

Estrategias para la prevención de la resistencia de insectos en soja *Bt*: manejo de plagas en el refugio

Casmuz, Augusto S.*, Lucas A. Fadda*, Martín A. Vera*, Ary Jadur*, Gonzalo Díaz Arnijas*, Lara M. Ramos*, Lucas E. Tarulli, Nicolás O. Bayos*, Carlos F. Fernández Álvarez*, María G. Murúa*, Luciana C. Dami*, María I. Herrero*, Facundo Daniel** y Gerardo A. Gastaminza*

*Sección Zoología Agrícola; **Sección Granos, EEAOC. E-mail:zoología@eeaoc.org.ar

Introducción

El orden Lepidoptera agrupa la mayor cantidad de especies cuyas larvas causan daños de importancia al cultivo de soja. Entre ellas, la oruga bolillera, *Helicoverpa* spp, y las defoliadoras *Anticarsia gemmatalis* Hübner, *Rachiplusia nu* Gueneé y *Chrysodeixis includens* Walker son las que ocurren con mayor frecuencia en este cultivo (Salas y Ávila, 2006; Aragón *et al.*, 1997; Casmuz *et al.*, 2013). Cabe destacar que sus daños pueden llegar a ocasionar pérdidas del rendimiento de hasta valores cercanos al 60% en caso de no ser controladas (Casmuz *et al.*, 2016).

Para el manejo de esta problemática, desde el año 2012 se dispone de la soja *Bt*, representada por variedades que expresan la proteína Cry1Ac, que ofrece una protección contra lepidópteros plagas del cultivo (ArgenBio, 2017). Entre los elementos que hacen al buen manejo de esta tecnología se resalta la implementación del refugio, entendiéndose como tal

un área sembrada con soja no *Bt*, dentro del mismo lote del cultivo *Bt*, que actuará como fuente de individuos susceptibles de las plagas blanco de la soja *Bt*. De esta forma, estos individuos, al cruzarse con los eventuales adultos resistentes (homocigotas recesivos) sobrevivientes del lote *Bt*, permiten restablecer en la población los alelos susceptibles removidos o eliminados por la presión de selección. Los alelos susceptibles provistos por el refugio diluyen los alelos homocigotas resistentes generándose así los individuos heterocigotas susceptibles que serán controlados por el cultivo *Bt* (Tabashnik *et al.*, 2009).

La preservación del refugio ante los daños de orugas de lepidópteros puede realizarse a través de aplicaciones de insecticidas bajo el esquema de manejo integrado de plagas, respetando los niveles de daño económico recomendados para cada caso (Monsanto, 2017).

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes alternativas para el manejo del complejo de orugas

defoliadoras en el refugio de la soja *Bt*.

Metodología

El ensayo se realizó en la localidad de Overo Pozo, departamento Cruz Alta, provincia de Tucumán. Se empleó una variedad de soja *Bt* y otra RR1 (refugio), ambas de igual grupo de madurez y hábito de crecimiento. La variedad de soja *Bt* fue AW 6211 IPRO y en el refugio DM 6.2i RR. La siembra se realizó el 12 de diciembre de 2016 sobre un lote que tuvo como cultivo antecesor al maíz. 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 (0,52 m entre líneas) por 10 metros de largo, dejándose un metro de separación entre los bloques y las parcelas.

Los tratamientos considerados en el refugio fueron los siguientes:

1. Testigo.
2. Clorpirifos 48% EC 1200 cm³ p.c./ha.

3. Teflubenzuron 15% SC 150 cm³ p.c./ha.

4. Metoxifenocida 28,6% + spinetoram 5,3% SC 100 cm³ p.c./ha.

5. Clorantraniliprole 20% SC 50 cm³ p.c./ha.

6. Clorfenapir 24% SC 900 cm³ p.c./ha.

En la elección de los insecticidas empleados en el refugio se consideraron alternativas con diferentes modos de acción.

