

Respuesta del rendimiento de soja a diferentes fungicidas en Misiones, Paraguay

Soybean yield in response to different fungicides in Misiones, Paraguay

Octavio Jesús Gómez-Vega¹, Lucas Iván Giménez-Fernández¹, Gian Franco González-Stolle¹, César Rafael Cabrera-Figueroa², María Florencia Bigler-Vazquez¹, Horacio D. Lopez-Nicora³, Guillermo A. Enciso-Maldonado^{1*}

¹ Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” Unidad Pedagógica Hohenau, Itapúa, Paraguay.

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Itapúa, Itapúa, Paraguay

³ The Ohio State University, Department of Plant Pathology, Columbus, OH, USA

*Autor corresponsal: guillermo.enciso@uc.edu.py

Resumen

En Paraguay, la soja es esencial para la economía agrícola, destacando la región de Misiones con 62.966 hectáreas cultivadas en la campaña 2023/2024. Este estudio evaluó nueve fungicidas comerciales y un testigo, comparando su impacto en el rendimiento de la soja durante dos épocas de siembra (octubre y diciembre de 2023). El experimento, realizado en Santa Rosa con la variedad M 5947 IPRO, siguió un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, aplicando los tratamientos tres veces por época. Las condiciones climáticas, con precipitaciones esporádicas y temperaturas superiores a 30°C, limitaron el desarrollo de la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), ya que las severidades iniciales ($\leq 1\%$) no progresaron debido a la falta de humedad y películas de agua. Los resultados mostraron que el rendimiento varió significativamente entre fungicidas y épocas de siembra. La primera época (2.382 kg/ha) fue más productiva que la segunda (1915 kg*ha⁻¹), destacándose el tratamiento T2 (Picoxistrobina 10,25% + Benzovindiflupir 5.13%) con el mayor rendimiento (3.440 kg*ha⁻¹). En contraste, el testigo (T1) presentó el rendimiento más bajo (1.169 kg/ha), una reducción del 59%. Los tratamientos T9 y T6 también mostraron buenos rendimientos, pero su efectividad dependió de la época de siembra. Los hallazgos resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente los fungicidas y las épocas de aplicación para optimizar el rendimiento, coincidiendo con otros estudios en Paraguay que enfatizan la interacción entre el clima y el manejo fitosanitario en la soja.

Palabras clave: *Glycine max*, control químico, fungicidas.

Abstract

In Paraguay, soybeans are a key component of the agricultural economy, with the Misiones region seeing significant growth in cultivation, reaching 62,966 hectares in the 2023/2024 season. This study evaluated nine commercial fungicides and a control, comparing their impact on soybean yield during two planting seasons (October and December 2023). Conducted in Santa Rosa with the M 5947 IPRO variety, the experiment followed a randomized complete block design with four replications. Treatments were applied three times per season, and the incidence of diseases and yield were measured. Unfavorable climatic conditions, including sporadic rainfall and temperatures above 30°C, limited the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). Initial disease severity ($\leq 1\%$) did not progress due to the lack of moisture needed for spore germination. Results revealed significant yield differences among fungicides, with the first planting season (2,382 kg/ha) yielding more than the second (1,915 kg/ha). Treatment T2 (Picoxystrobin 10.25% + Benzovindiflupir 5.13%) achieved the highest yield (3440 kg/ha), while the control (T1) had the lowest yield (1,169 kg/ha), showing a 59% reduction. Treatments T9 and T6 also resulted in high yields, but their effectiveness varied by planting season. These findings emphasize the importance of selecting the right fungicides and planting times to optimize yields. Similar results have been reported in other studies in Paraguay, underscoring the role of climate and phytosanitary management in soybean performance.

Key Words: *Glycine max*, chemical control, fungicides.

1. Introducción

El cultivo de soja (*Glycine max*) en Paraguay constituye uno de los pilares fundamentales de la economía agraria del país, destacándose por su significativa contribución a la producción agrícola y a las exportaciones nacionales (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, 2024). La región de Misiones, con su clima y condiciones edáficas particulares, presenta desafíos específicos que influyen en la sanidad y productividad del cultivo de soja, el cual ha aumentado su superficie de producción en el departamento, con estimaciones de 62.966 hectáreas para la campaña 2023/2024 (Instituto de Biotecnología Agrícola, 2023).

