



## Evolución de la mancha marrón (*Septoria glycines*) en diferentes sistemas de producción de soja (*Glycine max*)\*

### Evolution of the brown spot (*Septoria glycines*) in different soybean (*Glycine max*) production systems

M. Lavilla<sup>1</sup>, A. Peper<sup>2</sup>

\* Recepción: 28 de marzo, 2023. Aceptación: 21 de junio, 2023. Este trabajo formó parte del proyecto de extensión N° Exp. 2563/17, financiado por la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA), Argentina.

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Laboratorio de Fitopatología, Monteagudo 2772 (2700), Pergamino, Buenos Aires, Argentina. [miguellavillapergamino@gmail.com](mailto:miguellavillapergamino@gmail.com) (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-7282-4696>).

<sup>2</sup> Bayer®, Italia 285 (2700), Pergamino, Buenos Aires, Argentina. [alberto.peper@bayer.com](mailto:alberto.peper@bayer.com) (<https://orcid.org/0000-0003-1398-4013>).

## Resumen

**Introducción.** La principal medida de control de la mancha marrón (MM) causada por *Septoria glycines*, se realiza mediante la aplicación de fungicida foliar, sin embargo, el manejo de la enfermedad podría realizarse con prácticas de manejo cultural y genético. **Objetivo.** Analizar la evolución de la MM de la soja en diferentes sistemas de producción. **Materiales y métodos.** Este estudio se llevó a cabo durante dos años consecutivos (2020 y 2022), en la localidad de Pergamino, Buenos Aires, sobre un cultivar de soja DM46i20. Las variables de manejo fueron cultivos de cobertura (CC), rotaciones (Rt), momento de aplicación del fungicida foliar (MAFF). La variable patométrica evaluada fue el área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas (ABCPAPS) y como variable cuantitativa fisiología sobre el cultivo el rendimiento (R) en granos en kg/ha. **Resultados.** Las prácticas de manejo agronómico tuvieron un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre el R y el ABCPAPS. Las variables CC y MAFF fueron independientes y presentaron una repuesta significativa ( $p < 0,0001$ ) sobre el R. En cambio, hubo una triple interacción significativa ( $p < 0,0001$ ) entre los CC, las Rt y el MAFF para el ABCPAPS y, por lo tanto, los datos fueron explicados con base en esta relación. **Conclusiones.** La implementación de cultivos de cobertura, de rotaciones de cultivo y de fungicida foliar, redujeron significativamente ( $p \leq 0,05$ ) la evolución de la MM en el cultivo de soja. Hubo una correlación negativa y significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre el rendimiento en soja y el área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas de la MM.

**Palabras claves:** cultivos de cobertura, rotación, fungicidas, manejo integrado de enfermedades.

## Abstract

**Introduction.** The main control measure for brown spot (BS) caused by *Septoria glycines* is through the application of foliar fungicide. However, the management of the disease could be accomplished through cultural and genetic practices. **Objective.** To analyze the evolution of BS in soybean under different production systems. **Materials and methods.** This study was conducted for two consecutive years (2020 and 2022), in Pergamino, Buenos



Aires, using the soybean cultivar DM46i20. The management variables studied were cover crops (CC), rotations (Rt), and timing of foliar fungicide application (MAFF). The evaluated pathometric variable was the area under the progress curve of plant height with symptoms (ABCPAPS), and the quantitative physiology variable was grain yield (R) in kg/ha. **Results.** Agronomic management practices had a significant effect ( $p \leq 0.05$ ) on R and ABCPAPS. CC and MAFF were independent variables and showed a significant response ( $p < 0.0001$ ) on R. On the other hand, there was a significant triple interaction ( $p < 0.0001$ ) among CC, Rt, and MAFF for ABCPAPS, and therefore, the data were explained based on this relationship. **Conclusions.** The implementation of cover crops, crop rotations, and foliar fungicide significantly reduced ( $p \leq 0.05$ ) the evolution of BS in soybean cultivation. There was a significant negative correlation ( $p \leq 0.05$ ) between soybean yield and the area under the progress curve of the plant height with BS symptoms.

