

Plagas en soja Bt: dinámica, estrategias para su manejo e impacto sobre la productividad del cultivo

Augusto S. Casmuz¹, Martín A. Vera¹, Emmanuel Cejas Marchi¹, Cristián M. Medrano¹, Lourdes L. Suárez¹⁻², Pablo Álvarez Paz¹, José A. Giménez Sardi¹, Ignacio Romero¹, Nicolás Campero¹, María G. Murúa¹⁻², Gerardo A. Gastaminza¹, Franco S. Scalora¹ y Mario R. Devani¹⁻².

¹ Estación Experimental Agroindustrial Obispo, EEAOC. Av. William Cross 3150, (4101), Las Talitas, Tucumán, Argentina.

² Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA), Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. William Cross 3150, Las Talitas 4001, Tucumán, Argentina.
E-mail: acasmuz@eeaoc.org.ar

Introducción

En la Argentina, desde el año 2012 se dispone de la soja Bt que está representada por variedades que expresan la proteína Cry1Ac, evento que controla las principales especies de lepidópteros plaga de este cultivo (Argenbio, 2023). En el NOA, esta tecnología tuvo una rápida adopción por la protección brindada contra especies de lepidópteros de difícil control como lo son la oruga bolillera *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar) y la falsa medidora *Chrysodeixis includens* (Walker) (Cazado *et al.*, 2014a; Murúa *et al.*, 2018).

Entre las plagas insectíles que no son blanco de la soja Bt, el complejo de chinches fitófagas y el picudo negro de la vaina *Rhyssomatus subtilis* revisten gran importancia para el cultivo (Casmuz *et al.*, 2019). Estos insectos se alimentan de las vainas y los granos de soja, causando un daño directo e irreversible en la soja (Gamundi y Sosa,

2008a; Cazado *et al.*, 2014b). Actualmente, para el manejo de estas problemáticas se dispone de un espectro muy estrecho de insecticidas, entre los cuales se mencionan los piretroides y las mezclas de estos con los neonicotinoides como los utilizados con más frecuencia (Gamundi y Sosa, 2008b; Cazado *et al.*, 2014b).

A esto se le debe sumar el reciente reporte de resistencia de oruga medidora *Rachiplusia nu* (Guenée) a la soja Bt, que expresa la proteína Cry1Ac, en Brasil y Argentina (Nardon *et al.*, 2021; Vera *et al.*, 2022).

Por tal motivo, el objetivo perseguido en el presente trabajo fue evaluar estrategias químicas y el momento de aplicación de las mismas para el control efectivo del complejo de plagas en la soja Bt.

Metodología

El ensayo se realizó en la localidad de La Cocha de la provincia de Tucumán. La variedad de soja Bt utilizada fue M 6410 IPRO, sembrada el 6 de diciembre de 2022 sobre un lote que tuvo trigo como cultivo antecesor. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento y un tamaño de parcela de 12 líneas de cultivo por 10 metros de largo, dejándose un metro de separación entre los bloques y las parcelas.

Los tratamientos considerados fueron los siguientes:

- 1 Testigo
- 2 Aplicación de piretroide en R3 y neonicotinoide en R5.
- 3 Aplicación de neonicotinoide en R3 y piretroide en R5.
- 4 Aplicación de isoxasolina en R3 y piretroide en R5.

La aplicación de las diferentes alternativas en el estado fenológico R3 (Fehr and Caviness, 1977) se realizó independientemente de que alguna plaga hubiera alcanzado el umbral de acción (UA) detallado en la Tabla 1. La re-aplicación en R5 estuvo condicionada a que alguna plaga alcanzase el UA.

El piretroide empleado fue la mezcla comercial de esfvalerato 12,5% + bifentrin 10% + abamectina 2,4% EC 200 cm₃ p.c./ha; el neonicotinoide fue la mezcla comercial de tiametoxam 14,1% + lambdacialotrina 10,6% ZC 200 cm₃ p.c./ha; y la isoxasolina fue isocycloceram 40% SC 100 cm₃ p.c./ha.

