Agronomía Mesoamericana

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Nota técnica
Volumen 35: Artículo 55193, 2024
e-ISSN 2215-3608, https://doi.org/10.15517/am.2024.55193
https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index

Percepción de agricultores sobre el manejo de enfermedades fúngicas de la soja (*Glycine max x* (L.) Merr.) en Paraguay*

Perception of farmers on the management of fungal diseases of soybeans (*Glycine max x* (L.) Merr.) in Paraguay

Gabriela Giuliana Caballero-Mairesse[1,2], Flávio Henrique Mendes[2], Andrea Alejandra Arrua[1,3], Horacio Daniel Lopez-Nicora[1,4], Guillermo Andrés Enciso-Maldonado[1,3]

* Recepción: 24 de mayo, 2023. Aceptación: 4 de septiembre, 2023. Este trabajo corresponde a la tesis presentada por la primera autora para obtener la especialización en MBA en Agronegocios.

[1] Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Ruta 6 Km 38, Hohenau, Itapúa, 6290, Paraguay. gabicmairesse@gmail.com (https://orcid.org/0000-0003-0899-0777), gui77eenciso@gmail.com (autor para correspondencia; https://orcid.org/0000-0002-9528-7627).

[2] Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, Piracicaba 13418-900, São Paulo, Brasil. friquemendes@usp.br (https://orcid.org/0000-0002-7628-4850).

[3] Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Departamento Central, Campus Universitario San Lorenzo, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo 111421, Paraguay. andrea.arrua@cemit.una.py (https://orcid.org/0000-0002-9489-2120).

[4] Department of Plant Pathology, The Ohio State University, Columbus, OH, 43210, U.S.A. lopez-nicora.1@osu.edu (https://orcid.org/0000-0002-9672-9589).

Manuscrito aceptado

Resumen

Introducción. Paraguay es el sexto productor y tercer exportador mundial de soja (*Glycine max x (L.) Merr.*), este cultivo es el de mayor importancia socioeconómica en el país. Sin embargo, su productividad puede verse afectada por enfermedades causadas por hongos fitopatógenos. Además, la información fitosanitaria sobre el cultivo de soja en Paraguay es limitada. **Objetivo.** Comprender la percepción de agricultores sobre las principales enfermedades de la soja y su manejo. **Materiales y Métodos.** Entre abril y mayo de 2022, se aplicó un cuestionario en formato de *Google Forms* con preguntas abiertas y cerradas de selección múltiple a 45 productores de soja de entre 30 y 50 años, quienes cultivan en superficies de entre 200 y 1000 ha en los departamentos de Alto Paraná, Itapúa y Caaguazú en Paraguay. **Resultados.** El 56 % de los encuestados consideró que el mayor problema fitosanitario asociado al cultivo es la roya asiática de la soja [RAS] (*Phakopsora pachyrhizi*), seguida por las enfermedades de final de ciclo [EFC], como la mancha marrón (*Septoria glycines*) y mancha ojo de rana (*Cercospora kikuchii*). Los entrevistados indicaron que utilizan de tres a cuatro aplicaciones de fungicidas como medida de control de enfermedades, su elección fue basada en el tipo de formulación de los productos. En su mayoría, los entrevistados señalaron que el costo y la cantidad de aplicaciones aumentó con el transcurso del tiempo. El 53 % mencionó que los fungicidas biológicos son una buena alternativa para el manejo integrado de enfermedades. **Conclusión.** Las respuestas obtenidas en esta investigación permitieron obtener la percepción de las tácticas de manejo de enfermedades de los productores de soja en Paraguay, lo que resaltó la importancia de la RAS y las EFC. No obstante, resulta necesario que se realicen más investigaciones que puedan explorar todos los aspectos del manejo de los patógenos.

Palabras clave: *Glycine max,* fungicidas, enfermedades de las plantas, control de enfermedades de plantas.

© 2024 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Abstract

Introduction. Paraguay is the sixth largest producer and third largest exporter of soybeans (*Glycine max x* (L.) Merr.) globally, making this crop of paramount socio-economic importance in the country. However, its productivity can be adversely affected by diseases caused by phytopathogenic fungi. Additionally, phytosanitary information regarding soybean cultivation in Paraguay is limited. **Objective.** To understand farmers' perceptions of the the primary soybean diseases and their management. **Materials and methods.** Between April and May 2022, we administered a questionnaire in Google Forms format, consisting of both open and closed-ended multiple-choice questions, to 45 soybean producers aged between 30 and 50 years. These producers cultivate areas ranging from 200 to 1000 hectares in the departments of Alto Paraná, Itapúa, and Caaguazú in Paraguay. **Results.** Among the respondents, 56% considered Asian soybean rust (Phakopsora pachyrhizi) as the most significant phytosanitary issue associated with soybean cultivation, followed by late-season diseases (LSD) such as brown spot (*Septoria glycines*) and frogeye leaf spot (*Cercospora kikuchii*). Respondents reported using three to four fungicide applications as a disease control measure, with their choice based on the type of product formulation. A majority of respondents noted that both the cost and frequency of applications increased over time. Additionally, 53% mentioned that biological fungicides are a viable alternative for integrated disease management. **Conclusion.** The responses obtained in this study provide valuable insights into the disease management tactics perceived by soybean producers in Paraguay, underscoring the significance of Asian soybean rust and late-season diseases. Nevertheless, further research is necessary to explore all aspects of pathogen management thoroughly.

Keywords: *Glycine max*, fungicides, plant diseases, plant diseases control.

Manuscrito aceptado

Introducción

La soja [*Glycine max* (L.) Merr.] es uno de los cultivos más importantes a nivel global, debido a la calidad de sus proteínas para consumo humano y animal (Pagano & Miransari, 2016), y en la actualidad tiene otros usos no alimentarios, como para la fabricación de biocombustibles, recubrimientos, adhesivos y fibra (United Soybean, 2022).