**Keywords:** cover crop, rotations, fungicides, integrated disease management.

## Introducción

En las últimas cuatro décadas, el concepto control (Lavilla & Ivancovich, 2021; Zadoks & Schein, 1979) ha sido reemplazado por el de manejo integrado de enfermedades (Pilkington & Pilkington, 1997), que tiene como objetivo mitigar el nivel de incidencia y/o severidad de la enfermedad en valores que no reduzcan la producción de soja (*Glycine max*). Entre las prácticas efectivas para el manejo integrado de la enfermedad se encuentran la rotación de cultivos, el uso de semillas libres de patógeno, el tratamiento de semillas, la aplicación de fungicidas foliares y el uso de diferentes prácticas culturales (Hartman et al., 1999).

La principal medida de control de la mancha marrón (MM) causada por *Septoria glycines* (Pataky & Lim, 1981c), se realiza mediante la aplicación de fungicida foliar. El fungicida foliar tiene la capacidad de reducir la tasa de crecimiento de la enfermedad y la producción del inóculo secundario, además, evita la evolución de la MM en el cultivo de soja. Una de las limitantes de los fungicidas, en general es su residualidad y por ende, su capacidad de proteger al follaje del cultivo de soja afectado por la MM por un tiempo (Swoboda & Pedersen, 2009). Además, el uso reiterado de fungicidas puede inducir la resistencia de *S. glycines* a los mismos. Es por ello que se recomienda la rotación de principios activos de diferentes fungicidas foliares y su combinación con el uso de otras estrategias de manejo genético y cultural para tener rendimiento óptimo sobre la MM en el cultivo de soja.

El agente causal de la MM, *Septoria glycines*, es un patógeno saprófito facultativo, es decir, que sobrevive en los residuos del cultivo de soja (rastreo). Presenta sus conidios en una estructura denominada picnidio (Agrios, 2005), los cuales presentan una cavidad denominada ostiolo, de la cual se libera un cirro con los conidios del patógeno (Agrios, 2005). Para liberar los conidios e infectar las plantas de soja los cirros necesitan, por ejemplo, el impacto de las gotas de lluvia que mediante el salpicado de los conidios del patógeno infectan las hojas basales de la planta de soja. En tal sentido, si hay restos del cultivo infectados con el patógeno, las infecciones de la planta de soja ocurren de manera temprana. Los cultivos de cobertura (CC) actúan como una barrera física frente al impacto de las gotas de lluvias, ya que reducen la evolución de la MM en el cultivo, al mitigar la cantidad de inóculo que podría infectar las hojas basales durante el ciclo del cultivo de soja.

Es importante destacar que las infecciones de la MM en etapas tempranas del cultivo de soja no producen pérdidas de rendimiento (Hershman, 2012). Bajo condiciones favorables para la planta y desfavorables para la enfermedad, el cultivo de soja se recupera de las infecciones tempranas de la MM. En el patosistema cultural de la MM es importante evaluar las diferentes medidas de manejo cultural, como podrían ser la fecha y densidad de siembra, el distanciamiento entre hileras, el uso de cultivos de cobertura, entre otras (Batzer et al., 2016; Cruz et al., 2010; Hartman et al., 2015), combinándolo con el manejo genético de la enfermedad (Brogin et al., 2003).

En el mundo se han reportado pérdidas de rendimiento en granos en soja entre el 12 % y el 17 % por causa de la MM (Pataky & Lim, 1981a; 1981b; Williams & Nyvall, 1980; Young & Ross, 1978). En este trabajo se estudiará como los cultivos de cobertura y las demás variables a analizar afectan la evolución de la mancha marrón dentro de su patosistema cultural. Un patosistema cultural es inestable; el hospedante no es una planta salvaje sino un cultivar genéticamente uniforme, sembrado en alta densidad y el ambiente está modificado por el hospedante y las prácticas de cultivo (Robinson, 1987).

El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución de la mancha marrón de la soja en diferentes sistemas de producción.