Los parámetros evaluados en cada tratamiento fueron:

a. Número de insectos plagas por metro lineal de cultivo: adultos de *Rhyssomatus subtilis*, orugas de bolilleras (*Helicoverpa* spp.) y complejo de orugas defoliadoras (orugas chicas, *Anticarsia gemmatalis* y orugas medidoras). Para la diferenciación de las especies de medidoras (*Rachiplusia nu* o *Chrysodeixis includens*) se procedió a la extracción de larvas grandes que fueron llevadas al laboratorio para su correspondiente identificación, expresándose en forma porcentual los valores de *C. includens*. Los insectos plagas se evaluaron con paño vertical, monitoreándose dos metros lineales de cultivo en cada parcela, con una frecuencia semanal desde el estado fenológico V3 (Fehr and Caviness, 1977).

b. Porcentaje de daño foliar, estimándose visualmente en cada fecha de monitoreo mediante la comparación con una escala de defoliación patrón (Kogan and Turnipseed, 1980).

c. Porcentaje de eficacia

de control sobre *Anticarsia gemmatalis* y sobre las medidoras. Esta determinación se realizó para las diferentes alternativas químicas empleadas en el refugio a los 2 y 9 días después de la aplicación (DDA).

d. Número de orugas de *Anticarsia gemmatalis* y de medidoras sobrevivientes en los tratamientos del refugio, considerándose la cantidad de orugas grandes/m² de cultivo a los 2 y 9 DDA.

e. Rendimiento: a partir de la cosecha en cada parcela, de las dos filas centrales por seis metros lineales centrales de cada fila (6 m²). Este parámetro se determinó para cada tratamiento del refugio y en la soja Bt. Además se calculó el rendimiento ponderado para las diferentes alternativas empleadas en el refugio, considerándose para el cálculo un 20% de soja RR1 como refugio y un 80% de soja Bt, según recomendaciones establecidas para el manejo de esta tecnología (Monsanto, 2017).

La aplicación de los insecticidas en el refugio fue realizada cuando se alcanzó el umbral de acción (UA) para el control del complejo de orugas defoliadoras, establecido por un 10% de daño foliar y más de 20 orugas grandes/m lineal de cultivo (Perotti y Gamundi, 2007).

Para la aplicación de los insecticidas se empleó una mochila experimental de CO₂ provista de boquillas CH 8001.

Para el análisis de los datos se empleó un Anova, comparándose las medias con el método LSD ($p < 0,05$).

Resultados

En soja Bt, la ocurrencia de insectos plagas fue baja, observándose algunas pocas defoliadoras chicas y adultos de *R. subtilis* cuyos valores se incrementaron hacia fines de febrero, obligando a realizar una única aplicación de insecticida para el control de este picudo (Figura 1).

En el refugio, en las etapas vegetativas y las reproductivas iniciales los niveles de insectos plagas fueron bajos, observándose la presencia de orugas bolillera (*Helicoverpa* spp) y algunas pocas defoliadoras (Figura 2).

A partir del monitoreo del 21 de febrero se observó un incremento de las orugas defoliadoras y del nivel de daño foliar en el refugio, alcanzando el umbral de acción el 27 de dicho mes (Figura 2). En esta fecha, los valores de orugas grandes (*A. gemmatalis* + medidoras) en los tratamientos del refugio oscilaron entre 20,6 y 23,9 orugas/m, y los de daño foliar entre un 10% y un 13,8%, sin diferencias significativas entre ellos en estos parámetros (Figura 3). Entre las orugas grandes se observaron cantidades semejantes de *A. gemmatalis* y medidoras; estas últimas estuvieron representadas en un 92% por *C. includens* (Figura 2 y 3). El 28 de febrero se procedió a realizar la aplicación de los diferentes tratamientos del refugio.