Los parámetros evaluados en cada tratamiento fueron:

a) Número de insectos plaga por metro lineal de cultivo, considerándose el complejo de chinches, los adultos de *R. subtilis* y las orugas, discriminándose entre orugas medidoras (*R. nu*) y el complejo de *Spodoptera* spp. Las evaluaciones se realizaron con paño vertical, con una frecuencia semanal desde el estado fenológico V2 hasta R7. En el complejo de chinches se diferenciaron entre *Dichelops furcatus*, *Edessa mediatubunda*, *Nezara viridula* y *Piezodorus guildinii*. En el complejo de *Spodoptera* se diferenciaron las orugas de *S. cosmioides*, *S. frugiperda*, *S. eridania* y *S. albula*.

b) Número de trips por foliolo. Estas evaluaciones se realizaron con una frecuencia semanal desde el estado fenológico R3 hasta R6, a partir de la extracción de cinco foliolos por parcela.

c) Daños causados por *R. subtilis* sobre las vainas. Esta evaluación se realizó al final del ensayo (R8), a partir de la extracción de 10 plantas por parcela cuyas vainas fueron separadas, determinándose los porcentajes de vainas dañadas (VD) y de vainas con presencia de huevos y/o larvas (VEI) de *R. subtilis*.

d) Rendimiento a partir de la cosecha, en cada parcela, de las dos filas centrales por los cuatro metros lineales centrales de cada fila, expresándose este parámetro en kg/ha. Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico InfoStat (2017), realizándose un ANOVA y comparándose las medias con el método LSD ($p < 0,05$).

Plaga	Etapas del cultivo	UA
<i>Rhyssomatus subtilis</i>	V3 a V7	4 adultos/m
	V8 a R4	8 adultos/m
	R5 a R6	2 adultos/m
	R7 a R8	4 adultos/m
Complejo de chinches	R3 a R4	0,4 a 0,7 chinches*/m
	R5	1 a 1,5 chinches*/m
	R6 a R7	3 a 4 chinches*/m

*Ninfas > 0,5 cm y adultos. UA referidos a las especies *Piezodorus guildinii* y *Nezara viridula*. Para las especies *Dichelops furcatus* y *Edessa mediatubunda* multiplicar valores por dos.

Tabla 1. Umbrales de acción (UA) según etapa del cultivo expresados como número de insectos por metro lineal de cultivo para *Rhyssomatus subtilis* y el complejo de chinches. Campaña 2022/2023. Sección Zoología Agrícola. EEAOC.

Resultados

Dinámica de insectos plaga en soja Bt

Los valores de insectos plagas en la soja Bt fueron bajos durante las etapas vegetativas del cultivo, y hasta las reproductivas iniciales (R3), observándose incrementos de adultos de *R. subtilis*, oruga medidora (*R. nu*) y trips desde mediados del mes de febrero, a partir de R4 (Figura 1). A fines de dicho mes se registró un aumento significativo de las cantidades de trips y *R. subtilis* sobre las parcelas testigo, coincidiendo con las fases de llenado de grano (R5), como se detalla en la Figura 1.

En marzo, las plagas más frecuentes fueron la oruga medidora y los adultos de *R. subtilis*, observándose hacia finales de ciclo (R6 - R7) un incremento del complejo de chinches, representadas principalmente por *D. furcatus* (74,5%) y *E. meditabunda* (24,5%), como se detalla en las Figuras 1 y 2.

El complejo de Spodoptera tuvo una baja ocurrencia a lo largo del ciclo del cultivo, siendo *S. cosmioides* la especie más frecuente (Figuras 1 y 3).

