

# Maíces con la proteína Vip3A: estrategias para la prevención de la resistencia del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*

Martín A. Vera\*, Augusto S. Casmuz\*, Emmanuel Cejas Marchi\*, Daniel A. Villafañe\*, Gonzalo H. Díaz Arnijas\*, Cristián M. Medrano\*, Aylén Aguilar\*, Florencia Paoletti\*, Lourdes Suarez\*\*, María G. Múrua\*\*, Gerardo A. Gastaminza\* y Franco S. Scalora\*\*\*

\*Sección Zoología Agrícola, EEAOC; \*\*Sección Zoología Agrícola, EEAOC-ITANOA-CONICET; \*\*\*Sección Granos, EEAOC.

## Introducción

Entre las plagas insectiles que afectan al maíz, se destaca al “gusano cogollero”, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidóptera: Noctuidae), como la plaga clave del cultivo (Willink *et al.*, 1993; Aragón, 2002). Sus larvas producen diversos daños en las plantas, pudiendo actuar como cortadoras, defoliadoras, cogolleras, y también pueden perforar y barrenar los tallos, dañar las panojas y las espigas del maíz, llegando a ocasionar pérdidas de un 37% del rendimiento (Willink *et al.*, 1993; Murúa *et al.* 2019).

La biotecnología ha efectuado un gran aporte en el manejo de esta plaga, con la incorporación desde el año 1998, de híbridos de maíz que expresan proteínas insecticidas de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) para el control de los principales lepidópteros plagas del cultivo (Satorre, 2014).

Desde la campaña 2012/2013 se reportaron daños inesperados de *S. frugiperda* en algunos maíces Bt (Trumper, Murúa *et al.* 2019). Estos daños fueron en incremento con el correr de las campañas, comprometiendo la eficacia de la tecnología Bt en los maíces.

En las últimas campañas se incrementó la adopción de híbridos de maíz que expresan la proteína Vip3A, que ofrece una excelente protección contra las principales especies de lepidópteros plagas del cultivo, mencionándose entre ellas a *S. frugiperda*.

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes alternativas para el manejo de *S. frugiperda* en el refugio del maíz Bt (Vip3A).

## Metodología

El ensayo se realizó en la localidad de San Agustín, departamento Cruz Alta, provincia de Tucumán.

Se empleó como maíz Bt el híbrido B 510 (PowerCore Ultra), que expresa la proteína Vip3A, y como refugio RFG RR. La siembra se realizó el 14 de enero de 2021, sobre un lote que tuvo como cultivo antecesor a la soja. 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 15 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. Refugio con 1 aplicación hasta V6 (1 Aplic. V6).
3. Refugio con 2 aplicación hasta V6 (2 Aplic. V6).
4. Control total.

Los tratamientos considerados en el maíz Bt (PowerCore Ultra) fueron los siguientes:

1. Testigo.
2. Aplicación a umbral de acción (Aplic. UA)

Los parámetros evaluados en cada tratamiento fueron:

**a. Porcentaje de plantas dañadas por *S. frugiperda* y número de larvas vivas.** Estos parámetros se determinaron sobre 20 plantas consecutivas en cada parcela. Para la evaluación de la severidad del daño, se utilizó una modificación de la escala de Davis (Davis *et al.*, 1992), detallada en la Figura 1. Las larvas de *S. frugiperda* fueron diferenciadas en larvas chicas (< 1,5 cm) y grandes (> 1,5 cm). Las evaluaciones se realizaron con una frecuencia semanal desde el estado fenológico V2 (Ritchie & Hanway, 1982).

**b. Número de adultos de *S. frugiperda* generados:** el 2 de marzo, cuando el cultivo se encontraba en V9, se procedió a la extracción de larvas grandes de *S. frugiperda* sobre 60 plantas consecutivas de cada parcela. Las orugas recolectadas fueron alimentadas

con el material vegetal del tratamiento de donde fueron recolectadas hasta llegar al estado de pupa. Las pupas fueron acondicionadas hasta la obtención de los adultos.

**c. Número de adultos de *S. frugiperda* generados por hectárea:** con los valores obtenidos en el ítem anterior y con la evaluación del número de plantas por unidad de superficie, se determinó este parámetro para cada tratamiento. La cantidad de adultos de *S. frugiperda* generados por hectárea se expresó considerándose un 10% de maíz no Bt como refugio y un 90% de maíz Bt, según recomendaciones establecidas para el manejo de esta tecnología (Programa MRI, 2021).

**d. Número de larvas de *S. frugiperda* y *Helicoverpa zea* por espiga.** Estos parámetros se determinaron sobre 10 espigas consecutivas de cada parcela de los tratamientos Testigo del maíz refugio y Bt. Las evaluaciones se realizaron con una frecuencia semanal desde el estado fenológico R1 hasta R6.