## Materiales y métodos

### Datos generales del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Pergamino, Buenos Aires, Argentina (33°51'51,28"S y 60°40'37,59"O) en los años 2020/21 y 2021/22, desde noviembre a abril. El cultivar de soja utilizado fue DM46i20. La fecha de siembra fue el 15/11/2020 y el 16/11/2021, la densidad de siembra fue de 30 plantas/m<sup>2</sup> y el distanciamiento entre hileras fue de 0,52 m. Se fertilizó con 150 kg ha<sup>-1</sup> de una mezcla N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Mg, S, Ca (1-30-0-0-8-34), la fertilización se realizó mediante la implantación del cultivo. El fungicida foliar utilizado estaba compuesto por los principios activos prothioconazole (17,5 %) y trifloxistrobin (15 %); la dosis por hectárea utilizada fue de 400 mL.

### Diseño del experimento

El diseño experimental fue en bloques, con tres repeticiones y distribución factorial 2 X 2 x 3; donde el factor 1 fue la utilización de cultivos de cobertura (CC) con dos niveles, con CC y sin CC; el factor 2 fueron los sistemas de rotaciones (Rt) con dos niveles, maíz-soja (*Zea mays* – *Glycine max*) y trigo (*Triticum aestivum*)/soja, maíz, soja; y el factor 3 fue el momento de aplicación del fungicida foliar (MAFF) con tres niveles, testigo, aplicación en R3 (Fehr et al., 1971) y en R5 (Fehr et al., 1971).

### Evaluación de la altura de la planta con síntomas de la mancha marrón (*Septoria glycines*) en soja

La altura de la planta con síntomas (APS; Lavilla & Ivancovich, 2021) de la MM se estimó a nivel visual las fechas: 15/12/2020, 30/12/2020, 14/01/2021, 29/01/2021, 13/02/2021, 28/02/2021, 14/03/2021, 29/03/2021, 13/04/2021, 15/12/2021, 30/12/2021, 14/01/2022, 29/01/2022, 13/02/2022, 28/02/2022, 14/03/2022, 29/03/2022 y 13/04/2022. Luego, con los valores de la APS se calculó el área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas (ABCPAPS; Figura 1).

### Área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas de la mancha marrón (*Septoria glycines*) en soja

La determinación del área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas (ABCPAPS) es una técnica de análisis recomendada cuando se requiere identificar las relaciones del progreso de la enfermedad y el período de duración del área foliar, respecto al impacto sobre el rendimiento. Como la MM es una enfermedad que progresa de los estratos inferiores a los superiores de la planta de soja, se considera en la evaluación de la severidad



**Figura 1.** Síntomas de mancha marrón en soja (*Glycine max*) causada por *Septoria glycines*. Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde noviembre de 2019 a abril de 2022.

**Figure 1.** Symptoms of brown spot on soybeans (*Glycine max*) caused by *Septoria glycines*. Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, from November 2019 to April 2022.

el progreso de los síntomas en relación a su altura. Este método de análisis epifitiológico no necesita tipo de ajuste a modelos predeterminados y, por ende, no requiere de consecuentes transformaciones de valores que puedan enmascarar o confundir posibles efectos de tratamiento. Sin embargo, valores bajos de la enfermedad, durante el período de monitoreo, tienen poco efecto sobre el ABCPAPS.

El ABCPAPS estabiliza la varianza de los valores porcentuales de la enfermedad dentro de los tratamientos. Es posible hallar efectos de los mismos que podrían no detectarse por el análisis de tasas relativas de incremento de la enfermedad.

Los resultados pueden ser más confiables cuando al reducir la varianza disminuye el coeficiente de variación, el cual, por lo regular, es alto en este tipo de estudios e incrementa la confiabilidad de las conclusiones derivadas de este tipo de estudios epidemiológicos.