Paraguay es el sexto mayor productor y tercer exportador mundial de soja cosechándose en la temporada 2021/2022 se cosecharon 4 38 736 t de granos en 3 300 000 ha, con rendimientos de 1324 kg ha^{-1} (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, s.f.).

La soja en Paraguay se cultiva en dos épocas de siembra, la primera que inicia en septiembre cubre alrededor de 3 000 000 ha y es la más importante porque los factores ambientales favorecen el crecimiento y desarrollo del cultivo; mientras que muchos agricultores encuentran beneficio en una segunda siembra realizada a partir de diciembre la cual cubre una superficie de unas 500 000 ha (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, 2015).

Factores bióticos y abióticos pueden limitar la producción de la soja, sin embargo, las enfermedades de origen fúngico tienen gran potencial para reducir el rendimiento y la calidad de los granos (Lima Da Silva, 2019). La importancia de las enfermedades puede variar cada año y de un determinado lugar a otro, pues las condiciones ambientales, las variedades seleccionadas y las prácticas de manejo influyen en su ocurrencia y desarrollo (Mueller et al., 2016).

En Paraguay, la aplicación de fungicidas es la principal medida para el manejo de enfermedades de soja, y en general, dicha aplicación se direcciona al control de la roya asiática de la soja [RAS] (*Phakopsora pachyrhizi*), enfermedad de mayor importancia económica en el país, cuya fecha de ocurrencia e intensidad varía cada año (Enciso-Maldonado et al., 2019; Enciso-Maldonado et al., 2021). Mientras que, en ausencia de la RAS,

enfermedades como la mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*) y las enfermedades de final de ciclo (EFC) como la mancha marrón (*Septoria glycines*), la mancha anillada (*Corynespora casiicola*), el tizón foliar y la mancha púrpura de la semilla (*Cercospora* spp.), se vuelven el foco principal de aplicaciones de fungicidas (Enciso-Maldonado & Fernandez-Gamarra, 2021).

En Paraguay podrían manifestarse enfermedades en soja asociadas a 33 especies fúngicas, entre las cuales, la podredumbre carbonosa (*Macrophomina phaseolina*) y la antracnosis (*Colletotrichum truncatum*) tienen un destaque importante (Arrua et al., 2021; Instituto de Biotecnología Agrícola, 2016; Maidana-Ojeda et al., 2020; Scholtz, 2020). Sin embargo, son escasos los reportes científicos relacionados a estudios sobre determinación de umbrales y niveles de daño económico de las diversas enfermedades que afectan a la soja, como también, sobre la estimación de las potenciales pérdidas económicas que causan estas, por lo tanto, la información disponible para los agricultores y técnicos es limitada (Arrua et al., 2021; Arrua et al., 2022; Enciso-Maldonado et al., 2021).

Resulta necesario recopilar información sobre los conocimientos de los agricultores y asesores del medio (técnicos y agrónomos), de los departamentos de Alto Paraná, Itapúa y Caaguazú, Paraguay, acerca de los diversos aspectos relacionados a las enfermedades de soja, prácticas actuales de manejo, eficacia de fungicidas, desafíos y oportunidades. Con esta información se podrán desarrollar materiales educativos y programas de extensión, también, será útil para diseñar nuevas investigaciones que busquen reducir las pérdidas de rendimiento y mejoren la sostenibilidad de la producción de soja en Paraguay, por ello, el objetivo de este trabajo fue comprender la percepción de agricultores acerca de las principales enfermedades de la soja y su manejo.

Manuscrito aceptado

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

La investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario, el cual fue enviado a los entrevistados en formato de *Google Forms* a través de la aplicación de mensajería *WhatsApp*, entre abril y mayo de 2022. El grupo de entrevistados estuvo compuesto por 45 productores de soja (*Glycine max x* (L.) Merr.), de entre 30 y 50 años, que cultivan en superficies de entre 200 y 1000 ha, de los departamentos de Alto Paraná, Itapúa y Caaguazú, los cuales ocupan, respectivamente, el 23; 18,5 y 11 % de la superficie total sembrada en el país, y que también, presentan condiciones edafoclimáticas similares (Instituto de Biotecnología Agrícola, 2022).

Recopilación de la información

Se utilizó un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas de selección múltiple, con la finalidad de relevar información sobre la percepción de los participantes acerca de las enfermedades más importantes que afectan a la soja, sobre las prácticas actuales de aplicación de fungicidas, sobre la percepción del costo y cantidad de aplicaciones, sobre el interés en el uso de fungicidas biológicos y sobre la pérdida de eficacia de los productos químicos (Cuadro 1).

relevar o revelar?

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron exportados en formato de tablas al programa Excel versión 2016, en donde los gráficos fueron elaborados con base en el porcentaje de las respuestas de los entrevistados.