Varios factores limitan la producción de la soja, de entre los cuales las enfermedades fúngicas, incluidas la roya asiática de la soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, y la mancha marrón, causada por *Septoria glycines*, entre otras, representan limitantes significativas que pueden reducir dramáticamente el rendimiento y la calidad del cultivo (Hartman, et al., 2016; Lima Da Silva, 2019; Williams y Nyvall, 1980). La importancia de estas enfermedades puede variar cada año y de un lugar a otro, siendo influenciada por las condiciones ambientales, las variedades seleccionadas y las prácticas de manejo (Mueller, et al., 2016).

Estas enfermedades se manejan predominantemente mediante control químico. Se ha descrito que la mayoría de los productores selecciona un fungicida basándose en su ingrediente activo, y a menudo se enfrenta a la pérdida de eficacia de los productos. La falta de conocimiento sobre técnicas biológicas de manejo y la escasa aplicación del manejo integrado de enfermedades son problemas destacados (Caballero-Mairesse, et al., 2024). Además, la eficacia de los diferentes productos y su impacto sobre el rendimiento del cultivo puede variar considerablemente (Barro, et al., 2021; Bohner, 2015; Enciso, et al., 2022)

Este estudio busca evaluar la respuesta del rendimiento de soja a la aplicación de diferentes fungicidas en la región de Misiones, Paraguay. Este enfoque no solo permite identificar los productos más eficientes bajo condiciones específicas, sino también contribuir a la generación de prácticas de manejo integrado de enfermedades que optimicen tanto el control de patógenos como la rentabilidad del cultivo (Hossain, et al., 2024; Langenbach, et al., 2016).

Es fundamental destacar que hasta la fecha no se han realizado estudios previos sobre la efectividad de fungicidas en el departamento de Misiones, lo que convierte a este trabajo en un antecedente crucial para futuras investigaciones y decisiones agronómicas en la región.

2. Materiales y Métodos

Este estudio se llevó a cabo en Santa Rosa, Departamento de Misiones, Paraguay, específicamente en el km 265 de la Ruta PY01, utilizando la variedad de soja M 5947 IPRO. Se evaluaron 10 fungicidas comerciales junto con un testigo, en dos diferentes fechas de siembra. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, aplicando un arreglo factorial 2x4. La siembra en la primera época se realizó el 20 de octubre de 2023 y en la segunda el 1 de diciembre de 2023.

Cada unidad experimental consistió en cinco hileras espaciadas a 0,45 m, sembrando 15 semillas por metro lineal. Se definió un área útil de 4,05 m² por unidad para la evaluación,

excluyendo 1 m de cada extremo y una hilera por cada lado de la unidad experimental. Los tratamientos se detallan en la tabla 1:

Tabla 1

Tratamientos, productos, ingrediente activo y dosis ha⁻¹.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (cc/ha)
T1		
T2	Picoxistrobina 10,25 % + Benzovindiflupir 5,13 %	600
T3	Picoxistrobina 9 % + Ciproconazole 4 %	600
T4	Trifloxistrobina 37,5 % + Ciproconazole 16 %	150
T5	Protioconazole 24,0 % + Inpyrfluxam 12,0 %	350
T6	Benzovindiflupyr 7,5 % + Protioconazole 15 %	450
T7	Picoxistrobina 10 % + Protioconazole 11,67 %	600
T8	Fluxapyroxad 5% + Epoxyconazole 5% + Piraclostrobina 8,1%	800
T9	Bixafen 12,5 % + Protioconazole 17,5 % + Trifloxistrobina 15 %	500
T10	Ciproconazole 15% + Difenconazole 25 %	300

La aplicación de los tratamientos se realizó utilizando una pulverizadora de mochila presurizada con CO₂ a 3 bar, moviéndose a una velocidad de 5 km h⁻¹, iniciando las aplicaciones al detectar la enfermedad con una severidad menor al 1,0 %. Se llevaron a cabo tres aplicaciones en total. En la primera época, las aplicaciones se realizaron a los 50, 65 y 80 días después de la emergencia, mientras que, en la segunda época, las aplicaciones se realizaron a los 40, 58 y 73 días después de la emergencia.