**e. Rendimiento:** a partir de la cosecha de las dos filas centrales por diez metros lineales centrales de cada fila (10,4 m<sup>2</sup>). Además, se calculó el rendimiento ponderado para las diferentes alternativas empleadas en el refugio, considerándose para el cálculo un 10% de maíz no Bt como refugio y un 90% de maíz Bt, según recomendaciones establecidas para el manejo de esta tecnología (Programa MRI, 2021).

El umbral de acción considerado para la aplicación de los insecticidas fue de un 20% de plantas



**Grado 0-1.** Sin daño o con lesiones como las que hace un alfiler.



**Grado 2-3.** Lesiones circulares pequeñas y pocas lesiones alargadas menores de 1,3 cm sin membrana epidérmica consumida. "Ventanitas".



**Grado 4-6.** Lesiones mayores a 1,3 cm con membrana epidérmica consumida.



**Grado 7-9.** Muchas lesiones por consumo de membrana epidérmica en cogollo. Cogollo destruido.

**Figura 1.** Categorías de la Escala de Davis empleada para la evaluación de la severidad de los daños causados por *Spodoptera frugiperda*.



dañadas (Grado 2 – 3 según escala de Davis) y larvas vivas de *S. frugiperda* (IRAC, 2021).

En aquellos tratamientos con más de una aplicación de insecticidas, se emplearon alternativas con diferentes modos de acción. Para la aplicación de los mismos se empleó una mochila experimental de CO<sub>2</sub> 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

#### Dinámica de *Spodoptera frugiperda* en el maíz refugio y Bt

En el Testigo del maíz refugio se observó un incremento de las cantidades de larvas de *S. frugiperda* y plantas dañadas con el correr de las evaluaciones, alcanzando cerca del 90% de plantas afectadas en el último monitoreo realizado en la fase vegetativa (Figura 2). En el maíz Bt (PowerCore Ultra), la ocurrencia de la plaga durante las etapas vegetativas fue nula, observándose en algunos monitoreos muy

pocas plantas con daño Grado 2-3, sin presencia de larvas vivas de *S. frugiperda* (Figura 2).

Durante las fases reproductivas hubo ocurrencia de la plaga (larvas y espigas dañadas) solamente en el maíz refugio (Figura 2). En los monitoreos realizados entre R1 y R3, la especie predominante fue *S. frugiperda*, observándose de 0,9 a 1,3 larvas por espiga (Figura 2). En los muestreos posteriores (R4 y R5), se registró una disminución de las cantidades de larvas por espiga, predominando *H. zea* en esas etapas (Figura 2). En la última evaluación realizada el 30 de abril (R6), el Testigo del maíz refugio presentó un 65% de espigas con daños de orugas (Figura 2).

#### Estrategias para el manejo del maíz refugio: plantas dañadas y larvas de *Spodoptera frugiperda*

En el refugio, el 25 de enero (V2), se observaron valores de plantas dañadas por *S. frugiperda* que superaban el umbral de acción (UA) establecido para su control, con presencia de larvas vivas de la plaga (Figura 3 y 4). El 26 de enero se efectuó la primera aplicación del insecticida en los diferentes tratamientos del refugio (Tabla 1). La aplicación redujo