La mayoría de los insecticidas evaluados en el refugio alcanzaron niveles de control del 100% sobre las orugas de *A. gemmatalis* a los 2 y 9 DDA, sin observarse diferencias significativas entre ellos (Figura 4). Esta situación

Complejo de plagas en soja Bt

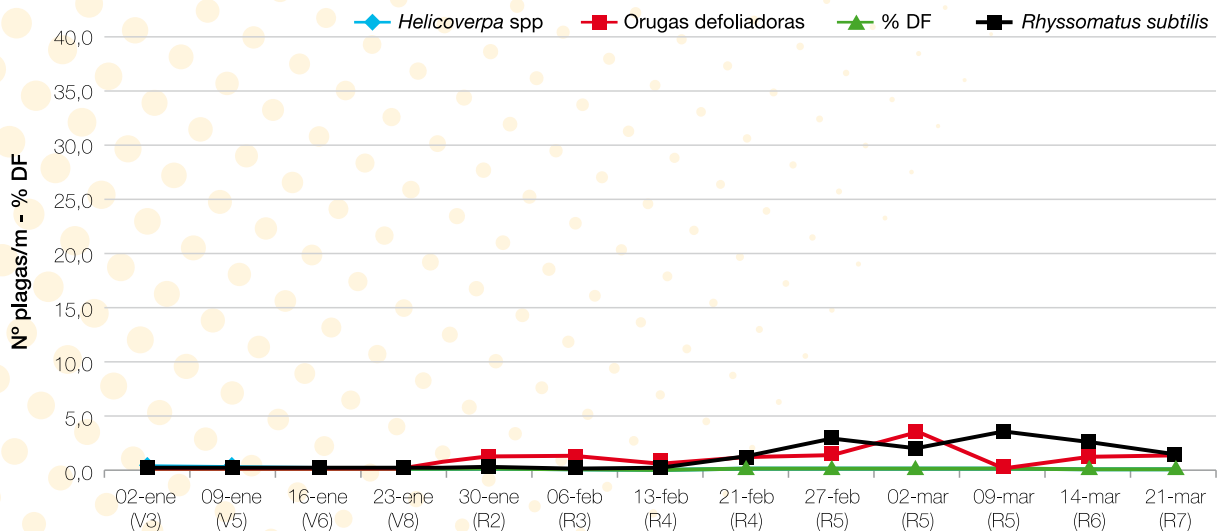


Figura 1. Número de insectos plagas por metro lineal del cultivo en soja Bt y porcentaje de daño foliar (% DF) estimado según fecha de monitoreo.