Dinámica plagas soja Bt

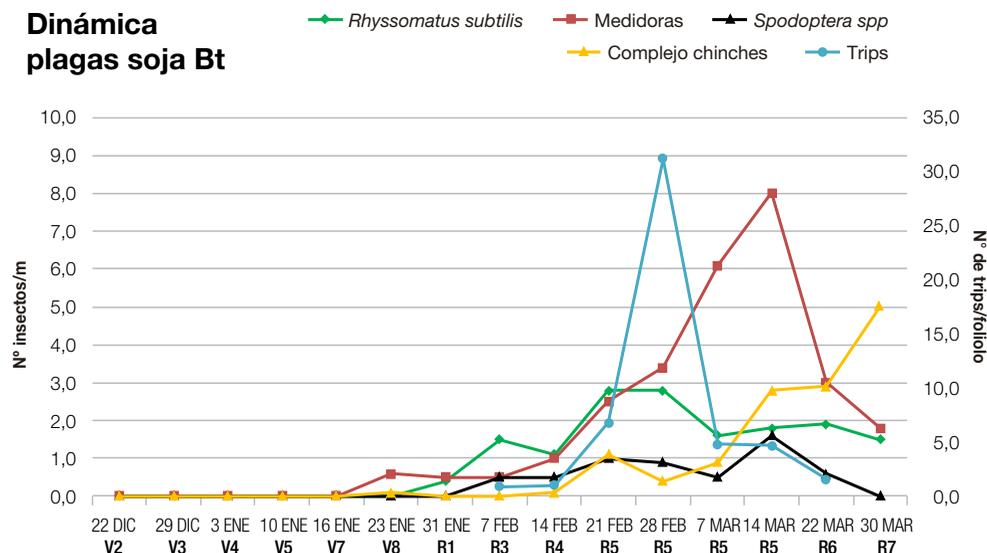


Figura 1. Número de insectos plaga por metro lineal del cultivo y número de trips por foliolo según fecha de muestreo en el testigo. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

- *Dichelops furcatus*
- *Edessa meditabunda*
- *Nezara viridula*
- *Piezodorus guildinii*

Proporción de especies del complejo de chinches

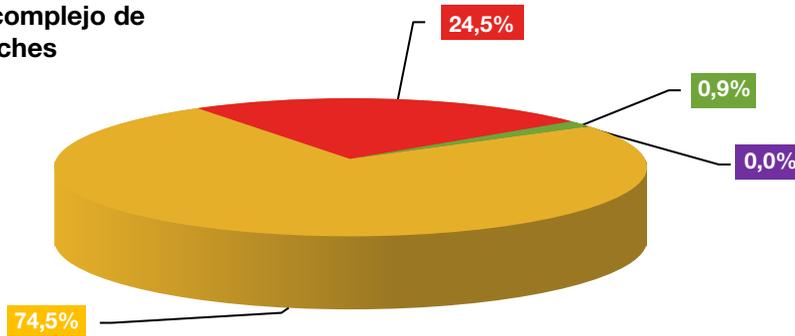


Figura 2. Proporción de especies del complejo de chinches observada en el testigo. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

Proporción de especies del complejo de Spodoptera

- *S. cosmioides*
- *S. frugiperda*
- *S. eridania*
- *S. albula*

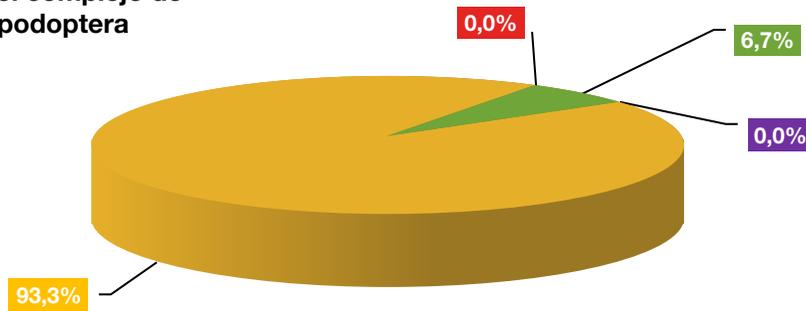


Figura 3. Proporción de especies del complejo de orugas de *Spodoptera* spp. observada en el testigo. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

■ Estrategias para el manejo de plagas en soja Bt

El 7 de febrero, con el cultivo en el estado fenológico R3 se realizó la primera aplicación de las estrategias, considerándose el uso de piretroide (T2), neonicotinoide (T3) e isoxasolina (T4), como se detalla en la Tabla 2. En esta aplicación, las cantidades de insectos plaga fueron bajas, observándose adultos de *R. subtilis* con valores promedio por debajo del umbral de acción (UA) indicado en la Tabla 1 (Figura 4).