El ABCPAPS se calcula al integrar los rectángulos formados por el punto medio de la altura de la planta con síntomas de mancha marrón alcanzada entre diferentes períodos en que se monitoreó (ecuación 1; Jeger & Viljanen-Rollinson, 2001, modificada).

$$ABCPAPS = \sum [(Y_0 + Y_i) * (t_i - t_0)] / 2 \quad (1)$$

Donde  $Y_i$  es el ABCPAPS y  $t$  es el período de evaluación en días después de la siembra o cualquier otra escala que se desee usar en función del tiempo. En este caso las unidades serán porcentajes (%) y días. Este método de

análisis epidémico considera la variación de la epidemia en el tiempo, para los análisis comparativos visuales que pudieran requerirse.

### Estimación del rendimiento en soja

El rendimiento de grano (R) en kg/ha de cada unidad experimental [11,53 m (6 m<sup>2</sup>/0,52 m)], se evaluó mediante cosecha manual de plantas en R8, cuando las mismas alcanzaron la humedad de cosecha, se obtuvieron dos muestras de 6 m<sup>2</sup> cada una, localizadas en los surcos centrales de cada parcela y su posterior desgranado con una trilladora estacionaria. El grano fue pesado y su contenido de humedad medido, a efectos de expresar los rendimientos corregidos a 13,5 % de humedad.

### Análisis estadístico

Los datos de R y el ABCPAPS se estudiaron mediante un análisis de la varianza (ANDEVA), también se realizó la comprobación de supuestos teóricos correspondientes de normalidad y homogeneidad de la varianza. Las comparaciones de medias se realizaron a través de la prueba de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves;  $p \leq 0,05$ ). Las variables R y ABCPAPS fueron correlacionadas a través del análisis de correlación de Pearson (Rice, 1995). Los análisis estadísticos se realizaron con los Software InfoStat (Di-Rienzo et al., 2011) y StatSoft (StatSoft, 2005).

## Resultados

Las prácticas de manejo agronómico tuvieron un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre el R y el área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas (ABCPAPS) (Cuadro 1). Las variables CC y momento de aplicación del fungicida foliar (MAFF) son independientes y presentaron una repuesta significativa ( $p < 0,0001$ ) sobre el R (Cuadro 1). En cambio, hubo una triple interacción significativa ( $p < 0,0001$ ) entre los CC, las Rt y el MAFF para el ABCPAPS y por lo tanto, los datos serán explicados con base en estas relaciones (Cuadro 1).

Los cultivos de cobertura (CC) aumentaron el rendimiento de grano (R) de soja en un 21 % (800 kg/ha; Figura 2).

El momento de aplicación del fungicida foliar (MAFF), es otra práctica de manejo que reduce la evolución de la mancha marrón (MM) y aumenta el rendimiento de grano (R) en soja. En esta investigación hubo un aumento significativo del R ( $p \leq 0,05$ ), 36 % en R3 y del 40 % en R5, respecto al testigo, cuando se aplicó el fungicida foliar (Figura 3). El R no presentó diferencias estadísticas R ( $p \leq 0,05$ ) entre las aplicaciones en R3 o en R5.

Las prácticas de manejo en su interacción y en su conjunto, reducen significativamente la evolución de la MM analizada a través de la ABCPAPS (Figura 4). La combinación del uso de CC, más las rotaciones prolongadas de cultivo y la aplicación de fungicida foliar en especial en R3 redujo en un 88 % el ABCPAPS para la MM (Figura 4).

Las rotaciones de cultivo por sí solas presentan muy poco efecto sobre la reducción en la evolución de la MM. La otra estrategia de manejo, el uso de fungicida foliar, tuvo un efecto químico curativo y afectó la evolución de la enfermedad al aplicar el mismo.