Complejo de plagas en el refugio

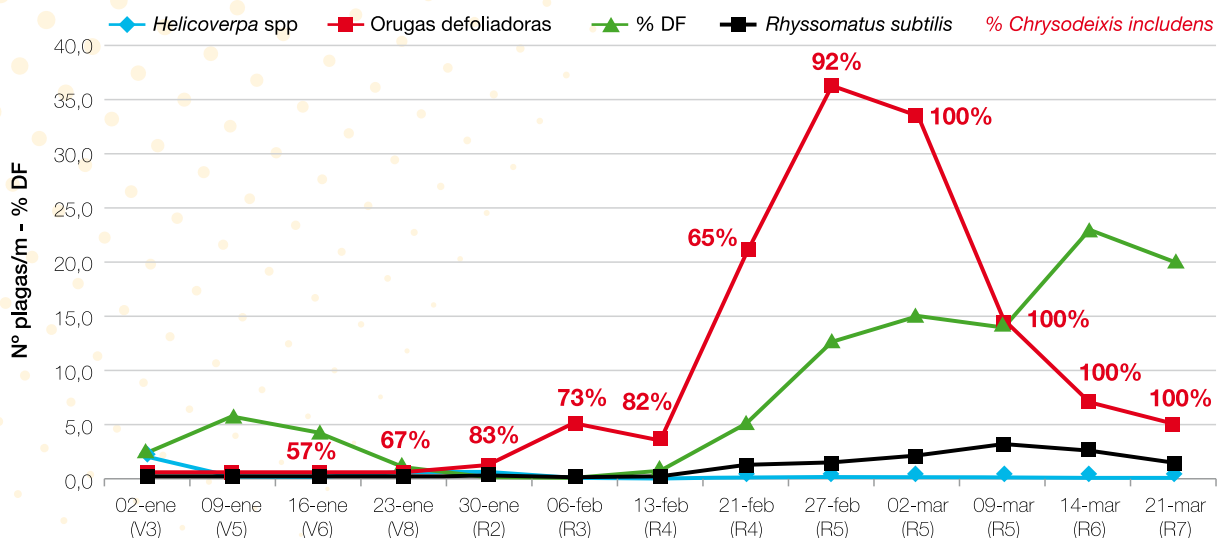


Figura 2. Número de insectos plagas por metro lineal del cultivo en el Testigo del refugio y porcentaje de daño foliar (% DF) estimado según fecha de monitoreo. Los valores porcentuales corresponden a la especie *Chrysoideixis includens* dentro del complejo de las orugas medidoras.

determinó que las cantidades de orugas de *A. gemmatilis* en las alternativas químicas fuera casi nula, diferenciándose del testigo sin aplicar en ambos muestreos (Figura 5).

A los 2 DDA y 7 DDA, la mezcla de metoxifenocide + spinetoram y

clorfenapir fueron las alternativas químicas con mayores niveles de control sobre las orugas medidoras, diferenciándose estadísticamente del resto de los insecticidas evaluados en el refugio (Figura 6). Por ello, en estos insecticidas la cantidad de medidoras sobrevivientes fue

significativamente menor que lo observado en el resto de los tratamientos del refugio (Figura 7).

Entre los tratamientos evaluados en el refugio, teflubenzuron fue el único insecticida con un rendimiento semejante

Nº de orugas y % DF antes de la aplicación

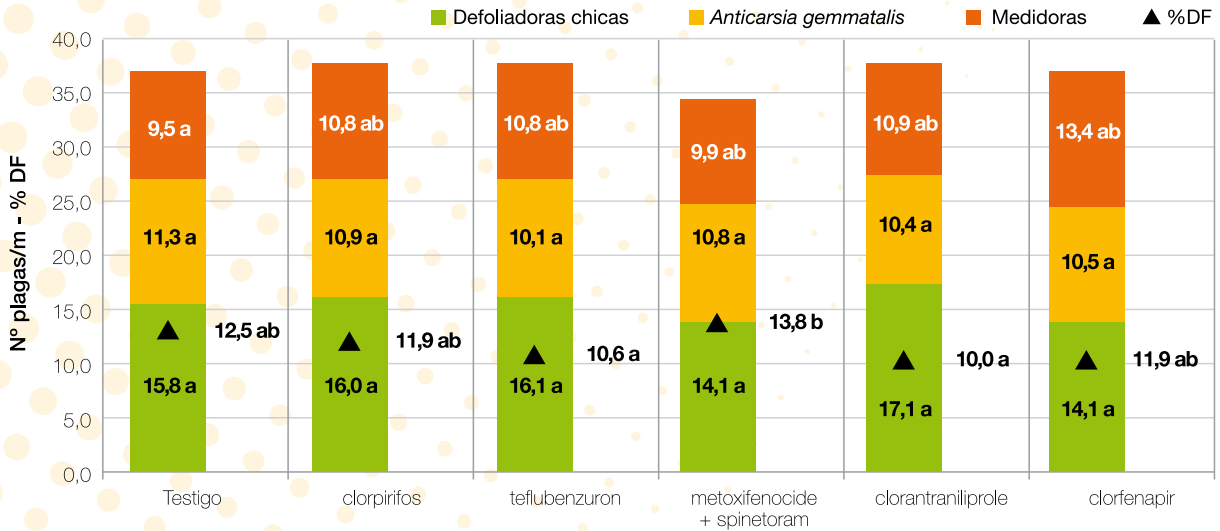


Figura 3. Número de orugas/m lineal de cultivo y porcentaje de daño foliar (%DF) según tratamiento en el refugio antes de la aplicación. En las orugas se diferenciaron las defoliadoras chicas, *Anticarsia gemmatilis* y las medidoras. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Eficacia de control sobre *Anticarsia gemmatilis*