Cuadro 1. Cuestionario aplicado a actores involucrados en la producción de soja (*Glycine max x (L.) Merr.*), de las principales zonas geográficas de producción de soja de la región Oriental del Paraguay. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Table 1. Questionnaire administered to stakeholders involved in the production of soybeans (*Glycine max x* (L.) Merr.) in the primary geographical areas of soybean production in the Eastern region of Paraguay. Conducted at the Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

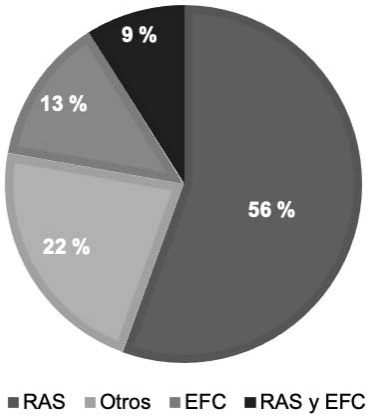
No.	Pregunta
1	¿Cuál es el mayor problema fitosanitario que afecta a la soja?
2	Clasifique en orden de prioridad (1 al 13) que enfermedades cree que sean más importantes de la siguiente lista: (Puede clasificar a más de una enfermedad en el mismo nivel de importancia) ____ Antracnosis ____ Bacteriosis ____ Damping-off ____ Mancha anillada _____ Mancha marrón ____ Mancha ojo de rana ____ Mildiu ____ Nematodos _____ Oidio ____ Podredumbre carbonosa _____ Roya _____ Tizón foliar _____ Virosis
3	Cuando se habla o piensa en roya, ¿cuál es la primera palabra que le viene a la mente?
4	¿De qué manera usted Controla la roya asiática de la soja? a. Control químico b. Variedades resistentes c. Otros: _____
5	¿Cuántas aplicaciones de fungicidas realiza en zafra? Si realiza zafriña ¿cuántas aplicaciones?
6	Considera que a lo largo de los años la cantidad de aplicaciones para controlar la roya: a. Aumentó b. Disminuyó c. No aumentó ni disminuyó
7	¿Usted sabía que los fungicidas pierden eficacia de control anualmente? a. Sí, si lo sabía b. No, no lo sabía
8	Considera que a lo largo de los años el costo del control químico para controlar la roya: a. Aumentó b. Disminuyó c. No aumentó ni disminuyó
9	Cuando Ud. Selecciona un fungicida, ¿se guía por la marca comercial o por su formulación (ingrediente activo y concentración de estos)? a. Marca comercial b. Formulación c. Ambos
10	¿Cuál es su opinión sobre utilizar fungicidas biológicos para el control de enfermedades en el cultivo de soja? a. Le interesa b. Cree que es buena alternativa c. No conoce d. No confía o no cree que funcione e. No le interesa

Manuscrito aceptado

Resultados

El 56 % de los entrevistados consideró que la roya asiática de la soja (RAS) es el principal problema fitosanitario de la soja, el 13 % consideró a las enfermedades de final de ciclo (EFC), mientras que un 9 % consideró que tanto la RAS como las EFC son igual de importantes (Figura 1).

El 22 % de los entrevistados dio respuestas diversas, por lo tanto, sus respuestas fueron categorizadas en "Otros" (Figura 1). Dentro de este grupo, algunos entrevistados consideran que los problemas fitosanitarios son varios y ocurren de manera específica y que depende de varios factores, y expusieron diferentes respuestas como "enfermedades fúngicas", "antracnosis", "manchas foliares", "mancha ojo de rana", "tizón foliar", "malezas" y "nutrición del cultivo"; también se tuvieron respuestas compuestas como "enfermedades fúngicas y malezas" y "malezas y RAS".



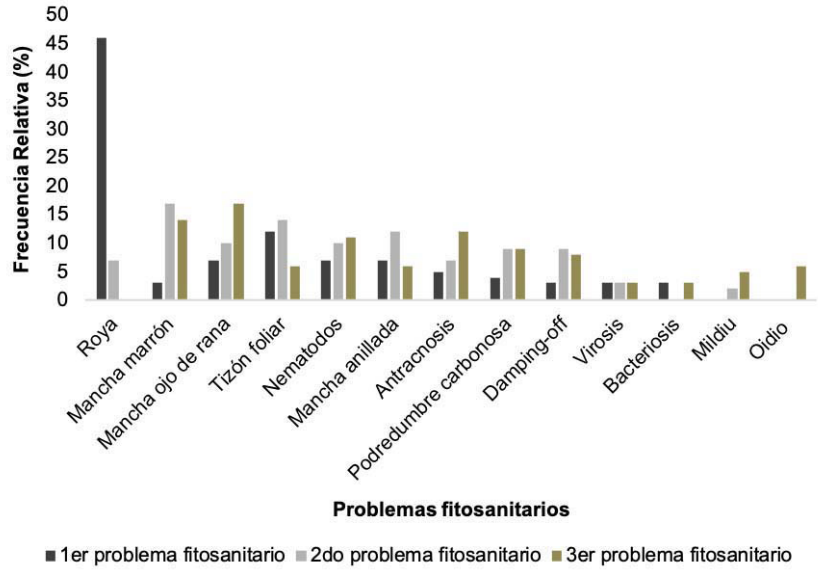
va esa "x" de mas?

Figura 1. Porcentaje de los principales problemas fitosanitarios del cultivo de soja (*Glycine max* **x** (L.) Merr.), de acuerdo con las respuestas de los agricultores a la encuesta. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Figure 1. Percentage of the main phytosanitary issues in soybean cultivation (*Glycine max* **x** (L.) Merr.) according to the responses of farmers in the survey. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Cuando se solicitó que se enumeren las enfermedades listadas, la RAS ocupó el primer lugar de importancia con el 46 % de las respuestas, seguida por la mancha marrón (*Septoria glycines*) y por la mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), con el 17 % de las respuestas cada una (Figura 2).

No aceptado



idem

Figura 2. Frecuencia relativa de las enfermedades de la soja (*Glycine max* x (L.) Merr.), de mayor prioridad para los agricultores entrevistados. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Figure 2. Relative frequency of soybean (*Glycine max* x (L.) Merr.) diseases of highest priority for interviewed farmers. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Cuando se solicitó a los entrevistados que indiquen cual es la primera palabra que viene a sus mentes al hablar de la RAS, las palabras más destacadas fueron "fungicidas" con el 36 % de las respuestas, "pérdidas" con el 14 % y "prevención" con el 12 %, seguidas por "problema", "defoliación", "alerta", "cuidado", "monitorear", "hongo", "planificación", "enfermedad", "riesgo", "preocupación", "pulverizar", "control" y "perjudicial" (Figura 3).