Para monitorear las enfermedades presentes, se realizaron evaluaciones a los 15 días después de cada aplicación. Para la evaluación, se recolectaron aleatoriamente 10 hojas del estrato medio en zigzag y se compararon con la escala diagramática de roya asiática de la soja, propuesta por Godoy, Koga y Canteri (2006), que define seis niveles de severidad desde 0,6 a 78,5%.

Finalmente, el rendimiento se determinó cosechando manualmente todas las plantas del área útil de cada unidad experimental, estas fueron retiradas del campo para ser trilladas. Luego, los granos fueron pesados con una balanza de precisión, y el peso se ajustó a 13% de humedad. Posteriormente, se tomaron 3 submuestras de 1.000 granos de cada unidad experimental, fueron pesadas y promediadas para obtener el valor del peso de mil granos. Por último, se calculó el porcentaje de reducción en productividad comparándolo con el rendimiento medio del tratamiento más eficaz.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y, cuando existió diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 5%, empleando el paquete estadístico de SAS 9.0.

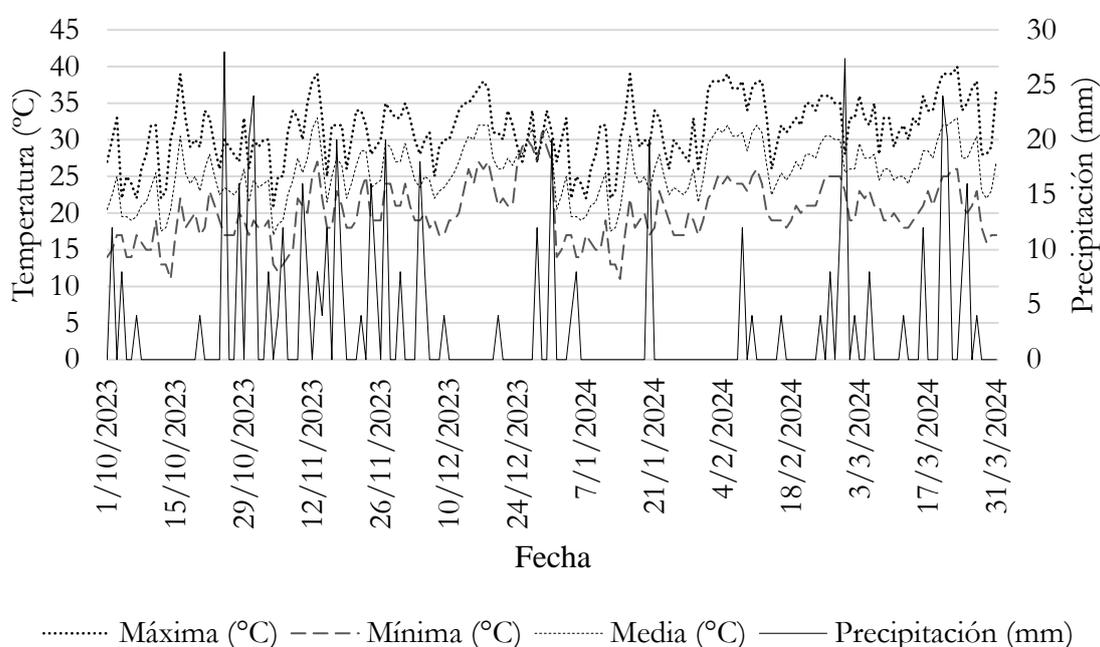
3. Resultados y Discusión

Durante el periodo experimental, se observó una amplia variabilidad en las temperaturas y las precipitaciones, afectando potencialmente la incidencia de enfermedades. Las aplicaciones de fungicidas comenzaron al detectar roya asiática de la soja con una severidad $\leq 1\%$, pero el desarrollo de la enfermedad no progresó debido a condiciones desfavorables para el patógeno en

ambas épocas. El hongo *Phakopsora pachyrhizi*, el agente causal de la roya requiere alta humedad relativa (superior al 75%) y temperaturas de 15 a 28°C para su desarrollo, ya que sus esporas necesitan una película de agua para germinar, generalmente proporcionada por lluvias o rocío. Sin embargo, los datos meteorológicos (Figura 1) mostraron períodos de baja precipitación y temperaturas frecuentemente superiores a 30°C, inadecuadas para la roya. Aunque se registraron episodios de lluvia, estos fueron esporádicos y no suficientes para mantener una humedad prolongada favorable al patógeno. Esta alternancia entre períodos secos y precipitaciones breves, junto con temperaturas elevadas, probablemente restringió la formación de la película de agua necesaria, reduciendo la posibilidad de infección y expansión de la enfermedad en los cultivos.