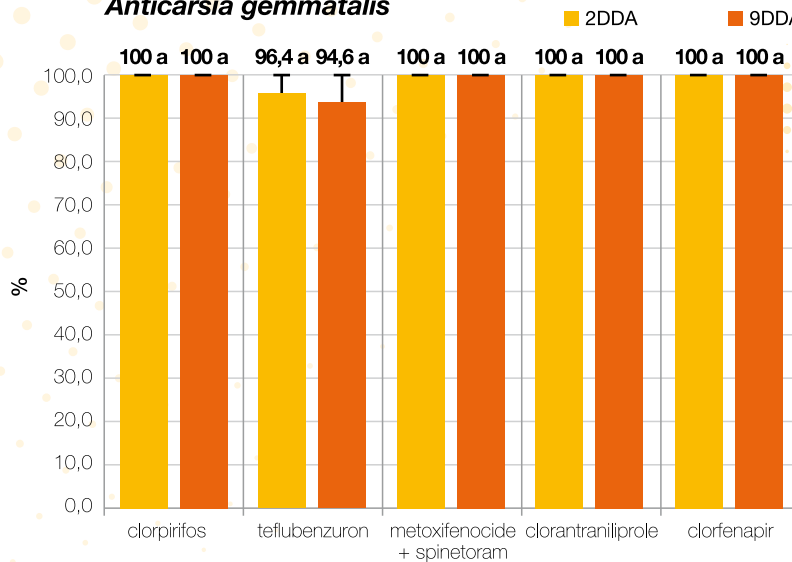


Figura 4. Porcentaje de eficacia de control sobre orugas de *Anticarsia gemmatilis* a los 2 y 9 DDA según insecticida empleado en el refugio. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Consideraciones finales

Durante la presente campaña fueron bajos los niveles de insectos plagas sobre soja Bt y RR1, realizándose una única aplicación de insecticida para el control de *R. subtilis* en Bt y para las orugas defoliadoras en soja RR1, ya que estas plagas fueron las que superaron el umbral de acción en las tecnologías mencionadas.

En el caso de *A. gemmatilis*, todas las alternativas químicas empleadas en el refugio tuvieron controles contundentes sobre esta especie. Dicha situación produjo desde nula a escasa sobrevivencia de este lepidóptero en aquellas situaciones donde se adoptó una medida para el control de defoliadoras; efecto poco favorable, si consideramos que la función básica del área refugio es la de generar individuos susceptibles.

al obtenido en el testigo sin aplicar, sin diferenciarse de este tratamiento (Tabla 1). Los tratamientos del refugio tuvieron rindes entre un 3,3% y un 29% menor al determinado en la soja Bt, que alcanzó 2580 kg/

ha (Tabla 1). Al considerar el rendimiento ponderado de las diferentes estrategias adoptadas en el refugio, las mermas de la productividad oscilaron entre 0,7% y 5,8% según la estrategia adoptada en el refugio (Tabla 2).