### Dinámica *Spodoptera frugiperda*. Maíz refugio y Bt 2020/2021

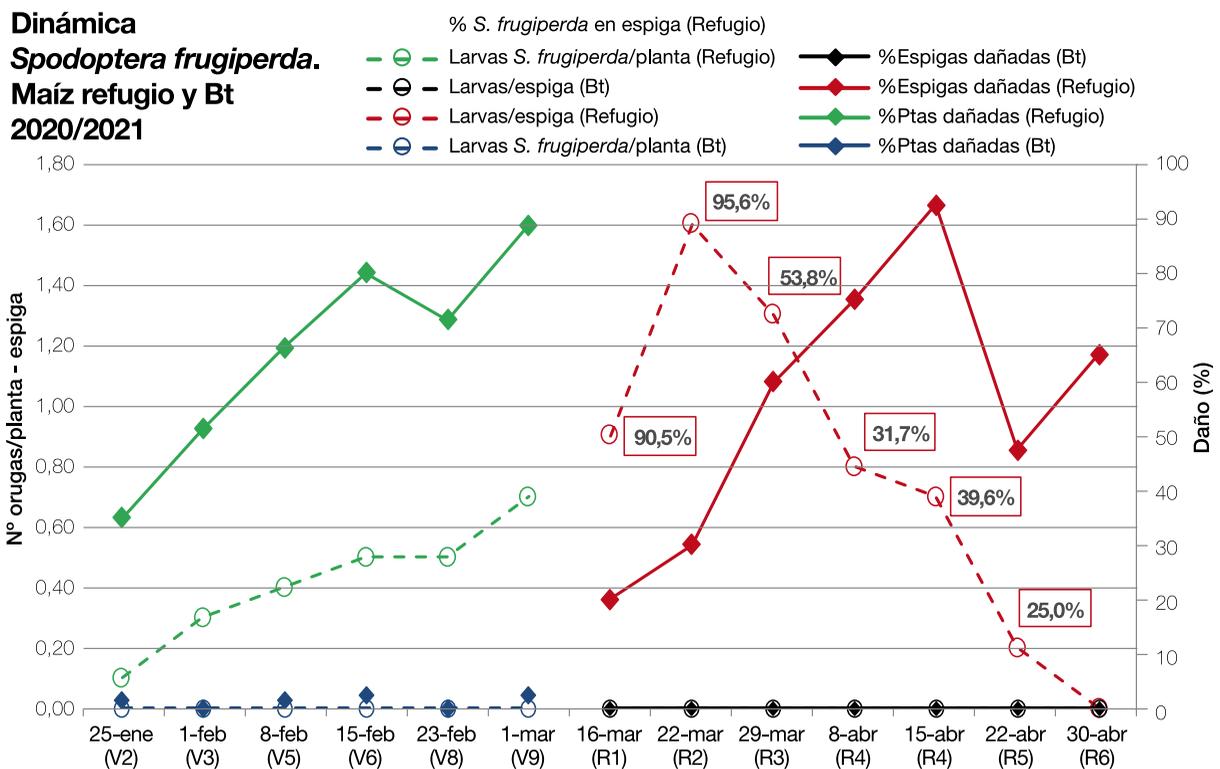


Figura 2. Dinámica de *Spodoptera frugiperda* en los testigos del maíz refugio y del maíz Bt (PowerCore Ultra): larvas de *Spodoptera frugiperda* por planta y por espiga, y porcentaje de plantas y espigas dañadas. Los valores porcentuales corresponden a la especie *Spodoptera frugiperda* en espiga. Campaña 2020/2021. Sección Zooloía Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

# IBC ATANOR

la tecnología  
que llegó para  
proteger el  
**medio ambiente**



**Más sustentables** y con más beneficios para el productor.



**Buenas prácticas** desde el origen.



**60 kg** de plástico **MENOS.**



**1500 lts** de agua **MENOS.**



**ECONOMÍA CIRCULAR**  
(reutilizable).



**IBC  
ATANOR**



**ATANOR®**  
your alternative

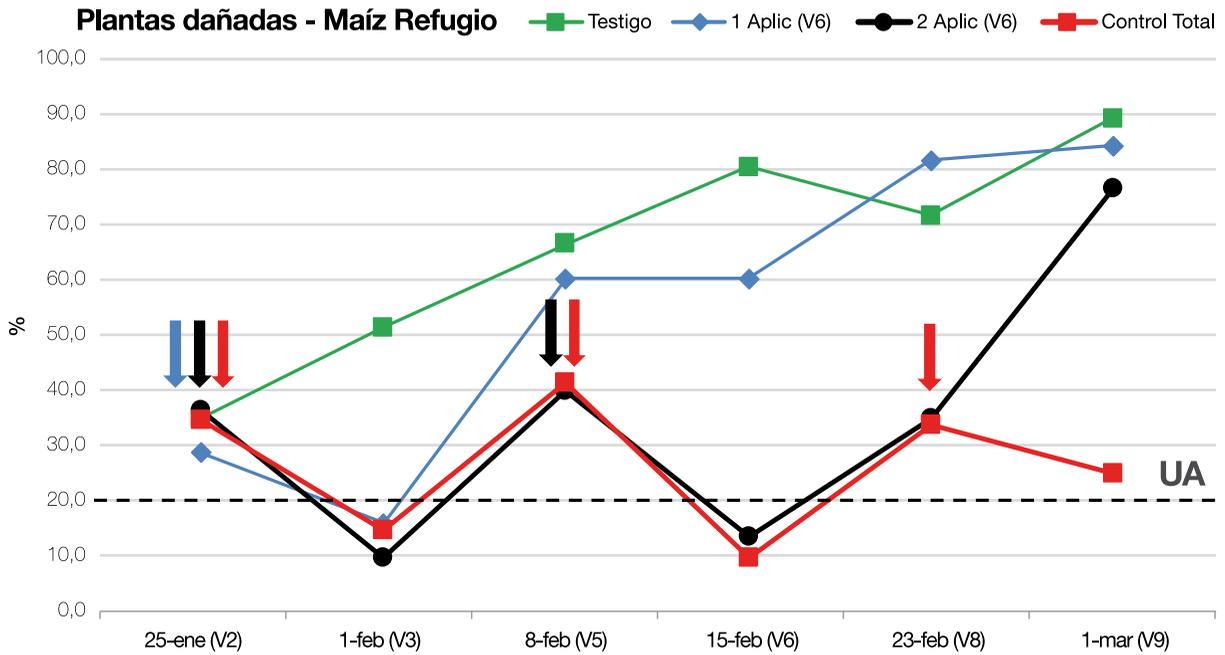


Figura 3. Porcentaje de plantas dañadas por *Spodoptera frugiperda*. Las flechas indican las aplicaciones de los insecticidas. Maíz refugio. Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