Figura 1

Condiciones meteorológicas durante el periodo de estudio. Santa Rosa, Misiones, Paraguay, 2023/2024.



Por otro lado, se observó que tanto los tratamientos fungicidas, como la época de siembra y su interacción, tienen un efecto significativo en el rendimiento de la soja, lo que indica que los factores incluidos explican de manera significativa la variabilidad en los datos (Tabla 2). Mientras que el peso de 1.000 semillas solamente se vio afectado por la época. El factor fungicida mostró un efecto significativo en el rendimiento (p -valor $< 0,0001$), evidenciando que la respuesta al rendimiento varía considerablemente entre los diferentes fungicidas utilizados. Por otro lado, la época de siembra también influyó significativamente en el rendimiento (p -valor $< 0,0001$), subrayando cómo la efectividad de los tratamientos puede depender de la época en que se siembra la soja. Además, la interacción entre los tratamientos y las épocas de siembra fue estadísticamente significativa (p -valor = 0,0005), lo que sugiere que la eficacia de los fungicidas puede variar no solo en función del producto aplicado sino también de la fecha de aplicación. Este resultado implica que las recomendaciones para el uso de fungicidas deberían ser específicas para cada período de

siembra, a fin de optimizar la efectividad en el control de enfermedades y el incremento del rendimiento.

Tabla 2

Resumen de valores de probabilidad para el efecto de fungicida, época y la interacción entre ambos sobre el rendimiento y el peso de 1.000 semillas de soja.

F.V.	p-valor del Rendimiento	p-valor del peso de 1.000 semillas
Fungicida	<0,0001	0,3429
Época	<0,0001	<0,0001
Fungicida*Época	0,0005	0,9828
Coefficiente de variación	19,88	8,40

En la Tabla 3 se presentan los resultados del rendimiento y el porcentaje de reducción de la productividad con respecto al factor fungicida. El testigo presentó el rendimiento más bajo con una media de 1169,03 kg/ha y la mayor reducción de productividad (59,0%). Los tratamientos con fungicida mostraron ser más efectivos en aumentar el rendimiento, siendo el T2 el fungicida que permitió el rendimiento más alto, alcanzando 2851,5 kg/ha. Otros fungicidas como T3, T5, T6 y T9 también demostraron ser efectivos, con reducciones de productividad de 8,5% a 18,5% y rendimientos altos y tampoco difieren significativamente entre sí, lo que sugiere un patrón de respuesta variada al uso de diferentes combinaciones de ingredientes activos en los fungicidas, donde algunos fungicidas son considerablemente más eficaces que otros para mejorar el rendimiento de la soja. Los fungicidas T4, T7 y T10 mostraron una eficacia moderada con reducciones de productividad de 26,5% a 34,1% y rendimientos menores, mientras que T8 tuvo un rendimiento de 1684 Kg/ha y una reducción del 41,0%, reflejando una eficacia limitada.

La variación de respuesta del rendimiento observada en ausencia de enfermedades tiene varias posibles causas. Primero, la fitotoxicidad de algunos fungicidas puede causar daño al tejido vegetal, especialmente si se aplican bajo condiciones inapropiadas o en combinación con otros productos químicos incompatibles. Segundo, el costo de energía fisiológica podría ser un factor, ya que las plantas podrían invertir recursos en metabolizar o detoxificar el fungicida en lugar de enfocarse en el crecimiento y desarrollo. Además, condiciones ambientales adversas como temperaturas extremas o sequías pueden alterar la respuesta de las plantas al tratamiento fungicida.

Tabla 3

Tratamiento y rendimiento y porcentaje de reducción de la productividad para el factor fungicida.