En los muestreos posteriores a la primera aplicación de T2, T3 y T4 se registraron disminuciones de las cantidades de *R. subtilis* y orugas medidoras en comparación al testigo (Figuras 4 y 5).

En el muestreo del 28 de febrero, el tratamiento que tuvo la aplicación del piretroide en R3 (T2) presentó un incremento de los adultos de *R. subtilis*, superando el UA (2 adultos por metro lineal de cultivo), como se detalla en la Figura 4. Esta situación obligó a realizar la segunda aplicación de insecticida en esta estrategia, empleándose el neonicotinoide en R5 (Tabla 2). En los muestreos posteriores a esta aplicación se observó una reducción de los valores promedio de *R. subtilis* en comparación al testigo, no así de orugas de *R. nu* (Figuras 4 y 5).

El 7 de marzo la estrategia con neonicotinoide en R3 (T3) manifestó un aumento de los valores de *R. subtilis* y orugas medidoras (*R. nu*), como se detalla en las Figuras 4 y 5. Por este motivo se realizó una nueva aplicación de insecticida, utilizándose el piretroide en R5 (Tabla 2). No se observó una reducción considerable de las plagas antes mencionadas en los muestreos posteriores a la segunda aplicación de T3 (Figuras 4 y 5).

En los muestreos posteriores a la aplicación de isoxasolina en R3 (T4) no presentaron incremen-

tos de magnitud de plagas evaluadas (Figuras 4 y 5). En consecuencia, no justificó una segunda aplicación de insecticida en esta estrategia. Todas las estrategias presentaron valores acumulados de plagas (*R. subtilis*, chinches, orugas medidoras y trips) significativamente menores en comparación al testigo (Figura 6). Sobre oruga medidora (*R. nu*) y trips, la aplicación de isoxasolina en R3 (T4) presentó diferencias estadísticas con respecto al resto de las estrategias evaluadas en el ensayo (Figura 6).

El piretroide en R3 + neonicotinoide en R5 (T2) y la isoxasolina en R3 (T4) se diferenciaron estadísticamente del testigo en el porcentaje de vainas dañadas por *R. subtilis* (%VD), como se detalla en la Figura 7. Todas las estrategias presentaron porcentajes de vainas con huevos y/o larvas de *R. subtilis* (%VEI) estadísticamente menores al testigo (Figura 7).

A partir de la aplicación de las diferentes estrategias se lograron rendimientos significativamente superiores al obtenido en el testigo (Figura 8). Los incrementos del rinde fueron del 66,5%, 56,5% y 91,9% para T2 (piretroide en R3 + neonicotinoide en R5), T3 (neonicotinoide en R3 + piretroide en R5) y T4 (isoxasolina en R3), respectivamente (Figura 8).

Tabla 2. Fechas de aplicación, estado fenológico del cultivo, productos y dosis empleadas según estrategia. Campaña 2022/2023. Sección Zoología Agrícola. EEAOOC.

Tratamientos	7 de febrero (R3)	28 de febrero (R5)	7 de marzo (R5)
1 Testigo			
2 Piretroide (R3) + Neonicotinoide (R5)	Piretroide	Neonicotinoide	
3 Neonicotinoide (R3) + Piretroide (R5)	Neonicotinoide		Piretroide
4 Isoxasolina (R3) + Piretroide (R5)	Isoxasolina		

Piretroide: mezcla comercial de esfenvalerato 12,5% + bifentrin 10% + abamectina 2,4% EC 200 cm₃ p.c./ha. Neonicotinoide: mezcla comercial de tiameotaxam 14,1% + lambdacialotrina 10,6% ZC 200 cm₃ p.c./ha. Isoxasolina: isocycloceram 40% SC 100 cm₃ p.c./ha.