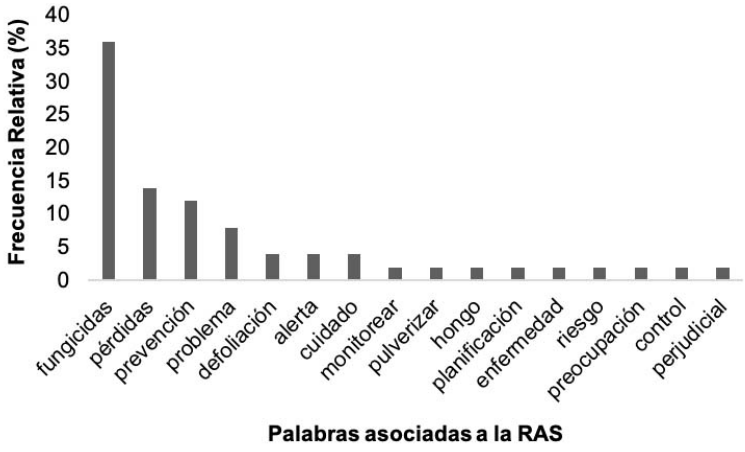


Figura 3. Frecuencia relativa de las palabras asociadas a la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) (RAS), entre los agricultores entrevistados. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Figure 3. Relative frequency of words associated with Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) (ASR) among interviewed farmers. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Manuscrito aceptado

Con respecto a la forma de control de la RAS por parte de los agricultores, el 58 % realiza control químico con fungicidas, el 35 % combina el uso de variedades resistentes con el control químico, mientras que el 7 % realiza un manejo integrado del cultivo (Figura 4).

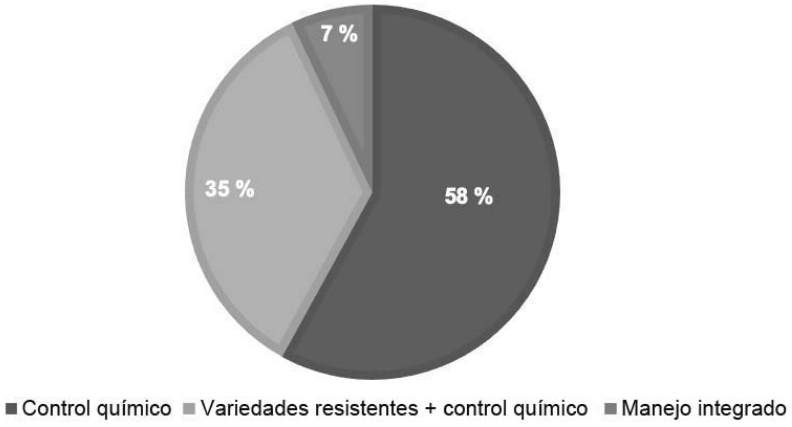


Figura 4. Principales estrategias para control de enfermedades fúngicas de la soja (*Glycine max x* (L.) Merr.) realizadas por agricultores. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

Figure 4. Main strategies for controlling fungal diseases in soybeans (*Glycine max x* (L.) Merr.) implemented by farmers. Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica, Natalio, Itapúa, Paraguay. 2022.

En cuanto al número de aplicaciones de fungicidas por ciclo de producción, los entrevistados indicaron que durante la primera época de siembra el 82 % realiza entre 3 y 4 aplicaciones de fungicidas, el 11 % aplica entre 5 y 6 veces y el 7 % entre 1 y 2 veces. En la época alternativa de siembra, el 38 % de los entrevistados no cultiva soja en esta época, mientras que el 40 % realiza entre 3 y 4 aplicaciones de fungicidas, el 18 % realiza entre 5 y 6, y el 4 % aplica entre 1 y 2 veces.

El 84 % de los entrevistados indicó que el número de aplicaciones de fungicidas aumentó con el transcurso del tiempo, mientras que el 16 % considera que el número de aplicaciones disminuyó. El 93 % está de acuerdo en que sí existe una reducción de la eficacia de control, mientras que 7 % no conocía este hecho. También, el 89% de los entrevistados considera que hubo un aumento en el costo de las aplicaciones de fungicidas, mientras que el 11 % manifiesta que el costo ha disminuido.

En cuanto a los criterios para seleccionar un fungicida, el 49 % de los entrevistados escoge con base a la formulación (ingrediente activo). El 47 % de los entrevistados escoge el fungicida basándose en la marca comercial del fungicida como también su formulación, mientras que el 4 % considera la marca comercial para escoger un fungicida.

En cuanto al interés sobre productos de origen biológico, el 53 % de los entrevistados considera que es una buena alternativa para el manejo de las enfermedades de soja, mientras que el 22 % no confía en la eficacia de estos productos. El 13 % considera que estos productos podrían ser interesantes, y el 11 % no tiene conocimiento al respecto. Ninguno de los entrevistados ha marcado la opción de no le interesa.

Discusión

La encuesta refleja, de manera general, la percepción que existe sobre las enfermedades de la soja y su manejo por parte de los encuestados en los departamentos de Alto Paraná, Itapúa y Caaguazú, Paraguay.

