachyrhizi* en la naturaleza, mientras que 60 especies en otros 26 géneros resultaron infectadas cuando el hongo fue inoculado bajo condiciones controladas. *P. meibomiae* produce infecciones naturales en 42 especies de 19 géneros de leguminosas, y con inoculaciones artificiales llegó a infectar 18 especies en otros 12 géneros (Hennen, 1996).

Existen 24 especies en 19 géneros que son hospedantes de ambas especies de *Phakopsora*, entre los que se pueden mencionar a las siguientes: kudzu (*Pueraria lobata*), trebol (*Melilotus* spp.), lupino (*Lupinus hirsutus*), poroto (*Phaseolus vulgaris*), caupi (*Vigna unguiculata*). También han sido citadas como hospedantes diversas otras especies en los géneros *Cajanus*, *Crotalaria*, *Dolichos*, *Lablab*, *Medicago*, *Pachyrhizus*, *Rhynchosia*, y *Vicia*.

En Tailandia se menciona a los siguientes hospedantes para ambas especies: *Canavaria gladiata*, *Carjinus* sp., *Centrosema pubescens*, *Vigna mungo*, *Pueraria thunbergiana*, *Pisum sativum*, *Vigna sinensis* (Poonpolgul, 2004).

La supervivencia del patógeno cuando no hay cultivos de soja tiene incidencia en el inicio de las

* Ing. Agr. Ph.D., ** Ing. Agr., Sección Fitopatología; *** Ing. Agr., Sección Granos, EEAOC.

epidemias, ya que si el patógeno no logra sobrevivir en el invierno, el inóculo debe necesariamente provenir de afuera de la región. Aquí es donde se torna importante el tema de los vientos, especialmente su dirección en los momentos críticos del cultivo en las regiones de interés. Para China, las regiones donde se registran las epidemias más severas son las mismas en donde el patógeno sobrevive durante el invierno (Ploper, 2004a).

Phakopsora pachyrhizii tiene algunas características que lo convierten en un serio patógeno, especialmente su capacidad de producir gran cantidad de esporas en las plantas infectadas. Se han hecho diversos estudios acerca del número de esporas por lesión. En Brasil se ha indicado que en 39 días se puede alcanzar un valor de 12.646 esporas por lesión. Las investigaciones en otros países indican los siguientes números: 2.028 en Australia, 3.768 en India, 6.268 en Indonesia y 6.600 en Taiwán.

Las urediniosporas, que pueden sobrevivir hasta 50 días, son fácilmente dispersadas por el viento a grandes distancias, incluso miles de kilómetros (Yorinori, 2004). Estas esporas luego caen por su propio peso o son arrastradas por lluvias.

Otra característica importante a considerar es que se trata de un patógeno policíclico, es decir que durante el ciclo del cultivo se producen varias generaciones del patógeno. Si a esto se le suma el hecho de que cada urediniosoro produce numerosas urediniosporas, resulta evidente que la enfermedad puede llegar a desarrollarse muy rápidamente si se presentan condiciones ambientales favorables.

El patógeno penetra en forma directa a través de la cutícula y la epidermis del hospedante, lo que hace que la infección sea rápida y fácil. Esto lo diferencia de otros patógenos causales de royas, que penetran por estomas.

Estudios sobre la influencia de la temperatura y la humedad en la germinación de las urediniosporas han revelado que las mismas germinan con un rango de temperatura de 8 a 36°C (el óptimo de 16-24°C), y con un mínimo de 6 h de rocío o agua libre en el follaje (el óptimo de 9 h). Para la infección el rango es de 11 a 28°C (óptimo de 19 a 24°C), también con un mínimo de 6 h de rocío, aunque para lograr los máximos niveles de infección se necesitan por lo menos 9 h. Los urediniosoros maduran 6 a 7 días después de infección, a 22-27°C, y el período para producción de urediniosporas es de 10 a 11 días (Ploper, 2004a).

Estos estudios, que datan de las décadas de 1970 y 1980, fueron realizados en cámaras de crecimiento, bajo condiciones controladas. Por lo tanto, sirven como indicativos del máximo crecimiento que puede alcanzar la enfermedad cuando el ambiente es el más favorable. Lógicamente, en condiciones de campo la situación es diferente lo que explica los distintos niveles de severidad que se alcanzan.

Con condiciones favorables, tiempo fresco y húme-

do, es posible progresar desde una infección inicial a una de 90% en 3 semanas. El nivel de pérdidas dependerá del momento de ocurrencia de la enfermedad y del progreso de la epifitía. Lógicamente, con temperaturas altas y tiempo seco, el progreso de la enfermedad se vuelve más lento.

En Argentina, análisis preliminares de los datos climáticos de las principales regiones productoras del país revelaron que durante buena parte del ciclo de cultivo de la soja se presentan condiciones que son favorables para la infección y el desarrollo de la enfermedad (Begenisic *et al.*, 2004).