Rhyssomatus subtilis

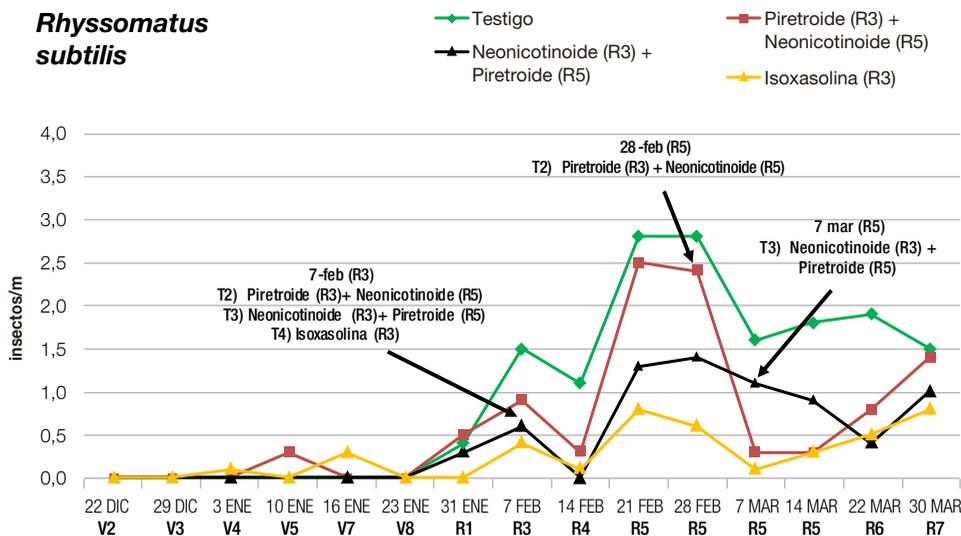


Figura 4. Número de adultos de *Rhyssomatus subtilis* por metro lineal del cultivo según tratamiento y fecha de muestreo. Se indican las fechas de las aplicaciones de las distintas estrategias. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

Medidoras

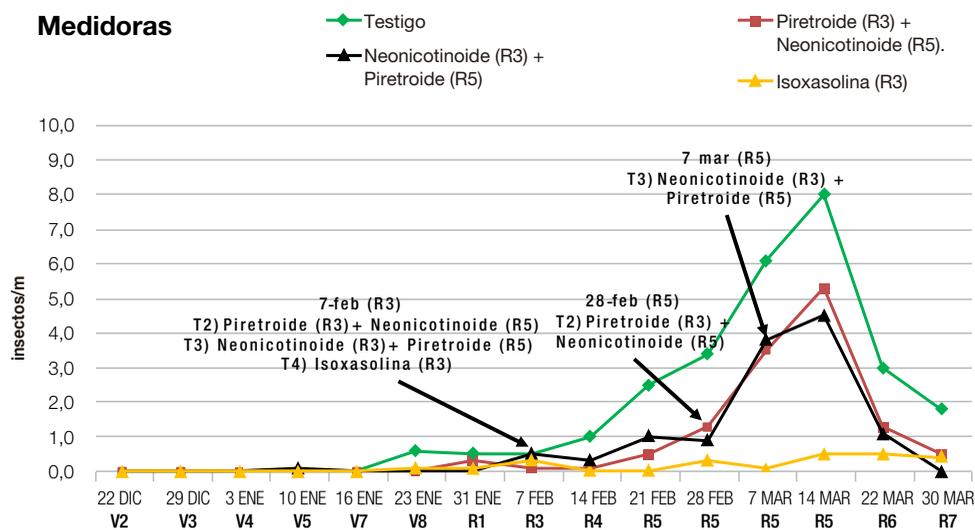


Figura 5. Número de orugas medidoras (*Rachiplusia nu*) por metro lineal del cultivo según tratamiento y fecha de muestreo. Se indican las fechas de las aplicaciones de las distintas estrategias. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