Tratamiento	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T1	1.169 a	59,0
T2	2.852 e	0,0
T3	2.349 bcde	17,6
T4	1.878 bc	34,1

Tratamiento	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T5	2.325 bcde	18,5
T6	2.540 cde	10,9
T7	2.096 bcd	26,5
T8	1.684 b	41,0
T9	2.609 de	8,5
T10	1.976 bcd	30,7

En cuanto a la época de siembra, en la primera época se obtuvo un rendimiento significativamente mayor, con una media de 2.382 kg/ha con un peso de mil semillas de 145,8 g, en comparación con la segunda época, que alcanzó un rendimiento de 1915 kg/ha con 168,0 g de peso de mil semillas. Estos resultados sugieren que la elección de la época de siembra tiene un impacto notable en el rendimiento y en el peso de granos de la soja, siendo la primera época significativamente más productiva en este estudio, pero con menor peso de granos.

En la Tabla 4 se observan los resultados de la interacción entre fungicidas y la época de siembra, evidenciando la interacción significativa entre estos factores. Los resultados varían ampliamente tanto por fungicida como por época. Por ejemplo, los fungicidas en la primera época de siembra generalmente alcanzan rendimientos más altos en comparación con la segunda época, destacándose especialmente el fungicida T2 en la primera época con el rendimiento más alto registrado de 3.440 kg*ha⁻¹, seguido por el T9 en la primera época con 3.316 kg*ha⁻¹. En contraste, en la segunda época, los rendimientos son consistentemente más bajos, aunque hay excepciones donde algunos fungicidas como el T6 y el T2 muestran valores superiores a 2.300 kg*ha⁻¹. Los testigos mostraron los valores de rendimiento más bajos en ambas épocas.

Tabla 4

Rendimiento del cultivo y reducción de productividad con relación a las épocas de siembra y tratamientos.

Tratamiento	Época	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T1	S1	954 a	72,3
T1	S2	1.384 ab	59,8
T8	S1	1.634 abc	52,5
T4	S2	1.643 bc	52,2
T10	S2	1.733 abc	49,6
T8	S2	1.865 abcd	45,8
T7	S2	1.868 abcd	45,7
T3	S2	1.885 abcd	45,2
T5	S2	1.902 abcd	44,7
T9	S2	2.029 bcd	41,0
T10	S1	2.087 bcd	39,3
T4	S1	2.114 bcde	38,6
T2	S2	2.263 bcde	34,2
T7	S1	2.331 bcde	32,2

Tratamiento	Época	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T6	S2	2.352 bcde	31,6
T5	S1	2.622 cdef	23,8
T3	S1	2.727 cdef	20,7
T6	S1	2.813 def	18,2
T9	S1	3.316 ef	3,6
T2	S1	3.440 f	0,0

Los hallazgos de este estudio subrayan cómo la eficacia de los fungicidas puede variar significativamente dependiendo de la época de aplicación, con algunos tratamientos siendo mucho más efectivos en la primera época que en la segunda. También refleja la importancia de seleccionar adecuadamente tanto el fungicida como el momento de aplicación para maximizar el rendimiento de la soja. Estudios recientes han resaltado la importancia del momento de aplicación de fungicidas en soja para optimizar tanto el control de enfermedades como la respuesta de rendimiento. Por ejemplo, un estudio realizado por Iowa State University en 2020 examinó la respuesta de rendimiento de la soja a aplicaciones de fungicidas foliares en varias localidades, destacando que la respuesta al rendimiento puede ser mínima en condiciones de baja presión de enfermedades. En años secos, como fue el caso de este estudio, las enfermedades foliares no fueron un problema mayor, y, por lo tanto, la necesidad de fungicidas fue también relativamente limitada (Mueller, et al., 2020).

Un estudio similar realizado en La Paloma, Canindeyú, por Mendoza-Duarte et al. (2023) es en general, consistente con los resultados de este ensayo, donde se sugiere que el uso de fungicidas específicos es efectivo para el manejo de las enfermedades y el aumento del rendimiento en soja con una reducción de la eficacia de control al sembrarse la soja de forma más tardía. Se encontró que las mezclas que incluyeron Picoxistrobin + Benzovindiflupyr y Azoxistrobin + Benzovindiflupyr redujeron la severidad y aumentaron el rendimiento en soja sembrada en octubre, mientras que, al ser sembrada en enero del siguiente año, resaltaron las mezclas de Trifloxistrobin + Prothioconazole + Bixafen y Trifloxistrobin + Prothioconazole. Los fungicidas menos eficientes fueron Picoxistrobin + Ciproconazole y Trifloxistrobin + Ciproconazole.