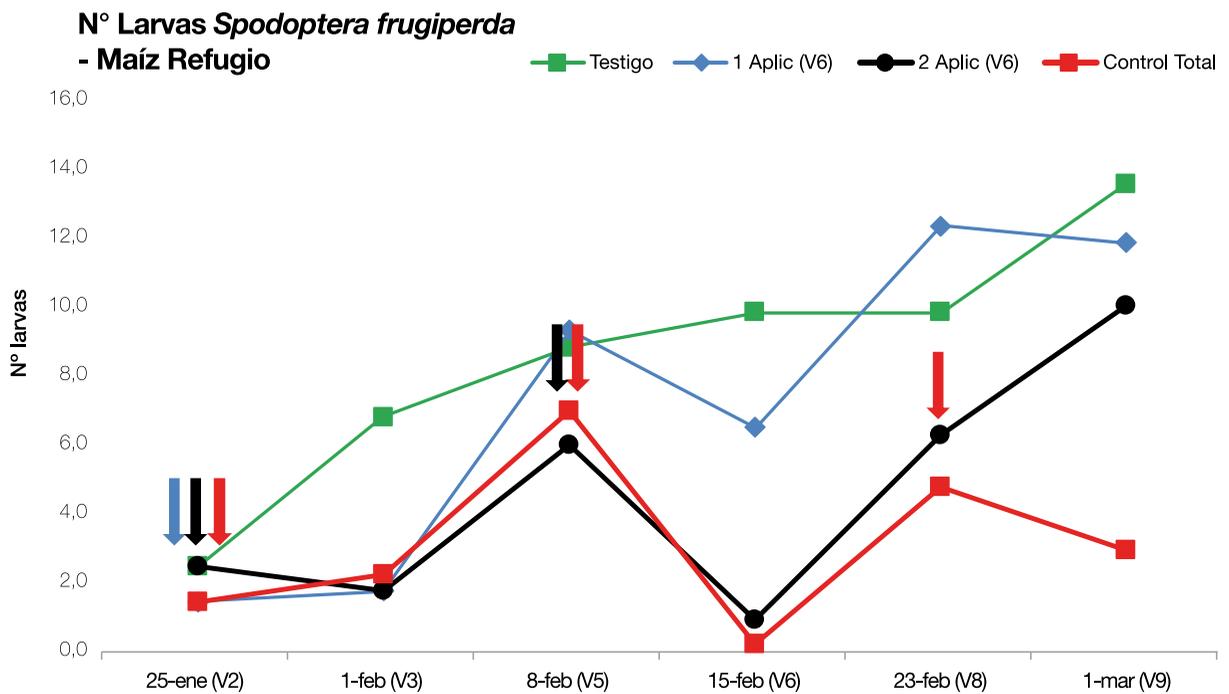


Figura 4. Número de larvas de *Spodoptera frugiperda* en 20 plantas. Las flechas indican las aplicaciones de los insecticidas. Maíz refugio. Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.



**Tabla 1.** Fechas de aplicación y grupos químicos empleados según tratamiento en el maíz refugio. Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

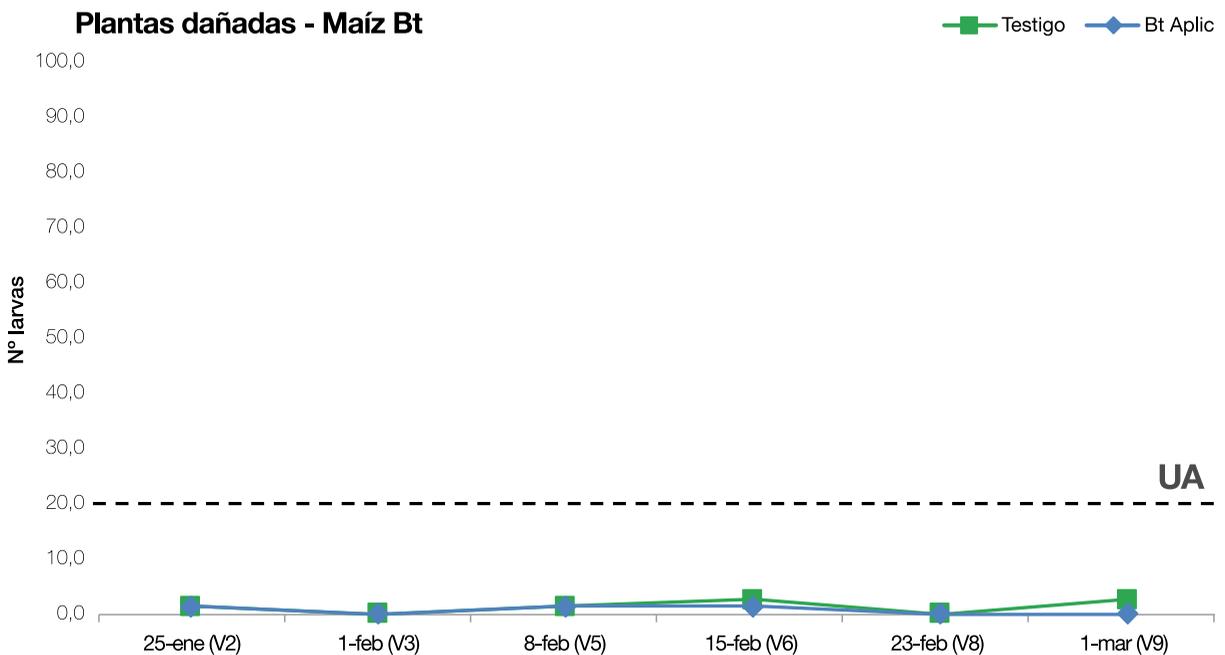
Híbrido	Tratamientos	26-ene (V2)	11-feb (V5)	26-feb (V8)
Maíz Refugio	Testigo			
	1 Aplic (V6)	Avermectina + IGR		
	2 Aplic (V6)	Avermectina + IGR	Spinosina	
	Control Total	Avermectina + IGR	Spinosina	Diamida