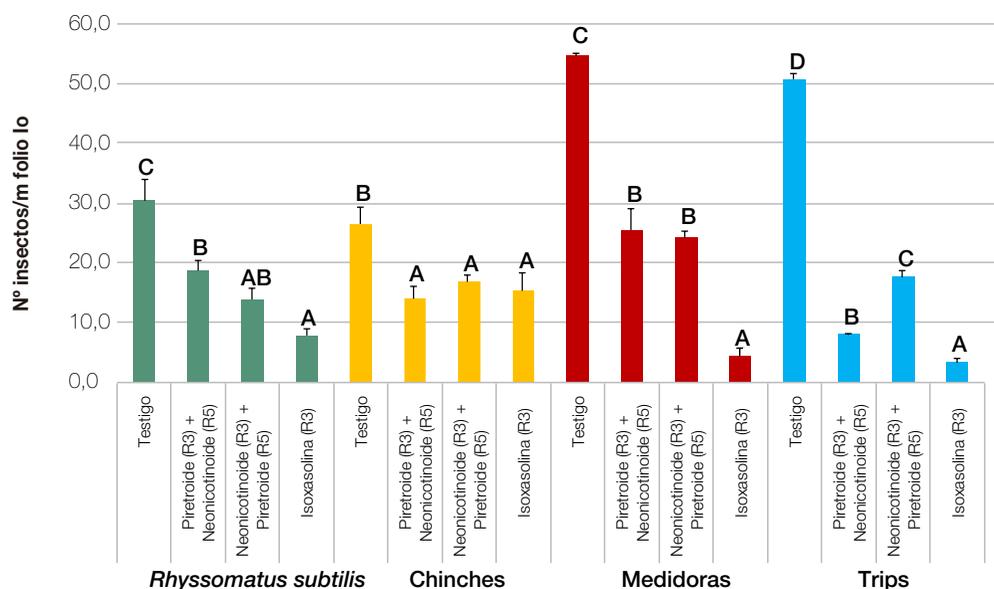


Figura 6. Número de insectos plagas acumulados (*Rhysomatus subtilis*, chinchas, orugas de medidoras y trips) según tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$). La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

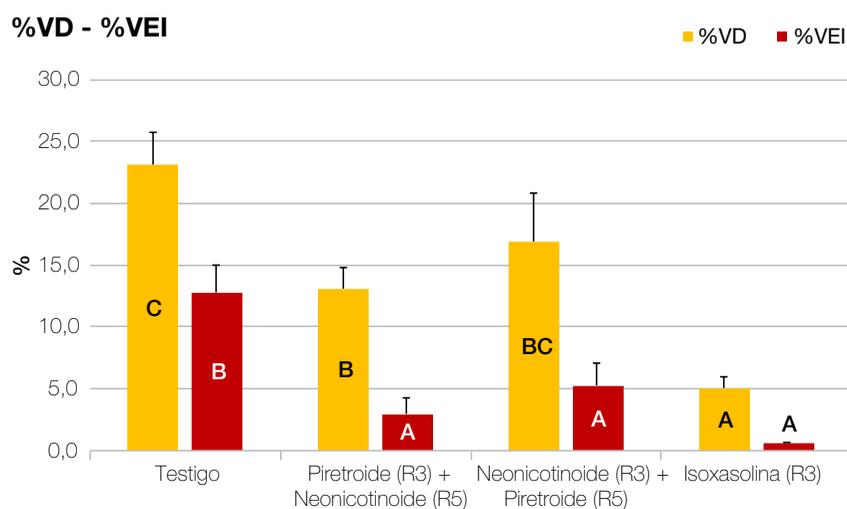


Figura 7. Porcentajes de vainas dañadas (VD) y de vainas con larvas y/o huevos (VEI) de *Rhysomatus subtilis* según tratamiento. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