La mayor proporción de los entrevistados indicó que la RAS es el principal problema fitosanitario que afecta a la soja, lo que constata que lo mencionado en la literatura refleja la realidad del campo, pues desde la primera aparición de la RAS en América del Sur en el 2001, en el distrito de Pirapó, Itapúa, Paraguay, los trabajos de investigación han tenido una especial atención a la importancia, biología, epidemiología, diversidad, resistencia y control químico de la RAS en el cultivo de soja en Paraguay (Akamatsu et al., 2017; Ayala et al., 2008; Enciso-Maldonado et al., 2019; Enciso-Maldonado et al., 2022; **Isard et al., 2007**; Kato et al., 2022; Li, 2009; Miles et al., 2008; Yorinori et al., 2005).

no está, otro año

La mayoría de los entrevistados indicó que realiza el manejo de enfermedades por medio del control químico (58 %), con tres a cuatro aplicaciones por ciclo de cultivo y que asocian a la RAS con las palabras “fungicidas” y “pérdidas”, coincide con lo mencionado por Enciso-Maldonado et al. (2021), quienes señalaron que el manejo de enfermedades fúngicas de la soja en Paraguay se realiza por medio de pre-mezclas de fungicidas sintéticos, que contienen dos a cuatro ingredientes activos con diferentes modos de acción, con el objetivo principal de prevenir la infección de la RAS.

La RAS tiene un impacto significativo en la producción de soja, puede ocasionar pérdidas de producción de hasta 80 % en Estados Unidos (Hartman et al., 2015), mientras que en Brasil y Paraguay se estima que durante las primeras epidemias la pérdida de cosecha al no aplicar fungicidas fue del 80 y 60 %, respectivamente (Yorinori et al., 2005). Además, la RAS es la enfermedad que más afecta a la economía paraguaya, pues las pérdidas ocasionadas repercuten en toda la cadena de valor de la soja (Enciso-Maldonado et al. (2021). Los trabajos sobre esta temática son escasos y son necesarias más investigaciones para poder estimar pérdidas causadas por enfermedades en el cultivo de soja (Arrua et al., 2021).

Los entrevistados evidencian una preocupación por las EFC y por la mancha ojo de rana, las cuales, por lo habitual afectan la etapa reproductiva de la soja, aceleran la senescencia de las plantas y reducen el rendimiento y

Manuscrito aceptado

calidad de los granos; además, el inóculo tiene una gran capacidad para sobrevivir en los rastrojos, en el suelo y en las semillas (Hartman et al., 2015).

La mayoría de los agricultores en Paraguay realizan de tres a cuatro aplicaciones de fungicidas durante la primera época de siembra y la época alternativa de soja. Se demostró que el número de aplicaciones de fungicidas tiene un impacto significativo en el control de la roya asiática de la soja (RAS) (*Phakopsora pachyrhizi*) (Bandeira Barros et al., 2008). Investigadores han encontrado que tres aplicaciones de fungicidas son más eficientes para controlar la RAS en comparación con dos aplicaciones. Además, se ha observado que los cultivos de soja que recibieron tres aplicaciones de fungicidas presentaron una menor severidad de la RAS en comparación con aquellos que recibieron dos aplicaciones (Cerezolli et al., 2018).

Cuando se realizan tres o cuatro aplicaciones de fungicidas el efecto sobre la disminución de la severidad y el incremento del rendimiento es similar (Enciso-Maldonado et al., 2022). De manera similar, Ploper et al. (2015) observaron que no hubo efecto sobre el rendimiento ni sobre la disminución de la severidad de la RAS y de las EFC cuando se realizaron una o dos aplicaciones de fungicidas. Sin embargo, se destaca que es importante considerar que el número medio de aplicaciones oscila en un rango de dos a seis y puede ser variable, de acuerdo con la región en donde está instalado el cultivo y la presión del inóculo del patógeno presente en el ambiente (Garcés-Fiallos & Forcelini, 2013; Godoy et al., 2016). Lo que respondería a que en cuanto a la segunda época de siembra hay un mayor número de aplicaciones de fungicidas, ya que se espera que la presión de enfermedades sea mayor y que los rendimientos sean más bajos (De Souza, 2021), como fue el caso del 18 % de los entrevistados que realizan cinco a seis aplicaciones en esa época.

Con respecto al incremento histórico del número de aplicaciones por ciclo de cultivo, coincide con reportes realizados por el Foreign Agricultural Service (2019), que confirman que las aplicaciones en Paraguay se han duplicado a lo largo de años, lo que puede estar relacionado a la aparición de la RAS. Esto se ve respaldado por Enciso-Maldonado et al. (2021), quienes mencionan que cuando apareció la RAS en Paraguay, se utilizaban uno o dos ingredientes activos y se realizaban una o dos aplicaciones de fungicidas durante el ciclo de cultivo, y en los últimos años se empezaron a utilizar hasta cinco ingredientes activos con cuatro a cinco aplicaciones por ciclo.

El número de aplicaciones puede relacionarse a que, luego del reporte de la RAS en los Estados Unidos en 2004, se incrementó la producción de fungicidas específicos para esta enfermedad, así también, aumentó la venta de fungicidas, la cual estuvo ligada a la gran promoción por parte de los fabricantes, quienes enaltecieron los posibles beneficios fisiológicos proveídos por los mismos, que a la vez aumentaban el rendimiento de la soja incluso en ausencia de enfermedades, siendo esto responsable del término sanidad vegetal, además del aumento del precio de la soja como *commodity* (Bandara et al., 2020).

El 93 % de los entrevistados es consciente de la pérdida de eficacia de los fungicidas. Esto sugiere que aquellos más involucrados en la producción de soja tienen un mayor nivel de conocimiento adquirido a través de la experiencia y la actualización recibida. La pérdida de eficacia ocurre debido al uso intensivo de fungicidas sin rotación de ingredientes activos, lo que provoca la selección de cepas de hongos resistentes a estos (Gisi & Sierotziki, 2009). La baja disponibilidad de fungicidas con diferentes mecanismos de acción afecta a los diversos actores de la producción de cultivos. Además, representa un costo financiero significativo para los agricultores, las empresas productoras de fungicidas y la sociedad en general (Carmona & Sautua, 2017).