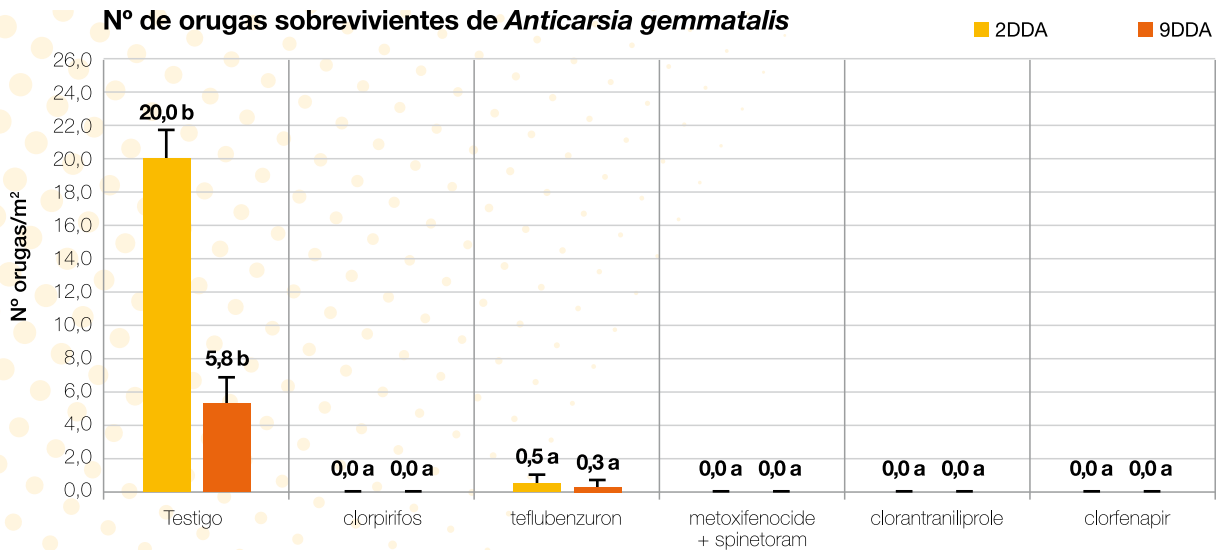


Figura 5. Número de orugas de *Anticarsia gemmatilis*/m² sobrevivientes según tratamiento en el refugio a los 2 y 9 DDA. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Se observaron diferencias en el control ejercido por los diferentes insecticidas sobre las orugas medidoras, representadas casi en su totalidad por la falsa medidora *C. includens*. Esta especie resulta de difícil control al ubicarse preferentemente en el estrato medio del cultivo y al presentar una mayor tolerancia a algunos insecticidas. Por ello, algunas de las alternativas empleadas en el refugio permitieron una mayor sobrevivencia de las orugas medidoras.

Si bien las alternativas planteadas en el refugio tuvieron rindes menores al alcanzado por la soja *Bt*, estas mermas no superaron el 6% cuando se ponderó el rendimiento, considerándose en la ponderación que la proporción recomendada de refugio en lotes con soja *Bt* es de un 20% como mínimo.

Desde la campaña 2013/2014, la superficie con soja *Bt* en el NOA fue incrementándose, convirtiéndose en la actualidad en una valiosa alternativa para el

manejo de las principales especies de lepidópteros plagas en este cultivo. El uso de esta herramienta implica como pilar fundamental la adopción de los refugios, cuyo objetivo es asegurar la generación de individuos susceptibles para el cruzamiento con los posibles resistentes generados

en la tecnología *Bt*. Por ello, el desarrollo de estrategias que permitan un manejo racional de las plagas en el refugio resulta un elemento de vital importancia para lograr preservar en el tiempo la soja *Bt* como herramienta de manejo en nuestros sistemas productivos.