En Yguazú, Alto Paraná Enciso-Maldonado et al. (2019) encontraron también diferencia significativa según fecha de siembra, donde las condiciones climáticas favorecieron el desarrollo de roya asiática de la soja, hallándose más severidad en la segunda siembra realizada en noviembre (58,7%) comparado con la primera siembra realizada en septiembre (11,1%). Se resalta la eficacia de control de Prothioconazole + Trifloxistrobin en la primera fecha y una reducción consistente en la eficacia en la segunda fecha en todos los tratamientos.

Similarmente, en Minga Guazú, Alto Paraná, Enciso-Maldonado et al. (2021) en un ensayo realizado en octubre, el mejor tratamiento para controlar mancha marrón fue la combinación de Fluxapyroxad + Epoxiconazole + Pyraclostrobin y arrojó un rendimiento de 3.318,8 kg ha⁻¹. Tratamientos con Bixafen + Prothioconazole + Trifloxistrobin, Picoxistrobin + Prothioconazole, Picoxistrobin + Ciproconazole obtuvieron buenos rendimientos y fueron también

estadísticamente similares. En general, las combinaciones de fungicidas de sitio-específico han mostrado mejorar el rendimiento de la soja al reducir la severidad de las enfermedades.

Por otro lado, un estudio en Ontario evaluó el momento óptimo para aplicaciones de fungicidas en soja, encontrando que las aplicaciones en etapas tempranas de crecimiento (como R2.5, plena floración) proporcionaban mayores respuestas de rendimiento en comparación con aplicaciones en etapas más tardías (etapas de formación de vaina). Esto sugiere que la respuesta de la soja a los fungicidas puede ser significativamente mejorada mediante la optimización del momento de aplicación (Bohner, 2015).

4. Conclusiones

El análisis de resultados demostró que las condiciones meteorológicas durante el periodo experimental, caracterizadas por precipitaciones esporádicas y temperaturas frecuentemente superiores a 30°C, limitaron significativamente el desarrollo de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Aunque se iniciaron aplicaciones de fungicidas con severidades $\leq 1\%$, la enfermedad no progresó debido a la ausencia de alta humedad relativa y películas de agua necesarias para la germinación de esporas. Los factores evaluados —tipo de fungicida, época de siembra y su interacción— mostraron efectos significativos en el rendimiento de la soja, siendo la primera época más productiva. El tratamiento T2 se destacó por su máxima efectividad con rendimientos de hasta 3.440 kg*ha⁻¹ en la primera época, mientras que el T1 (testigo) presentó el rendimiento más bajo con una reducción de productividad del 59%. Los fungicidas T9 y T6 también lograron altos rendimientos, pero su efectividad varió según la época. Los hallazgos reflejan la necesidad de seleccionar adecuadamente fungicidas y épocas de aplicación para maximizar el rendimiento, optimizando tanto el control de enfermedades como la respuesta fisiológica del cultivo. Resultados similares han sido reportados en otros estudios en Paraguay, los cuales enfatizan el impacto de la interacción entre condiciones climáticas y el manejo fitosanitario en el desempeño del cultivo de soja.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Ing. Agr. Miguel Ángel López-Bosio por brindar acceso a sus campos en la Estancia Martha Esther para la ejecución de este estudio, así como por su respaldo financiero que facilitó la realización de las cosechas. Por otro lado, este trabajo se realizó en el marco del convenio entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Smart Soil PY S.A. por medio del Instrumento del Fondo Multilateral de Inversiones para el Proyecto PR-G1004.

6. Aspectos éticos

Los autores declaran que, debido a la naturaleza de este estudio, el cual se basa en análisis de gabinete y no involucra la participación directa de sujetos humanos, animales u otros aspectos éticamente sensibles, no aplican aspectos éticos en el proceso de investigación.

7. Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés que pueda influir en la objetividad o imparcialidad de los resultados presentados en este artículo.