Un manejo sustentable de fungicidas es ideal para que los ingredientes activos actuales mantengan su eficacia de control elevada en el tiempo. La resistencia es una realidad que debe ser manejada con prioridad en un plan de producción acompañada de una rápida detección en el campo y de investigaciones que puedan prevenir estos casos (Fungicide Resistence Action Committee, 2018).

El 49 % de los entrevistados escogió un fungicida con base en la formulación (ingrediente activo [IA]), lo cual es positivo pues el IA es el compuesto responsable por la actividad inhibitoria deseada; puede ser vendido bajo varios nombres comerciales en diferentes concentraciones, junto a otros IA con diferentes modos de acción, ya que

Manuscrito aceptado

ISSN 2215-3608 https://doi.org/10.15517/am.2024.55193

depende de la necesidad y poder adquisitivo del productor (Fortes Braibante & Zappe, 2012; Navarini et al., 2007). Si bien, en cuanto a la decisión por la marca comercial puede ser reforzada por la participación de los productores y responsables técnicos en los eventos del tipo *marketing* agrícola en donde varias empresas exponen sus productos y destacan sus diferentes atribuciones (Falchetti Vigolo, 2016).

En el manejo integrado de enfermedades de plantas se destacan los agentes de control biológico, sistemas de predicción y el uso de variedades resistentes. Sin embargo, el uso de variedades resistentes es el método más práctico, económico y ambientalmente sostenible, para reducir la presión de resistencia de los patógenos y el número de aplicaciones de fungicidas por incrementar el periodo de tiempo entre pulverizaciones, lo que repercute en un menor costo de producción (Nutter, 2007; Unfried et al., 2010).

En este estudio se encontró que las medidas de combinación de control químico con variedades resistentes son menos adoptadas por los entrevistados. Solo el 36 % utiliza esta combinación, y solo el 7 % implementa un manejo integrado de enfermedades. La adopción de variedades de soja resistentes a la RAS en Paraguay es baja (1,47 % anual), pero sí aumenta al 33 % o 75 %, el ahorro en fungicidas podría variar entre 112,3 y 252,6 millones de dólares, respectivamente, lo que proporcionaría una ventaja competitiva en el mercado mundial de la soja (Ishikawa-Ishiwata & Furuya, 2021).

Los entrevistados demostraron tener cierto interés por los fungicidas biológicos, pero ¿por qué no los usan? Existe una mayor receptividad de los productores, pero no están seguros de cómo utilizarlos; lo que podría motivar este interés serían capacitaciones y eventos que enfoquen su funcionamiento e implementación; además, los efectos de productos biológicos no se evidencian con la misma rapidez que los químicos (Marrone, 2019; Saritha & Prasad Tollamadugu, 2019). El manejo integrado podría ser más eficiente con las nuevas propuestas de sistemas de alerta que predicen la ocurrencia de enfermedades desde de la presencia del inóculo en el ambiente, las condiciones ambientales y el estado fenológico del cultivo como es el caso en Paraguay de DigiFarmz y Smart Soil PY.

A diferencia de las investigaciones sobre fitopatógenos en soja en Brasil y Argentina, en Paraguay, aún existen muchos puntos ciegos que explorar, como la identificación y variabilidad genética de patógenos causantes de las EFC, determinar umbrales económicos y estimaciones más precisas sobre los daños y pérdidas ocasionados por la RAS y las EFC, además, detectar la resistencia de fitopatógenos a los fungicidas comercializados (Arrua et al., 2021; Arrua et al., 2022; Enciso-Maldonado et al., 2021; Enciso-Maldonado & Fernández-Gamarra, 2021). Aunque el número de encuestas es limitado, este es el primer estudio exploratorio sobre la percepción de agricultores acerca del manejo de enfermedades fúngicas en el cultivo de soja en Paraguay y sienta la base de futuras investigaciones relacionadas al tema.

Manuscrito aceptado

Conclusión

De acuerdo al relevamiento y al análisis realizado, para los agricultores la roya asiática de la soja (RAS), la mancha ojo de rana y las enfermedades de final de ciclo (EFC) son el principal problema fitosanitario de la soja en Paraguay, y los patógenos que causan estas enfermedades se manejan por medio del control químico. Además, se ha demostrado que la mayoría escoge un fungicida con base en su formulación, como también conoce acerca de la pérdida de eficacia de los fungicidas y se destaca la falta de conocimiento sobre técnicas biológicas de manejo, ya que la mayoría no aplica el manejo integrado.

Con los datos de este trabajo se podrían diseñar estudios sobre las diferentes tácticas que permitan la reducción del inóculo de fitopatógenos y mantener el potencial productivo de la soja, para reducir el costo del control químico y aumentar el beneficio de los agricultores, además, se podría retardar o prevenir la resistencia de los hongos a los fungicidas, y permite su uso sustentable.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los ingenieros agrónomos que apoyaron en la divulgación del formulario, y a los productores, técnicos y agrónomos que respondieron el cuestionario.