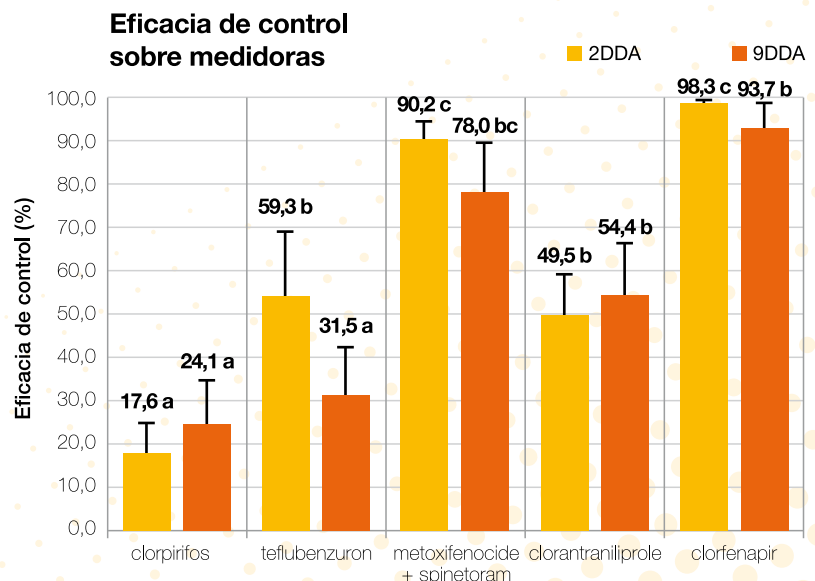


Figura 6. Porcentaje de eficacia de control sobre las orugas medidoras a los 2 y 9 DDA, según insecticida empleado en el refugio. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

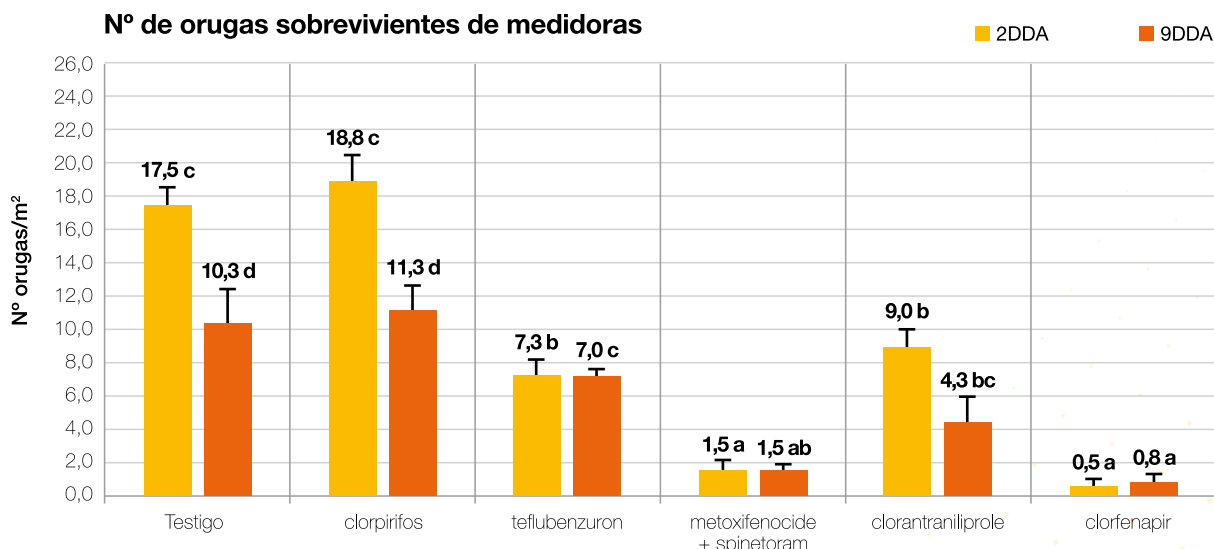


Figura 7. Número de orugas de medidoras/m² sobrevivientes según tratamiento en el refugio a los 2 y 9 DDA. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Tabla 1. Rendimiento según tratamiento considerado en el refugio y porcentaje de reducción del mismo en función del alcanzado por la soja Bt.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)		Reducción del rendimiento (%)
Soja Bt	2580		
Soja RR1 Refugio	testigo	1831 A	29,0
	clorpirifos	2494 C	3,3
	teflubenzuron	1998 AB	22,6
	metoxifenocida + spinetoram	2487 C	3,6
	clorantraniliprole	2377 C	7,9
	clorfenapir	2269 BC	12,1
p-valor	0,0032		
DMS	347		

Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Tabla 2. Rendimiento ponderado para cada tratamiento considerado en el refugio y porcentaje de reducción del mismo en función del alcanzado por la soja Bt.