Estrategias para el manejo de la enfermedad

a) Control cultural

Algunas prácticas culturales pueden ser de valor dentro de un programa de manejo integrado de la roya. Un buen control de malezas y de plantas "guachas" puede reducir los niveles de inóculo al eliminar las hospedantes del hongo, aunque esto queda minimizado si se considera las malezas de lotes o bosque vecinos y la facilidad de dispersión de las esporas.

Mantener buenos niveles de fósforo en el suelo contribuye a disminuir el impacto de la roya sobre la planta. 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.

El uso de cultivares de ciclo corto y siembras tempranas es también sugerido para que los estados más susceptibles de las plantas coincidan con ambientes desfavorables para la infección y/o maduren cuando el ambiente resulte más conducente para la enfermedad.

No obstante, diversos estudios llevados a cabo en Zimbabwe mostraron la ineficacia de las prácticas culturales (fechas de siembra, densidad de siembra, espaciado entre hileras) para reducir la incidencia de la enfermedad (Levy, 2004).

b) Resistencia varietal

El uso de variedades resistentes sería una estrategia importante en el manejo de la roya de la soja. Sin embargo, no se cuenta en la actualidad con este tipo de materiales, aunque ya se trabaja activamente en los programas nacionales de mejoramiento de soja, tanto públicos como privados (Ploper, 2004b).

En el proceso de obtención de variedades resistentes lo primero es definir las fuentes de resistencia; es decir, ubicar los genotipos que posean la resistencia al problema buscado. En diversos países de Asia se hicieron numerosos estudios buscando resistencia a la roya de la soja. En India se evaluaron 3.300 genotipos en 1971 y 4.066 en 1974, encontrando solamente 6 resistentes. En China, en 1996, se identificaron 64 resistentes sobre más de 8.000 genotipos estudiados, mientras que en el AVRDC (Taiwan) se encontraron 20 resistentes sobre

más de 9.000 evaluados. Esto indica que la frecuencia de ocurrencia de resistencia es baja en el germoplasma de soja.

Existen caracterizados 4 genes de resistencia: *Rpp₁*, *Rpp₂*, *Rpp₃* y *Rpp₄*, los que fueron identificados en PI 200692, PI 230970, PI 462312 (Ankur) y PI 459025, respectivamente. Es probable que existan otros genes de resistencia. También se menciona la presencia de resistencia parcial, del tipo que reduce la tasa epidémica de la enfermedad, pero cuya evaluación requiere considerable esfuerzo.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta la variabilidad patogénica que presenta *Phakopsora pachyrhizi*, ya que se ha comprobado que puede llegar a desarrollar nuevos patotipos (razas fisiológicas). En este sentido, se menciona algunos de estos genes han sido ya superados en algunos estados de Brasil por razas que han sido descritas como de mayor virulencia (Yorinori, 2004).

Si bien aún no se cuenta con información definitiva sobre la reacción a la enfermedad de los cultivares comerciales actualmente difundidos en Argentina, es altamente probable que la gran mayoría se comporte como susceptible, considerando la baja frecuencia de resistencia en el germoplasma y su procedencia de programas de mejoramiento en los cuales la resistencia a la roya no fue un objetivo perseguido.

c) Control químico

El control químico es la estrategia más utilizada en la actualidad para el manejo de esta enfermedad, recomendándose aplicaciones de fungicidas al follaje apenas se detectan los primeros síntomas. Los objetivos de la aplicación de fungicidas son la reducción de la carga de esporas en las hojas inferiores y la protección de las hojas medias y superiores.

Diversos fungicidas han sido mencionados como efectivos para el control de la roya de la soja. Al comienzo se utilizaron productos de contacto (mancozeb y otros); luego se incorporaron los triazoles (cyproconazole, difenoconazole, epoxiconazole, flutriafol, flusilazole, miclobutanil, propiconazole, tebuconazole, tetraconazole y otros) y las estrobilurinas (azoxistrobina, pyraclostrobin, y trifloxystrobin). Se menciona que la combinación de estrobilurina más triazol presenta el mejor comportamiento, tanto en aplicaciones preventivas como en curativas (Ploper, 2004a).

Un aspecto clave para el éxito de las aplicaciones de fungicidas es hacerlas antes de la fase exponencial de la enfermedad, lo que exigirá cuidadosos monitoreos a campo, en especial a partir de los últimos estados vegetativos. Una detección temprana permitirá aplicaciones oportunas, habiéndose indicado en aquellos países donde la enfermedad es problema, que puede requerirse más de una aplicación. Asimismo, se menciona que para

las pulverizaciones aéreas se requieren mayores precauciones que para las terrestres.