**Avermectina + IGR:** benzoato de emamectina 5% + lufenuron 40% WG 50 g pc/ha; **Spinosina:** spinetoram 12% SC 80 cm<sup>3</sup> pc/ha; **Diamida:** clorantriliprole 20% SC 80 cm<sup>3</sup> pc/ha.

sensiblemente la incidencia de *S. frugiperda* por debajo del UA en el monitoreo siguiente (Figura 3). En el muestreo del 8 de febrero (V5), se observó un nuevo aumento de la incidencia y de la cantidad de larvas de *S. frugiperda* en los tratamientos aplicados del refugio, superando el UA (Figura 3 y 4). Esta situación determinó la segunda aplicación del insecticida en los tratamientos del refugio 2 Aplic V6 y Control total (Tabla 1). Esta aplicación produjo una marcada disminución de la incidencia y de la cantidad de larvas en los tratamientos aplicados del refugio, en comparación al Testigo (Figura 3 y 4).

El 23 de febrero (V8), se incrementaron los valores de incidencia por encima del UA (Figuras 3 y 4), realizándose la tercera y última aplicación de insecticida en el tratamiento Control total del refugio (Tabla 1).

En los tratamientos del maíz Bt (PowerCore Ultra), la ocurrencia de la plaga durante las etapas vegetativas fue nula, observándose en algunos monitoreos algunas pocas plantas con daño Grado 2-3, pero sin presencia de larvas vivas de *S. frugiperda* (Figura 5 y 6).



**Figura 5.** Porcentaje de plantas dañadas por *Spodoptera frugiperda*. Maíz Bt (PowerCore Ultra). Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