8. Referencias

Barro, J. P., Alves, K. S., Godoy, C. V., Dias, A. R., Forcelini, C. A., Utiamada, C. M., de Andrade Júnior, E. R., Juliatti, F. C., Grigolli, F. J., Feksa, H. R., Campos, H. D., Chaves, I. C. P. V., Araújo Júnior, I. P., Roy, J. M. T., Nunes Júnior, J., Belufi, L. M. R., Carneiro, L. C., Silva, L. H. C. P., Canteri, M. G., Gussain Júnior, M. M., Senger, M., Meyer, M. C., Dias, M. D., Müller, M. A., Martins, M. C., Debortoli, M. P., Tormen, N. R., Furlan, S. H., Konageski, T. F., Carlin, V. J., Venâncio, W. S., Del Ponte, E. M. 2021. Performance of dual and triple fungicide premixes for managing soybean rust across years and regions in Brazil: A meta-analysis. *Plant Pathology*, 70, 1920–1935. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13418>

Bohner, H. 2015. Evaluating soybean fungicide timing and tankmixes [en línea]. *Field Crop News*. Consultado 18 jul. 2024. Disponible en: <https://fieldcropnews.com/2015/02/evaluating-soybean-fungicide-timing-and-tankmixes/>

Caballero-Mairesse, G. G., Mendes, F. H., Arrua, A. A., Lopez-Nicora, H. D., Enciso-Maldonado, G. A. 2024. Percepción de agricultores sobre el manejo de enfermedades fúngicas de la soja (*Glycine max* [L.] Merr.) en Paraguay. *Agronomía Mesoamericana*, 35, Artículo 55193. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.2024.55193>

Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO). 2024. Ranking Mundial [en línea]. Consultado 24 ago. 2024. Disponible en: <https://capeco.org.py/ranking-mundial-es/>

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. DOI: <https://doi.org/10.30972/agr.0315813>

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

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 de aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya asiática de la soja. *Revista Investigaciones y Estudios - UNA*, 13(2), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.47133/IEUNA22204b>

Godoy, C. V., Koga, L. J., Canteri, M. G. 2006. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, 31, 63–68. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000100011>

Hartman, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. J., Domier, L. L., Davis, J. A., Steffey, K. L. 2016. Compendium of soybean diseases and pests, fifth edition. St. Paul MN: APS Press, The American. DOI: <https://doi.org/10.1094/9780890544754>

Hossain, M. M., Sultana, F., Yesmin, L., Rubayet, T., Abdullah, H. M., Siddique, S. S., Bhuiyan, A. B., Yamanaka, N. 2024. Understanding *Phakopsora pachyrhizi* in soybean: comprehensive insights, threats, and interventions from the Asian perspective. *Frontiers in Microbiology*. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2023.1304205>

Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO). 2024. Superficies y Rendimientos de Soja Zafra [en línea]. Consultado 24 ago. 2024. Disponible en: <https://inbio.org.py/superficies-de-siembra/>

Langenbach, C., Campe, R., Beyer, S. F., Mueller, A. N., Conrath, U. 2016. Fighting Asian soybean rust. *Frontiers in Plant Science*, 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00797>

Lima Da Silva, M. S. 2019. Principais doenças da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) [en línea]. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Repositório IFGOIANO. Consultado 18 jul. 2024. Disponible en: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/537>

Mendoza-Duarte, M. J., Melgarejo-Arrua, M., Schlickmann-Tank, J. A., Caballero-Mairesse, G. G., Enciso-Maldonado, G. A. 2023. Efecto de mezclas de fungicidas sitio-específicos combinados con mancozeb en el control de la roya de la soja en el noreste de Paraguay. *Summa Phytopathologica*, 49, 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/264911>

Mueller, D., Kandel, Y., Wiggs, S. 2020. Statewise soybean foliar fungicide evaluation in 2020 [en línea]. *Integrated Crop Management News*. Iowa State University Extension and Outreach. Consultado 15 ago. 2024. Disponible en: <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2020/12/statewide-soybean-foliar-fungicide-evaluation-2020/>

Mueller, D., Wise, K., Sisson, A., Smith, D., Sikora, E. J., Robertson, A., Bradley, C. 2016. A farmer's guide to soybean diseases. American Phytopathological Society. DOI: <https://doi.org/10.1094/9780890545157>

Williams, D. J., Nyvall, R. F. 1980. Leaf infection and yield losses caused by brown spot and bacterial blight diseases of soybean [en línea]. *Phytopathology*, 70, 900–902. Consultado 18 jul. 2024. Disponible en: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Abstracts/Phyto70_900.htm