Rendimiento ponderado: 20% de soja RR1 como refugio y un 80% de soja Bt.

Tratamientos	Rendimiento ponderado (kg/ha)		Reducción del rendimiento ponderado (%)
Soja Bt	2580		
Soja RR1 Refugio	testigo	2430 A	5,8
	clorpirifos	2562 C	0,7
	teflubenzuron	2463 AB	4,5
	metoxifenocida + spinetoram	2561 C	0,7
	clorantraniliprole	2539 C	1,6
	clorfenapir	2517 BC	2,4
p-valor	0,0032		
DMS	69		

Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, $p < 0,05$).

Bibliografía citada

Aragón, J. R.; A. Molinario y S. Lorenzatti. 1997. Manejo integrado de plagas. En: Giorda, L. M. y H. E. Baigorri (eds.), El cultivo de la soja en Argentina. INTA. Centro Regional Córdoba EEA Marcos Juárez – EEA Manfredi. Capítulo 12, pp. 248-288.

ArgenBio. 2017. Los cultivos transgénicos en Argentina. [En línea]. Disponible en <http://www.argenbio.org> (consultado 18 de julio de 2017).

Casmuz, A. S.; L. A. Fadda; M. F. Tuzza; A. Jadur; C. Fernández; G. Díaz Arnijas; M. A. Vera; L. E. Cazado; J. D. Orce; M. G. Murúa; M. I. Herrero; L. C. Dami; F. Daniel y G. A. Gastaminza. 2016. Manejo de plagas en soja Intacta y RR1. En: El cultivo de la soja en el noroeste argentino. Publicación Especial EEAOC 52, pp. 134-142.

Casmuz, A.; F. Scalora; L. Cazado; M. Aralde; M. Aybar Guchea; M.

Gómez; L. Fadda; A. Colledani; J. Fernández; A. Vera; H. Gómez; G. Gastaminza y D. Moa. 2013. Evaluación de diferentes alternativas para el control del complejo de orugas defoliadoras y el impacto de estas sobre el rendimiento del cultivo de soja. En: El cultivo de la soja en el noroeste argentino. Publicación Especial EEAOC 47, pp. 151-157.

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.

Kogan, M. and S. G. Turnipseed. 1980. Soybean growth and assessment of damage by arthropods. En: M. Kogan & D.C. Herzog (eds.), Sampling methods in soybean entomology. New York, Springer-Verlag, pp. 587.

Monsanto. 2017. Intacta RR2 Pro. [En línea]. Disponible en [http://](http://www.intactarr2pro.com.ar/refugio)

www.intactarr2pro.com.ar/refugio (consultado 20 de julio de 2017).

Perotti, E. y J. C. Gamundi. 2007. Evaluación del daño provocado por lepidópteros defoliadores en cultivares de soja determinados e indeterminados (GM III, IV, V) con diferentes espaciamientos entre líneas de siembra. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción 36, pp. 119-125.

Salas, H. y R. Ávila. 2006. Los insectos en el cultivo de soja en el Noroeste Argentino. En: Devani, M. R.; F. Ledesma; J. M. Lenis y L. D. Ploper (eds.). Producción de Soja en el Noroeste Argentino, EEAOC, Tucumán, R. Argentina.

Tabashnik, B. E.; J. B. J. Van Rensburg & Y. Carrière. 2009. Field-Evolved Insect Resistance to *Bt* Crops: Definition, Theory, and data. Journal of Economic Entomology 102 (6): 2011-2025.