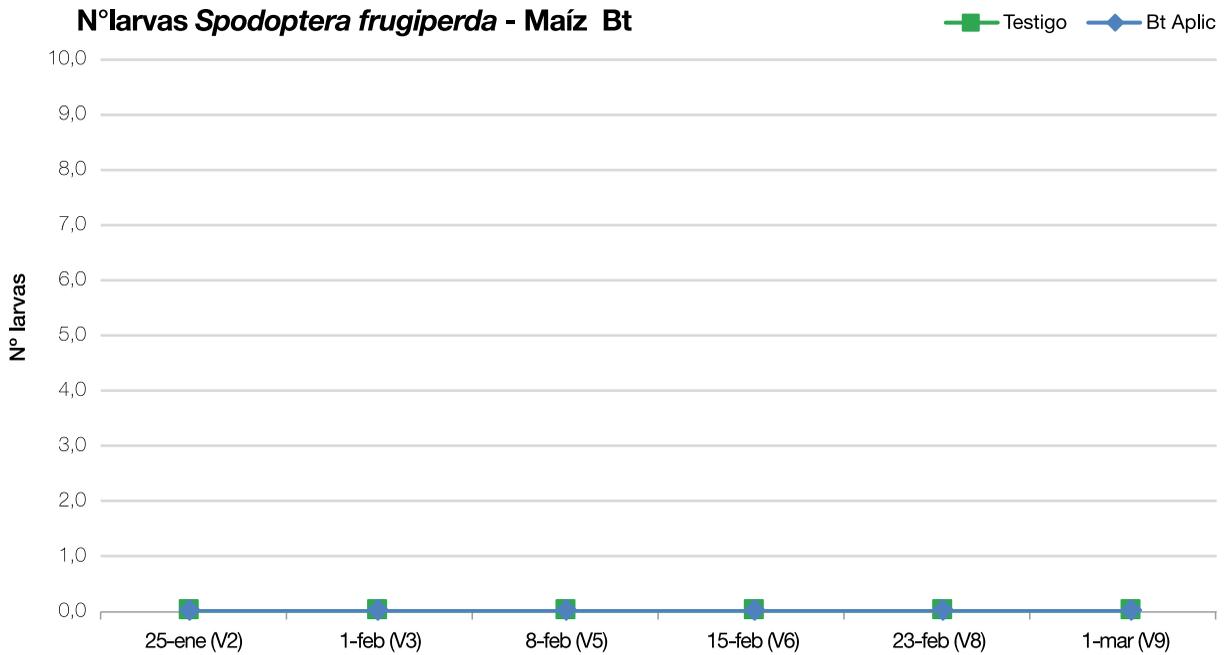


Figura 6. Número de larvas de *Spodoptera frugiperda* en 20 plantas. Maíz Bt (PowerCore Ultra). Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

► Larvas y adultos de *Spodoptera frugiperda* generados

En la extracción de larvas grandes de *S. frugiperda* realizada el 2 de marzo (V9), el tratamiento Control total tuvo una cantidad significativamente menor en comparación al resto de las alternativas evaluadas en

el maíz refugio (Figura 7). En el maíz Bt (PowerCore Ultra), no hubo desarrollo de *S. frugiperda*, como se detalla en la Figura 7.

En el tratamiento Control total no hubo desarrollo de adultos de *S. frugiperda*, diferenciándose

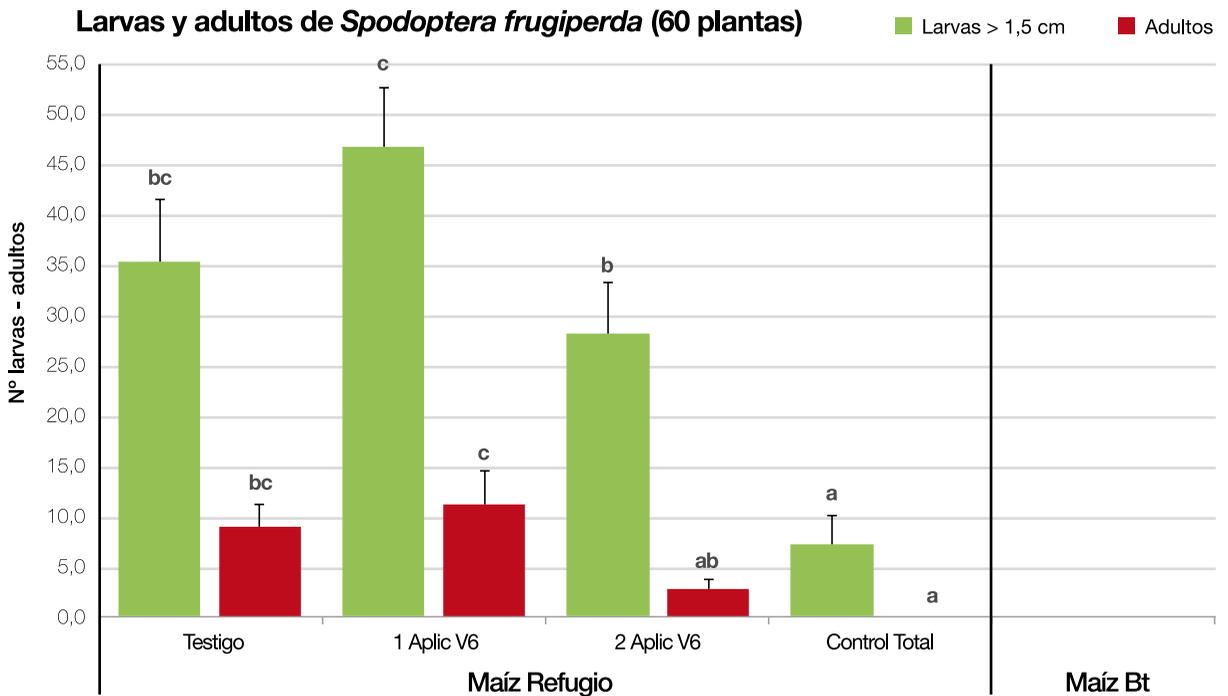


Figura 7. Número de larvas grandes de *Spodoptera frugiperda* recolectadas sobre 60 plantas según tratamiento y número de adultos obtenidos. Maíz refugio y Bt (PowerCore Ultra). Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD,  $p < 0,05$ ). Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

# **TUCAGRO**

**S.R.L.**

**Agroquímicos - Semillas - Fertilizantes**

**Creciendo en calidad y servicio  
en beneficio del productor**

**Casa Central Tucumán**

Av. Juan Domingo Perón Km 5,3  
Cevil Pozo, Dpto. Cruz Alta (CP. 4178)  
Cel. 3815438402  
tucagro@tucagro.com.ar

**Sucursal Alberdi**

RN 38 Km 710, (CP. 4158)  
Dpto. Juan Bautista Alberdi, Tucumán  
Cel. 3814645023  
tucagroalberdi@tucagro.com.ar

 @tucagrosrl

 @tucagro.tucuman



estadísticamente de las alternativas del refugio representadas por el Testigo y 1 Aplic V6 (Figura 7).