Para un eficiente control con fungicidas se debe prestar especial atención a los siguientes aspectos: momento de aplicación (tener en cuenta que la manifestación visual de la enfermedad ocurre un tiempo después de haberse producido la infección), sitio de aplicación (considerar también otros lotes vulnerables por la dispersión de inóculo), tolerancia de las variedades de soja a la enfermedad, capacidad operacional de la maquinaria disponible, y eficiencia del ingrediente activo.

Una correcta aplicación de fungicidas es fundamental para el éxito en el manejo de la enfermedad. Los errores más comunes de aplicación (sectores sin aplicar, barras a distinta altura, picos tapados, aplicaciones con vientos fuertes, etc.) suelen quedar muy de manifiesto cuando hay ataques severos de la roya de la soja.

La tecnología de los componentes juega un papel muy importante en la eficacia del control. Se debe tener en cuenta la pastilla (en función de su caudal y del tamaño y número de gotas), el volumen aplicado, el momento del día en que se aplica y el agregado de adyuvantes. Experiencias en Brasil indican que aplicaciones con altos volúmenes de agua fueron más eficientes en el control de la enfermedad, y el momento del día para la aplicación influye en la eficacia de la aplicación con relación al mojado de la hoja (no es conveniente aplicar en horas de altas temperaturas y/o de baja humedad relativa) (Balardín, 2004).

En Brasil y Zimbabwe se recomiendan actualmente dos a tres aplicaciones de fungicidas para el control de la roya de la soja. En áreas con alta severidad de la enfermedad, se debe efectuar la primera aplicación en floración, y luego dos aplicaciones más con intervalos de 21 días. En áreas con baja severidad, la última aplicación puede no ser necesaria. En todos los casos, especialmente en la primera y segunda aplicación, la efectividad del tratamiento será mayor en la medida que las hojas inferiores de la canopia reciban suficiente ingrediente activo para controlar al patógeno.

Hay que tener en cuenta algunas de las dificultades que plantea el control de la roya de la soja. Ya se ha mencionado que es indispensable efectuar el tratamiento temprano en el desarrollo de la epidemia. Un inconveniente es que el diagnóstico de la enfermedad en esta fase resulta difícil; por eso se insiste en el tema de capacitación de productores, técnicos y operarios. Otro problema es que la calidad de aplicación de fungicidas no es siempre la óptima, a lo que se suma la limitada capacidad operacional que existe en la mayoría de las propiedades. Por último, los períodos prolongados de lluvias ("temporales") atentan contra un adecuado tratamiento de los cultivos, justamente cuando más falta hace dicha protección.

Alternativas de manejo de la roya de la soja en el NOA

Considerando que la roya de la soja ya se encuentra presente en el NOA, podría llegar a ser necesaria la protección del cultivo a partir de R2, eventualmente con más de una aplicación de fungicida (Ploper, 2004c).

Las recomendaciones concretas para esta patología podrán recién formularse a partir de un mayor conocimiento acerca de su supervivencia y otros importantes aspectos epidemiológicos en la región. Pero, teniendo en cuenta los antecedentes de epifitias en otras regiones de Sudamérica, se aconsejan tomar las mayores precauciones para evitar que los cultivos queden desprotegidos, especialmente en los primeros estados reproductivos. Se debe evitar a toda costa disminuir los costos de producción a costa de incrementar los riesgos.

Algunos de los aspectos a considerar en la formulación de programas de manejo de roya de la soja son los siguientes:

- Planificar la siembra en fechas escalonadas, elección de variedades de diferentes grupos de madurez, capacidad operativa de equipos de aplicación (terrestres y aéreos).
- Se debe prestar especial atención a los monitoreos, con el objeto de detectar tempranamente la enfermedad. Esto implica la capacitación de los monitores.
- Será importante conocer el estado de la enfermedad en otras regiones y en siembras más tempranas.
- La presencia de roya en un lote seguramente implica que los lotes vecinos también la tienen.
- La presencia de roya en un lote no necesariamente significa "epifitia severa". Se debe recordar la importancia que tienen las condiciones ambientales en el desarrollo de las epifitias.
- Sin embargo, se debe tener en cuenta que en el caso de la roya no hay período de latencia, como ocurre con las enfermedades de fin de ciclo, cuya prolongada latencia permite una mayor flexibilidad en los momentos de aplicación de fungicidas (entre R3 y R5.4).