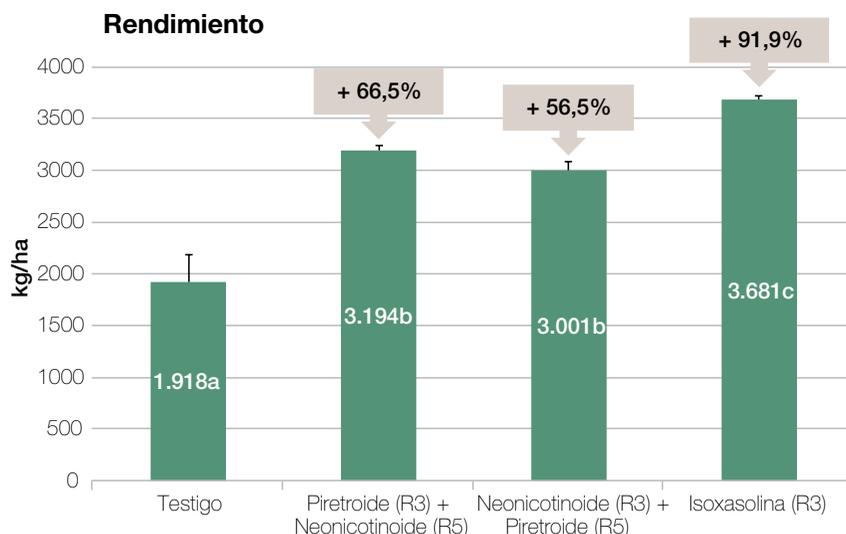


Figura 8. Rendimiento (kg/ha) según tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$). Los valores porcentuales indican los incrementos del rinde con respecto al testigo. La Cocha, Tucumán. Campaña 2022/2023.

■ Consideraciones finales

Entre las estrategias evaluadas se destacó la aplicación de la isoxasolina (isocycloceram 40% SC 100 cm₃ p.c./ha) en R3, que tuvo una buena performance sobre *Rhyssomatus subtilis*, oruga medidora (*Rachiplusia nu*) y trips. Esta herramienta presentó un período de protección más prolongado contra estas plagas en comparación a las otras alternativas, que requirieron una segunda aplicación en R5.

Las aplicaciones en R3 de piretroide (esfenvalerato 12,5% + bifentrin 10% + abamectina 2,4% EC 200 cm₃ p.c./ha) y el neonicotinoide (tiametoxam 14,1% + lambdacialotrina 10,6% ZC 200 cm₃ p.c./ha) mantuvieron bajos los valores de las plagas evaluadas. En ambas estrategias, las nuevas infestaciones con *Rhyssomatus subtilis* obligaron a realizar una segunda aplicación de insecticidas en R5, permitiendo controlar a la plaga y minimizar sus daños en las vainas de la soja.

Para la oruga medidora, *Rachiplusia nu*, la aplicación en R3 de piretroide (esfenvalerato 12,5% + bifentrin 10% + abamectina 2,4% EC 200 cm₃ p.c./ha) y del neonicotinoide (tiametoxam 14,1% + lambdacialotrina 10,6% ZC 200 cm₃ p.c./ha) permitió disminuir sus cantidades inicialmente. Cuando estos insecticidas fueron aplicados R5 se observó una baja performance

de control sobre esta plaga, atribuido posiblemente a una menor persistencia de estas herramientas para el control de la oruga medidora.

La soja Bt es una tecnología valiosa para el manejo de plagas en el NOA, otorgando protección contra lepidópteros de difícil control como la oruga bolillera *Helicoverpa gelotopoeon* y la falsa medidora *Chrysodeixis includens*. Sin embargo, plagas no objetivo de la tecnología, como el picudo negro de la vaina, *Rhyssomatus subtilis* y especies resistente a la soja Bt como *Rachiplusia nu*, han demostrado tener importantes repercusiones en la productividad de la soja y determinan la necesidad de contar con alternativas que permitan un manejo efectivo de estas problemáticas en el cultivo.

■ Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Agr. Miguel Martínez y al personal de Finca Monte Redondo de La Cocha por su invaluable colaboración para la realización del ensayo desarrollado en el presente trabajo.

Bibliografía citada

Argenbio. 2023. Cultivos transgénicos aprobados en la Argentina. Disponible: <https://www.argenbio.org/cultivos-transgenicos/196-eventos-aprobados-argentina> (consultado: 12-VII- 2023).

Casmuz, A.; M. A. Vera; G. H. Díaz Amijás; E. Cejas Marchi; D. A. Villafañe; I. A. Defagot; J. A. Marcial; T. B. Candela; S. Assaf; J. O. Martínez; M. G. Múrua; M. I. Herrero; L. C. Dami y G. A. Gastaminza. 2019. Plagas en soja Intacta: evolución y alternativas de manejo. En: El cultivo de la soja en el noroeste argentino. Publicación Especial EEAOC N° 60. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=capitulo-4-d4> (Consultado: 26-VI- 2023).

Cazado, L. E.; A. S. Casmuz; F. S. Scalora; C. Fadda; R. A. Fernandez; M. F. Tuzza; L. A. Fadda; L. Dami; A. Colledani Toranzo; A. Jadur; A. Vera; G. Gastaminza; R. López y S. Ruiz. 2014. Comportamiento de la soja Bt frente a las principales plagas insectiles y depredadores en el Noroeste Argentino. En: El cultivo de la soja en el noroeste argentino. Publicación Especial EEAOC N° 50. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=capitulo-12> (Consultado: 12-VII-

Cazado, L. E.; A. S. Casmuz; F. Scalora; M. G. Murúa; M. G. Socías; G. A. Gastaminza y E. Willink. 2014b. El picudo negro de la soja, *Rhyssomatus subtilis* Fiedler (Coleoptera: Curculionidae). Avance Agroindustrial 35 (4), Dossier. ISSN 0326-1131.

Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Coop. Ext. Ser., Iowa Agric. and Home Econ. Spec. Rep. (80). Exp. Stn., Iowa State Univ., Ames, USA.

Gamundi, J. C. y M. A. Sosa. 2008a. Caracterización del daño de chinches en soja y criterios para la toma de decisiones de manejo. El complejo de chinches Fitófagas en soja: revisión y avances en el estudio de su ecología y manejo. Eduardo Trumper y Julio Edelstein (Eds.), EEA INTA Manfredi.

Gamundi, J. C. y M. A. Sosa. 2008b. Control de hemípteros fitófagos en el cultivo de soja. El complejo de chinches Fitófagas en soja: revisión y avances en el estudio de su ecología y manejo. Eduardo Trumper y Julio Edelstein (Eds.), EEA INTA Manfredi.

Murúa, M. G.; M. A. Vera; M. I. Herrero; S. Fogliata and A. Michel. 2018. Defoliation of soybean expressing Cry1Ac by lepidopteran pests.

Insects, 9, 93; doi:10.3390/insects9030093.

Nardon, A. C.; S. M. Mathioni; L. V. dos Santos e D. D. Rosa. 2021. Primeiro registro de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) sobrevivendo em soja Bt no Brasil. Entomological Communications, 3, 2021: ec03028, doi: 10.37486/2675-1305.ec03028.

Vera, M. A.; A. S. Casmuz; M. G. Murúa; L. L. Suárez; E. Cejas Marchi; C. M. Medrano; I. Romero; J. L. Ale Reuter; E. Margagliotti; G. A. Gastaminza; F. S. Scalora y M. R. Devani M. R. 2022. Susceptibilidad de *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae), a soja Bt. Disponible: <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=capitulo-d2-susceptibilidad-de-rachiplusia-nu-lepidoptera-noctuidae-a-soja-bt> (consultado: 28-VI-2023).