Al expresar la cantidad de adultos de *S. frugiperda* generados por unidad de superficie, solo en el Control total del refugio no hubo generación de adultos de *S. frugiperda*, mientras que en el maíz Bt (PowerCore Ultra), no hubo desarrollo de *S. frugiperda* (Figura 8).

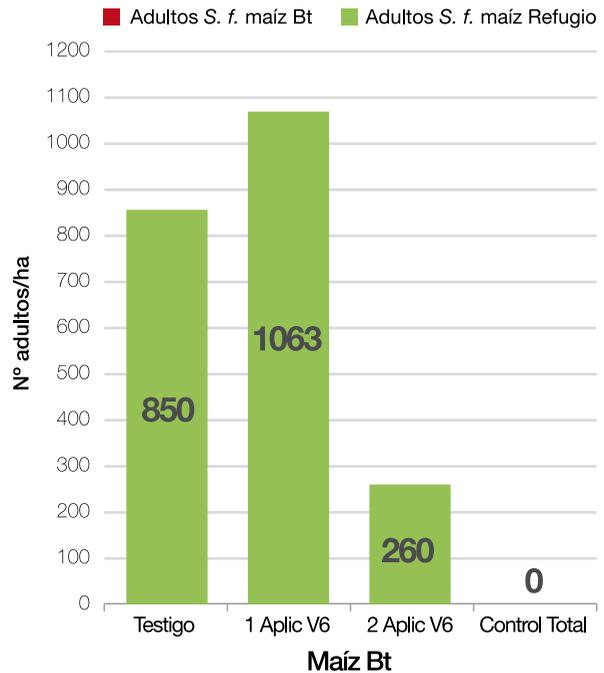
► **Rendimiento y rendimiento ponderado**

Entre las alternativas evaluadas en el refugio, el Control total logró el mayor rinde diferenciándose estadísticamente del resto de las alternativas evaluadas (Figura 9).

Todas las alternativas del refugio tuvieron rindes menores en comparación al maíz Bt (PowerCore Ultra), observándose en el Testigo la mayor reducción del rendimiento (30,9%), como se detalla en la Figura 9.

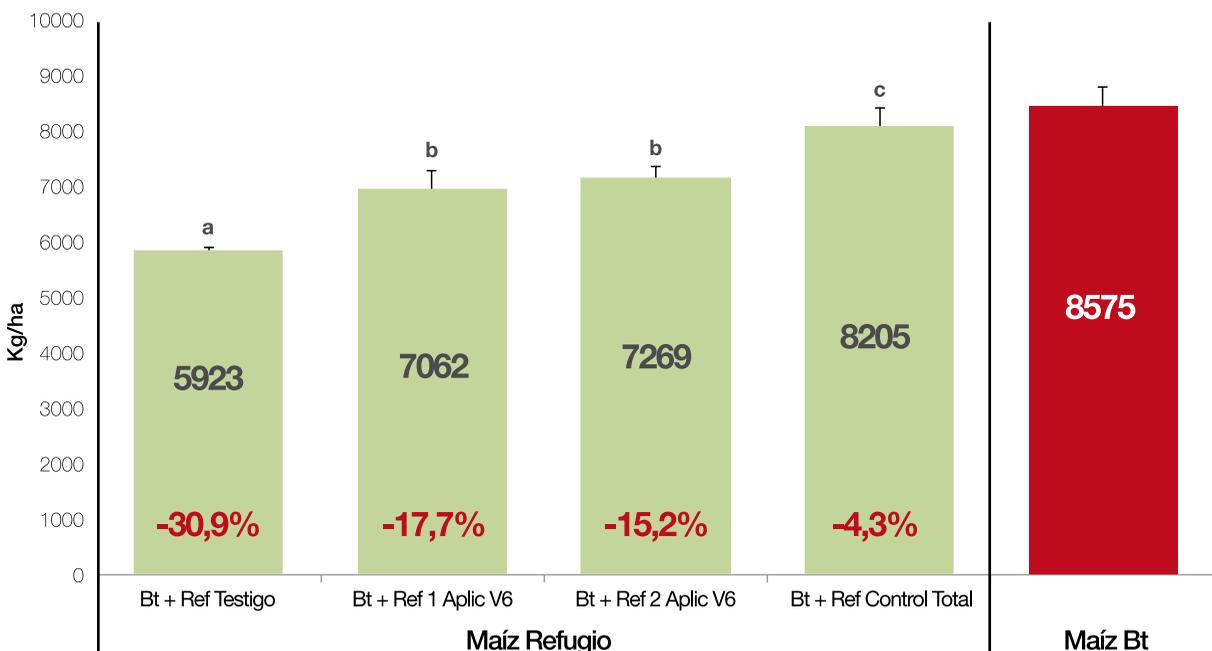
Al considerar el rendimiento ponderado de las diferentes alternativas de refugio, no se registraron diferencias significativas entre ellas, con mermas de la productividad que oscilaron entre 0,4% y 3,1% según la estrategia adoptada como refugio (Figura 10).