Referencias

Akamatsu, H., Yamanaka, N., Soares, R. M., Ivanovich, A. J. G., Lavilla, M. A., Bogado, A. N., Morel, G., Scholz, R., Yamaoka, Y., & Kato, M. (2017). Pathogenic variation of South American Phakopsora pachyrhizi populations isolated from soybeans from 2010 to 2015. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, *51*(3), 221-232. https://doi.org/10.6090/jarq.51.221

Arrua, A. A., Lopez-Nicora, H. D., Fernández Ríos, D., Grabowski, C. J., Cazal-Martínez, C. C., & Kohli, M. M. (2021). El impacto de las enfermedades fúngicas en el cultivo de soja (*Glycine max*) en Paraguay ¿Es posible estimar las pérdidas? *Investigaciones y Estudios - UNA*, *12*(1), 34-46. https://doi.org/10.47133/IEUNA2114

Arrua, A. A., Enciso-Maldonado, G. A., Schlickmann-Tank, J. A., Haupenthal, D. I., Fernández-Gamarra, M. A., Maidana-Ojeda, M., Esquivel-Fariña, A., Mongelos-Franco, Y., & Mendoza-Duarte, M. J. (2022). Importancia de una base de datos dinámica y confiable de plagas agrícolas del Paraguay. *Investigaciones y Estudios - UNA*, *13*(2), 85-88. https://doi.org/10.47133/IEUNA22208b

Ayala, L., Orrego, A. L., & Martínez, R. (2008). Control químico de la roya de la soja (*Phakopshora pachyrhizi*), con diferentes fungicidas y estados fenológicos de la planta. *Investigación Agraria, 10*(2), 49-54. https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/51

Bandara, A. Y., Weerasooriya, D. K., Murillo-Williams, A., White, C. M., Collins, A. A., Bell, T. H., & Esker, P. D. (2020). Relationship between soybean yield from high and low yielding field sites and selected soil characteristics. *Agrosystems, Geosciences Environment*, *3*(1), Article e20126. https://doi.org/10.1002/agg2.20126

Bandeira Barros, H., Sediyama, T., Reis, M., & Cecon, P. R. (2008). Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum*, *30*(2), 239-245. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i2.1741

Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. (2015). *Soja entrezafra o Soja «zafriña»*. http://capeco.org.py/soja-satelital-es/

Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. (s.f.). *Área de siembra, producción y rendimiento*. Recuperado el 24 de agosto, 2023 de: https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/

Carmona, M., & Sautua, F. (2017). La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas: causas y efectos en cultivos extensivos. *Agronomía y Ambiente*, *37*(1), 1-19. http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/60

Cerezolli, L., Lajús, C., Cericato, A., & Sordi, A. (2018). Eficiência de fungicidas multisitios utilizados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste, 3*, Artigo e17419. https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/17419

De Souza, F. (2021). Épocas de semeadura e aplicações de fungicida na soja: impacto sobre caracteres agronômicos e na produtividade final de grãos [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria]. Repositório UFSM. https://repositorio.ufsm.br/handle/1/22297

Manuscrito aceptado

Enciso-Maldonado, G. A., Maidana-Ojeda, M., Schlickmann-Tank, J. A., Montoya-García, C. O., Páez-Ranoni, H. J., Fernández-Riquelme, F., & Domínguez-Sanabria, J. A. (2019). Fungicidas sitio-específicos combinados con mancozeb para el control de la roya asiática de la soya. *Revista Mexicana de Fitopatología, 37*(1), 15-21. http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1903-3

Enciso-Maldonado, G. A., & Fernandez-Gamarra, M. A. (2021). *Cercospora kikuchii* ¿patógeno potencial de la soja? *Impacto Revista de Ciencia y Tecnología*, *1*(1), 69-72. http://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/349

Enciso-Maldonado, G. A., Maidana-Ojeda, M., Machuca-Aquino, P. R., Fernández-Gamarra, M. A., & Schlickmann-Tank, J. A. (2021). Eficacia de fungicidas para el control de manchas foliares en soja en el distrito de Minga Guazú, Paraguay. *Agrotecnia, 31,* 31-37. http://dx.doi.org/10.30972/agr.0315813

Enciso-Maldonado, G. A., Núñez-Ramírez, R. A., Montoya-García, C. O., Schlickmann-Tank, J. A., Maidana-Ojeda, M., Mendoza-Duarte, M. J., Aguilar-Cubilla, E. D., & Sanabria-Velázquez, A. D. (2022). Efecto de la época de siembra y diferentes programas aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya asiática de la soja. *Investigaciones y Estudios - UNA, 13*(2), 37-48. https://doi.org/10.47133/IEUNA22204b

Falchetti Vigolo, A. (2016). Decisão de compra de sementes de soja e insumos agrícolas nas principais regiões produtoras do Brasil [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pelotas]. Repositório UFPEL. http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/8196

Foreign Agricultural Service. (2019). *Paraguay oilseeds and products annual: Minor area growth expected to increase soybean production in 2019/2020*. United States Department of Agriculture. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Oilseeds%20and%20Products%20Annual_Buenos%20Aires_Paraguay_3-29-2019.pdf

Fortes Braibante, M. E., & Zappe, J. A. (2012). A química dos agrotóxicos. *Química Nova na Escola, 34*(1), 10-15. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf

Fungicide Resistence Action Committee. (2018). *Minutes of the 2008 FRAC QoI Working Group*. https://www.frac.info/docs/default-source/working-groups/qol-fungicides/qoi-meeting-minutes/minutes-of-the-2018-qoi-wg-meeting-and-recommendations-for-2019-telco-update-june-2019.pdf?sfvrsn=10f3489a_2

Garcés-Fiallos, F. R., & Forcelini, C. A. (2013). Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol + estrobilurina. *Bioscience Journal, 29*(4), 805-815. https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15029

Gisi, U., & Sierotziki, H. (2009). Fungicidas triazóis e estrobilurinas na cultura da soja: eficácia e risco de resistência. In Fundação MT (Ed.). *Boletim de Pesquisa de Soja* (6ª ed., pp. 223-227). Fundação MT.

Godoy, C. V., Almeida, A. M. R., Costamilan, L. M., Meyer, M. C., Dias, W. P., Seixas, C. D. S., Soares, R. M., Henning, A. A., Yorinori, J. T., Ferreira, L. P., & Silva, J. F. V. (2016). Doenças da soja. Em L. Amorim, J. A. M. Rezende, A., Bergamin Filho, & L. E. A. Camargo (Eds.) *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas* (5ª ed., pp. 657-676). Agronômica CERES Ltda.