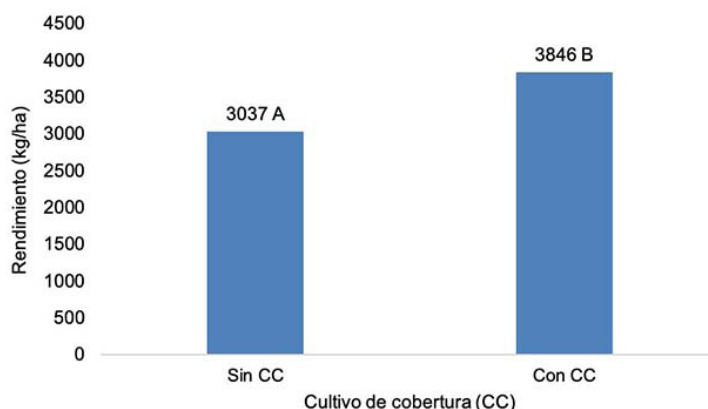
El R tuvo una correlación inversamente proporcional y estadísticamente significativa (-0,57;  $p < 0,0001$ ) con el ABCPAPS (Cuadro 2). Esto refuerza las ideas anteriores sobre la relación de la mancha marrón con el manejo de cultivo y su efecto sobre el rendimiento.

**Cuadro 1.** Rendimiento (kg/ha) del cultivo de soja (*Glycine max*) y la evolución del área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas de la mancha marrón (*Septoria glycines*) y su relación con las variables cultivos de cobertura, rotaciones, y el momento de aplicación del fungicida foliar. Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde noviembre de 2019 a abril de 2022.

**Table 1.** Soybean (*Glycine max*) crop yield (kg/ha) and the evolution of the area under the progress curve of plant height with symptoms of brown spot (*Septoria glycines*), along with its relationship with cover crop variables, rotations, and the timing of foliar fungicide application. Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, from November 2019 to April 2022.

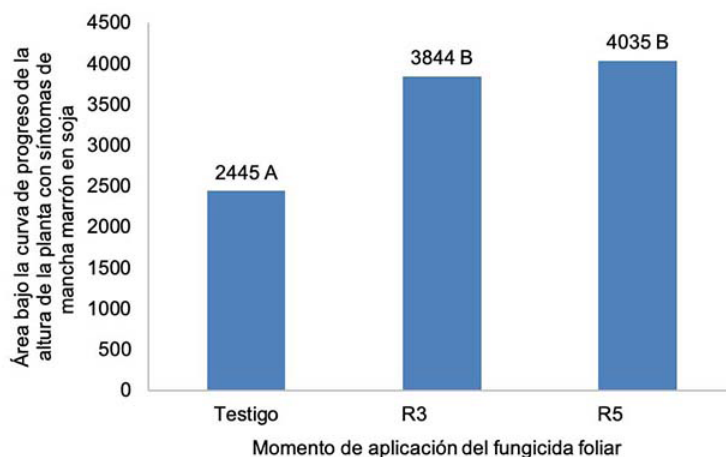
Fuente de variación	R (kg/ha)	ABCPAPS
	p-valor	
Modelo	<0,0001	<0,0001
Bloque	0,7611	0,9295
Cultivos de cobertura (CC)	<0,0001	<0,0001
Rotaciones (Rt)	0,3688	<0,0001
Momento de aplicación de fungicida foliar (MAFF)	<0,0001	<0,0001
CC*Rt	0,4162	<0,0001
CC*MAFF	0,9756	<0,0001
Rt*NAFF	0,9961	0,0328
CC*Rt*MAFF	0,8805	<0,0001
Número de datos totales (N)	144	
Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> )	27,88	10,48
Coefficiente de variación (CV)	0,45	0,98

R: rendimiento en kg/ha; ABCPAPS: área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). / R: yield in kg/ha; ABCPAPS: area under the progress curve of plant height with symptoms. Means with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ).