Se proponen los siguientes criterios preliminares para el manejo de la roya de la soja en el NOA:

- Si el lote está ubicado en zonas donde ya se detectó la roya (en el mismo lote o en lotes vecinos) y las condiciones ambientales son predisponentes, considerar aplicaciones a partir de R2 (floración plena).
- Si algunas de estas condiciones no se presentan, continuar con el monitoreo, y diferir la aplicación hasta R3 (inicio de formación de vainas). De este modo, se aumentan las probabilidades de que una aplicación de fungicida sea suficiente para cubrir hasta el final del ciclo.
- Se recomiendan aplicaciones en R3 para el manejo de las enfermedades de fin de ciclo y eventualmente para proteger contra la roya de la soja. Los

resultados de numerosos ensayos han mostrado que bajo las condiciones en que se desarrollan la mayoría de los cultivos de soja en la región (monocultivo de soja y siembra directa), se obtienen importantes incrementos de rendimiento como resultado del control de las enfermedades de fin de ciclo. De este modo aplicando en R3 se controla al complejo de fin de ciclo y al mismo tiempo se protege ante un eventual ingreso de la roya.

Es importante remarcar que esta enfermedad es manejable en tanto y en cuanto se hagan los tratamientos oportunamente. Si bien su presencia en la región genera preocupación, existe solución, no debiendo descuidar otras enfermedades del cultivo cuyo manejo es más problemático.

Consideraciones finales

Un adecuado manejo de las enfermedades de la soja será fundamental para sostener la rentabilidad y competitividad de los productores de este cultivo en el NOA. Por esa razón será conveniente asignar al manejo de este tipo de problemas sanitarios la importancia debida, procurando reducir al máximo las situaciones de riesgo.

En el caso de la roya asiática se deberán extremar las precauciones, ya que se trata de una importante enfermedad del cultivo de soja, causada por un patógeno que se caracteriza por una alta capacidad de diseminación y un gran poder de destrucción del follaje. El manejo de esta patología exigirá una planificación adecuada, un minucioso control del estado del cultivo durante la mayor parte del ciclo, y acciones rápidas en los momentos requeridos.

Una detección temprana permitirá encarar oportunas medidas de control que disminuyan las pérdidas en el caso de que las condiciones ambientales sean conducentes a severas epifitias de la roya. Hasta que se disponga de variedades resistentes, la principal estrategia de control a corto plazo será el uso de fungicidas aplicados al follaje.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó con fondos provenientes del FONCYT (PICT 99 N° 08-07435 "Desarrollo de tácticas integrales de protección de las principales enfermedades de la soja en el Noroeste Argentino") y del Programa Granos de la EEAOC.

Bibliografía citada

- Balardín, R. 2004.** Tercera Sesión: Manejo de la roya de la soja. Experiencias en Brasil (III). Páginas 14 – 16 en: Ploper, L. D; Principales conclusiones del Panamerican Soybean Rust Workshop. Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres". Publicación Especial 24: 24 pp.
- Begenisic, F., L.D. Ploper y A. Ivancovich. 2004.** Roya de la Soja: Características de la enfermedad. Docu-

mento de Trabajo N° 1 del Programa Nacional de
Roya de la Soja. 9 pp. <http://www.sinavimo.gov.ar>.

Hennen, J.F. 1996. The taxonomy of soybean rust. Páginas 29-32 en: Sinclair, J.B. and G.L. Hartman (eds.), Proceedings of the Soybean Rust Workshop, National Soybean Research Laboratory Publication N° 1, Urbana, Illinois, USA.

Levy, C. 2004. Zimbabwe – a country report on soybean rust control. Páginas 340-348 en: Proceedings VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Brasileiro de Soja. F. Moscardi y otros, eds. Embrapa Soja. Londrina, Paraná, Brasil.

Ploper, L. D. 2004a. Principales Conclusiones del Panamerican Soybean Rust Workshop. Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombres”. Publicación Especial 24: 24 pp.

Ploper, L.D. 2004b. Líneas de investigación y desarrollo sobre roya de la soja llevadas en el NOA. Páginas

12-14 en: Publicación del Seminario “Por un campo sano” (29 Abril 2004). Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

Ploper, L.D. 2004c. La roya de la soja en el noroeste argentino. Páginas 94-96 en: Publicación del 5º Seminario de Productores AAPRESID “Siembra Directa en el Norte”. Cevil Redondo, Tucumán, Argentina. 6-7 Julio 2004.

Poonpolgul, S. 2004. Páginas 335-339 en: Proceedings VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Brasileiro de Soja. F. Moscardi y otros, eds. Embrapa Soja. Londrina, Paraná, Brasil.

Yorinori, J.T. 2004. Country report and rust control strategies in Brazil. Páginas 447-455 en: Proceedings VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Brasileiro de Soja. F. Moscardi y otros, eds. Embrapa Soja. Londrina, Paraná, Brasil.

95

ANIVERSARIO
1909 - 2004

Investigación
y Servicios

Av. William Cross 3150 - Las Talitas - Tucumán

Tel. 54 (0381) 427 6561 y Rot. - Fax: 54 (0381) 427 6561 Int. 231

E-mail: direcc@eeaoc.org.ar - Web: www.eeaoc.org.ar