Hartman, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. J., Domier, L. L., Davis, J. A., & Steffey, K. L. (Eds.). (2015). *Compendium of soybean diseases and pests*. The American Phytopathological Society.

Instituto de Biotecnología Agrícola. (2016). *Guía de campo: identificación de malezas, plagas y enfermedades de soja*. https://www.inbio.org.py/informes/publicaciones/Guia-de-campo-Identificacion-malezas-plagas-enfermedades-soja.pdf

Manuscrito aceptado

Instituto de Biotecnología Agrícola. (2022). *Estimación de superficies: soja - arroz - maíz* [Fact sheet]. https://www.inbio.org.py/informes/superficies-siembra/2022/Estimacion-Superficies-Soja-Arroz-Maiz-2021-2022.pdf

Isard, S. A., Dufault, N. S., Miles, M. R., Hartman, G. L., Russo, J. D., De Wolf, E. D., & Morel, W. (2006). The effect of solar irradiance on the mortality of Phakopsora pachyrhizi urediniospores. *Plant Disease*, *90*(7), 941-945. https://doi.org/10.1094/PD-90-0941

Ishikawa-Ishiwata, Y., & Furuya, J. (2021). Fungicide cost reduction with soybean rust-resistant cultivars in Paraguay: A supply and demand approach. *Sustainability*, *13*(2), Article 887. https://doi.org/10.3390/su13020887

Kato, M., Morel, A., & Yamanaka, N. (2022). Resistance to Asian soybean rust and yield of new soybean cultivars, JFNC 1 and JFNC 2, harboring three resistance genes. *Tropical Plant Pathology*, *47*(5), 599-607. https://doi.org/10.1007/s40858-022-00516-x

Li, S. (2009). Reaction of soybean rust-resistant lines identified in Paraguay to Mississippi isolates of Phakopsora pachyrhizi. *Crop Science*, *49*(3), 887-894. https://doi.org/10.2135/cropsci2008.06.0305

Lima Da Silva, M. S. (2019). *Principais doenças da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill)* [Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano]. Repositório IFGOIANO. https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/537

Maidana-Ojeda, M., Sosa-Gerke, J. C., Bogado-González, C. E., Fernandez-Gamarra, M. A., Sanabria-Velazquez, A. D., Lopez-Nicora, H. D., & Enciso-Maldonado, G. A. (2020). Cuantificación de inóculo de Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid en parcelas de soja del Departamento de Itapúa-Paraguay. *Investigaciones y Estudios - UNA*, *11*(2), 69-77. https://doi.org/10.47133/IEUNA2027

Marrone, P. G. (2019). Pesticidal natural products - status and future potential. *Pest Management Science*, *75*(9), 2325-2340. https://doi.org/10.1002/ps.5433

Miles, M. R., Morel, W., Ray, J. D., Smith, J. R., Frederick, R. D., & Hartman, G. L. (2008). Adult plant evaluation of soybean accessions for resistance to Phakopsora pachyrhizi in the field and greenhouse in Paraguay. *Plant Disease*, *92*(1), 96-105. https://doi.org/10.1094/PDIS-92-1-0096

Mueller, D. S., Wise, K. A., Sisson, A. J., Smith, D. L., Sikora, E. J., Robertson, A. E., & Bradley, C. A. (2016). *A farmer's guide to soybean diseases*. American Phytopathological Society. https://doi.org/10.1094/9780890545157

Navarini, L., Dallagnol, L. J., Balardin, R. S., Moreira, M. T., Meneghetti, R. C., & Madolosso, M. G. (2007). Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja. *Summa Phytopathologica*, *33*(2), 182-186. https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000200013

Nutter, F. F. (2007). The role of plant disease epidemiology in developing successful integrated disease management programs. In A. Ciancio, & K. G. Mukerji (Eds.)., *General concepts in integrated pest and disease management. integrated management of plants pests and diseases* (Vol. 1, pp. 49-79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6061-8_3

Pagano, M. C., & Miransari, M. (2016). The importance of soybean production worldwide. In M. Miransari (Ed.), *Abiotic and biotic stresses in soybean production*. (pp. 1-26). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801536-0.00001-3

Ploper, L. D., González, V., Gálvez, M. R., Ruiz, S., Morandini, M., & Devani, M. R. (2015). Experiencias en el uso de fungicidas foliares en el cultivo de soja durante 10 ciclos agrícolas en Tucumán, R. Argentina. *Revista Industrial y Agropecuaria de Tucumán, 92*(1), 17-38. http://www.scielo.org.ar/pdf/riat/v92n1/v92n1a02.pdf

Manuscrito aceptado

Saritha, M., & Prasad Tollamadugu, N. V. K. V. (2019). The status of research and application of biofertilizers and biopesticides: Global scenario. In V. Buddolla (Ed.), *Recent developments in applied microbiology and biochemistry* (pp. 195-207). Academic Press.

Scholtz, R. (2020). *Identificación de las principales enfermedades en el cultivo de soja, manual técnico*. IPTA.

Unfried, J. R., Kiihl, R. A. S., Calvo, E. S., Takeda, C., Nouchi, A., Otubo, S., & Siqueri, F. (2010). Genética e melhoramento para resistência à ferrugem asiática da soja [Conference presentation]. XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Londrina, PR, Brasil.

United Soybean. (2022, March 11). All eyes on soybean oil demand. https://www.unitedsoybean.org/hopper/all-eyes-on-soybean-oil-demand/

Yorinori, J. T., Paiva, W. M., Frederick, R. D., Costamilan, L. M., Bertagnolli, P. F., Hartman, G. E., Godoy, C. V., & Nunes Jr., J. (2005). Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease*, *89*(6), 675-677. https://doi.org/10.1094/PD-89-0675

Manuscrito aceptado