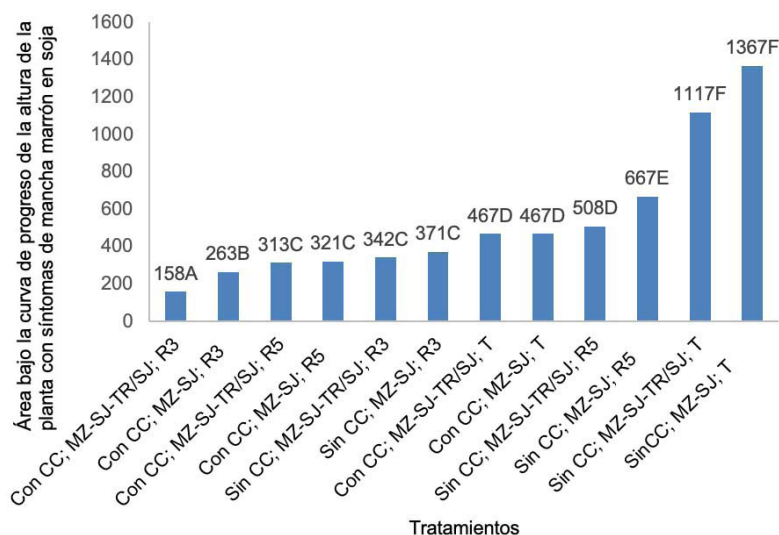
**Figura 2.** Efecto de los cultivos de cobertura (CC) sobre el rendimiento de soja (*Glycine max*) en kg/ha. Prueba de comparación de medias (DGC), medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde noviembre de 2019 a abril de 2022.

**Figure 2.** Effect of cover crops (CC) on soybean (*Glycine max*) yield in kg/ha. Mean separation test (DGC), means with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, from November 2019 to April 2022.



**Figura 3.** Efecto del momento de aplicación del fungicida foliar sobre el rendimiento de soja (*Glycine max*) en kg/ha. Prueba de comparación de medias (DGC), medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde noviembre de 2019 a abril de 2022.

**Figure 3.** Effect of the timing of foliar fungicide application on soybean (*Glycine max*) yield in kg/ha. Means separation test (DGC), means with a common letter are not significantly different ( $p>0.05$ ). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, from November 2019 to April 2022.



**Figura 4.** Área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas de mancha marrón (*Septoria glycines*) en soja (*Glycine max*) en relación a las diferentes prácticas de manejo, cultivos de cobertura (CC), rotaciones [(maíz (*Zea mays*)– soja (MZ-SJ) y maíz – soja – trigo (*Triticum aestivum*) – soja (MZ-SJ-TR/SJ)] y momento de aplicación del fungicida foliar (T: testigo). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde noviembre de 2019 a abril de 2022.

Prueba de comparación de medias (DGC), medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ).

**Figure 4.** Area under the progress curve of plant height with symptoms of brown spot (*Septoria glycines*) in soybean (*Glycine max*) in relation to different management practices, cover crops (CC), rotations [(maíz (*Zea mays*) - soybean (MZ-SJ) and corn - soybean - wheat (*Triticum aestivum*) - soybean (MZ-SJ-TR/SJ)], and timing of foliar fungicide application (T: control). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, from November 2019 to April 2022.

Mean separation test (DGC), means with a common letter are not significantly different ( $p>0.05$ ).

**Cuadro 2.** Correlación entre el rendimiento y el área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas de la mancha marrón (*Septoria glycines*) en soja (*Glycine max*). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde noviembre de 2019 a abril de 2022.

**Table 2.** Correlation between yield and the area under the progress curve of plant height with symptoms of brown spot (*Septoria glycines*) in soybean (*Glycine max*). Pergamino, Buenos Aires, Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, from November 2019 to April 2022.

	R (kg/ha)	ABCPAPS
R (kg/ha)	1	<0,0001
ABCPAPS	-0,57	1

R: rendimiento en kg/ha; ABCPAPS: área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). /R: yield in kg/ha; ABCPAPS: area under the progress curve of plant height with symptoms. Means with a common letter are not significantly different ( $p>0,05$ ).

## Discusión

Los cultivos de cobertura mitigaron la evolución de la mancha marrón (MM) en soja, con un aumento del rendimiento. Este es el primer reporte sobre el efecto de los cultivos de cobertura frente a la evolución de la MM en el cultivo de soja.

Las rotaciones de cultivos ayudan a disminuir la supervivencia del patógeno y reducir el inóculo *S. glycines* en los rastrojos. En aquellos lotes en donde la MM ha generado pérdidas de R significativas, un manejo de cultivo que incluya rotaciones de cultivo durante varios años reduciría el riesgo de reaparición de la MM en soja en niveles causantes de mermas en el R.

En mancha ojo de rana causada por *Cercospora sojina* en soja, las rotaciones de cultivo también pueden reducir el inóculo inicial y por lo tanto, la evolución de la enfermedad (Roth et al., 2020). Además, la labranza que entierra los rastrojos genera una descomposición más completa de los residuos de cultivos y una reducción en la supervivencia de *S. glycines* en los lotes. Pero, deben considerarse los riesgos ambientales que pueden causar estas labranzas. La labranza conservacionista como la siembra directa favorecen la presencia de rastrojos infectados con *S. glycines* en superficie y constituyen una fuente de inóculo muy importante para el año que viene, para aquellos lotes en donde se realizan monocultivo de soja. En esta experiencia pudo corroborarse que las parcelas de soja que provenían de monocultivo de soja presentaron los mayores niveles de MM y los menores rendimientos (R) en granos de soja.

Los fungicidas foliares han demostrado su eficacia en el control de la MM cuando la misma alcanzó el umbral de acción en el cultivo (25 % de la APS; Lavilla & Ivancovich, 2021). Las aplicaciones entre R3 a R5 presentaron diferencias significativas ( $p\leq 0,05$ ) respecto al aumento de R y reducción de la evolución de la MM en el cultivo de soja en esta experiencia. Esto se debe a que el fungicida foliar aplicado en R3 presentó una residualidad que le permitió proteger las hojas de los estratos medios y superiores de la planta de soja de infecciones de la MM durante el período crítico del cultivo (Kantolic et al., 2007). Resultados similares se han observado cuando se controló con fungicidas foliares a la mancha ojo de rana en soja entre los estados fenológicos de R1 a R5 (Roth et al., 2020). Sin embargo, los usos reiterativos de los mismos principios activos para el control de la MM podrían generar una presión de selección hacia aquellos biotipos de *S. glycines* resistentes a los fungicidas foliares.

El rendimiento del cultivo de soja es mayor cuando el índice de área foliar durante el período crítico (R4 – R6; Fehr et al., 1971) tiene valores entre 3 y 4, debido a que maximiza la captura de radiación (cerca al 95 %), lo cual aumenta la tasa de crecimiento en el período crítico y el número de granos por m<sup>2</sup> (Kantolic et al., 2007).



El área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas (ABCPAPS) se redujo cuando interaccionaron las diferentes prácticas de manejo. Es por eso que se recomienda el uso combinado de estas estrategias y de esta manera fomentar el manejo integrado de enfermedades y las buenas prácticas agrícolas. Es importante considerar los efectos en el ambiente que pueden generar cada estrategia de manejo al enfrentar una enfermedad; en general, las labores culturales como los CC tienen un impacto positivo en el sistema, al alterar el patosistema *S. glycines-G. max* en contra del patógeno causante de la mancha marrón (MM).

## Conclusiones

La implementación de cultivos de cobertura, de rotaciones de cultivo y de fungicida foliar, redujeron significativamente ( $p \leq 0,05$ ) la evolución de la mancha marrón (MM) en el cultivo de soja.

Hubo una correlación negativa y significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre el rendimiento en soja y el área bajo la curva de progreso de la altura de la planta con síntomas de la MM.

## Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5<sup>th</sup> ed.). Academic Press.
- Batzer, J. C., Kandel, Y. R., Bradley, C. A., Chilvers, M. I., Tenuta, A. U., Wise, K. A., Hernández, E., & Mueller, D. S. (2016). Effect of seed treatment on early season brown spot caused by *Septoria glycines* of soybean. *Plant Health Progress*, 17(4), 223–228. <https://doi.org/10.1094/php-rs-16-0035>
- Brogini, R. L., Arrabal Arias, C. A., & Ferraz de Toledo, J. F. (2003). Genetic control of soybean resistance to brown spot (*Septoria glycines*): first studies. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3(1), 35–44.
- Cruz, C. D., Mills, D., Paul, P. A., & Dorrance, A. E. (2010). Impact of Brown Spot caused by *Septoria glycines* on soybean in Ohio. *Plant Disease*, 94(7), 820–826. <https://doi.org/10.1094/pdis-94-7-0820>
- Di-Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). *InfoStat. Grupo InfoStat*. <http://www.infostat.com.ar>
- Fehr, W. R., Caviness, C. E., Burmood, D. T., & Pennington, J. S. (1971). Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill 1. *Crop Science*, 11(6), 929–931. <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183x001100060051x>
- Hartman, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. J., Domier, L. L., Davis, J. A., & Steffey, K. L. (2015). *Compendium of soybean diseases and pests* (5<sup>th</sup> ed.). American Phytopathological Society.
- Hartman, G. L., Sinclair, J. B., & Rupe, J. C. (1999). *Compendium of soybean diseases* (4<sup>th</sup> ed.). American Phytopathological Society.
- Hershman, D. E. (2012). *Plant Pathology. Fact sheet brown spot of soybean*. University of Kentucky. <https://plantpathology.ca.uky.edu/files/ppfs-ag-s-01.pdf>
- Jeger, M. J., & Viljanen-Rollinson, S. L. H. (2001). The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 102, 32–40. <https://doi.org/10.1007/s001220051615>

- Kantolic, A. G., Mercu, J. L., Slafer, G. A., & Sadras, V. O. (2007). Simulated yield advantages of extending post-flowering development at the expense of a shorter pre-flowering development in soybean. *Field Crops Research*, 101(3), 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.12.008>
- Lavilla, M., & Ivancovich, A. (2021). Relación entre enfermedades y rendimiento de granos de soja. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 141–148. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v32i2.44057>
- Pataky, J. K., & Lim, S. M. (1981a). Efficacy of benomyl for controlling Septoria brown spot of soybeans. *Phytopathology*, 71(4), 438–442. <https://doi.org/10.1094/phyto-71-438>
- Pataky, J. K., & Lim, S. M. (1981b). Effects of row width and plant growth habit on Septoria brown spot development and soybean yield. *Phytopathology*, 71(10), 1051–1056. <https://doi.org/10.1094/phyto-71-1051>
- Pataky, J. K., & Lim, S. M. (1981c). Effects of Septoria brown spot on the yield components of soybeans. *Plant Disease*, 65(7), 588–590. <https://doi.org/10.1094/pd-65-588>
- Pilkington, G., & Pilkington, G. (1997). Disease management theory versus practice. *Disease Management & Health Outcomes*, 1(3), 121–128. <https://doi.org/10.2165/00115677-199701030-00001>
- Rice, J. A. (1995). *Mathematical statistics and data analysis* (2<sup>nd</sup> ed.). Duxbury Pres.
- Robinson, R. A. (1987). *Host management in crop pathosystems*. Macmillan.
- Roth, M. G., Webster, R. W., Mueller, D. S., Chilvers, M. I., Faske, T. R., Mathew, F. M., Bradley, C. A., Damicone, J. P., Kabbage, M., & Smith, D. L. (2020). Integrated management of important soybean pathogens of the United States in changing climate. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), Article 17. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa013>
- StatSoft. (2005). *STATISTICA Data analysis software system*. <https://statistica-update.software.informer.com/7.1/>
- Swoboda, C., & Pedersen, P. (2009). Effect of fungicide on soybean growth and yield. *Agronomy Journal*, 101(2), 352–356. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0150>
- Williams, D. J., & Nyvall, R. F. (1980). Leaf infection and yield losses caused by brown spot and bacterial blight diseases of soybean. *Phytopathology*, 70(9), 900–902. <https://doi.org/10.1094/phyto-70-900>
- Young, L. D., & Ross, J. P. (1978). Brown spot development and yield response of soybean inoculated with *Septoria glycines* at various growth stages. *Phytopathology*, 68, 8–11. <https://doi.org/10.1094/phyto-69-8>
- Zadoks, J. C., & Schein, R. D. (1979). *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press.