**Adultos de *Spodoptera frugiperda*/ha (10% refugio + 90% maíz Bt)**

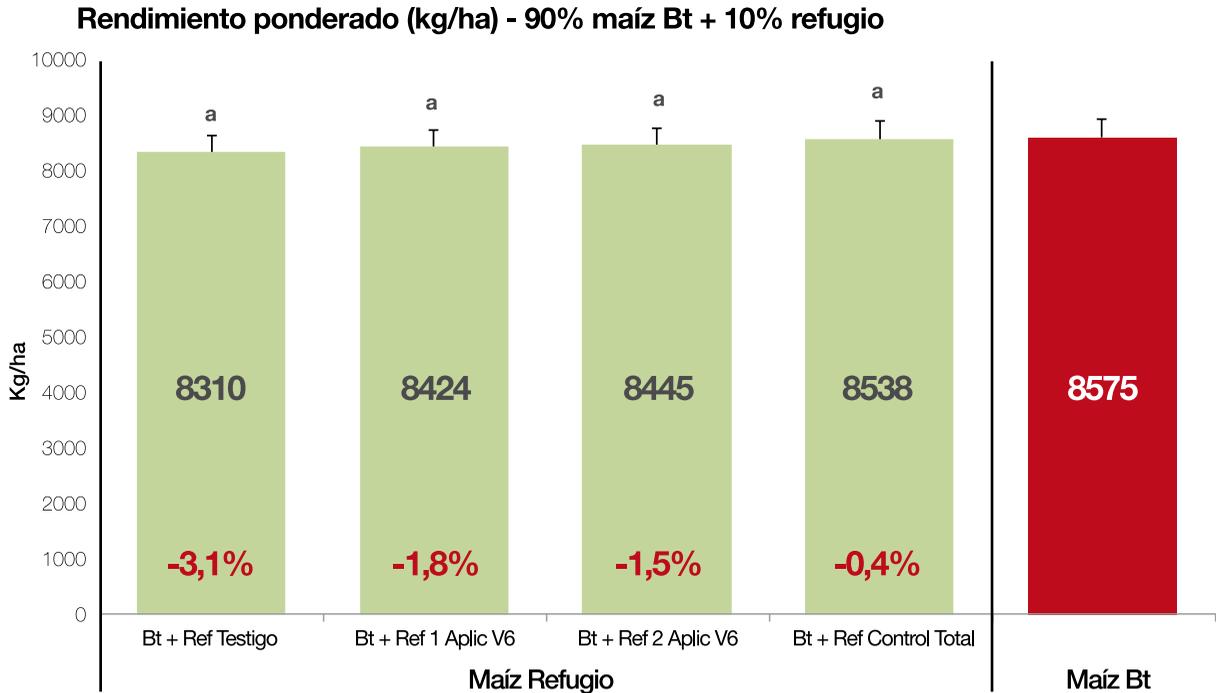


**Figura 8.** Número de adultos de *Spodoptera frugiperda* generados/ha considerándose para el cálculo una proporción de 90% de maíz Bt (PowerCore Ultra) y un 10% de maíz refugio. Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán.

**Rendimiento (kg/ha)**



**Figura 9.** Rendimiento (kg/ha) según tratamiento en el refugio y porcentaje de reducción del mismo en función del alcanzado por el maíz Bt (PowerCore Ultra). Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD,  $p < 0,05$ ).



**Figura 10.** Rendimiento ponderado para cada tratamiento considerando la combinación de las distintas alternativas de refugio con el maíz Bt (PowerCore Ultra). Los valores porcentuales representan la reducción de rinde con respecto a la situación de 100% con maíz Bt (PowerCore Ultra). Campaña 2020/2021. Sección Zoología Agrícola – EEAOC. San Agustín, Cruz Alta, Tucumán. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD,  $p < 0,05$ ).

### Consideraciones finales

En el maíz refugio, *S. frugiperda* superó el UA establecido, determinando la aplicación de insecticidas para su control, llegándose a realizar hasta tres aplicaciones (Control total).

En el maíz Bt (PowerCore Ultra) no hubo desarrollo de la plaga.

Entre las alternativas evaluadas en el refugio, un mayor número de aplicaciones para el control de *S. frugiperda* (Control total), determinó que no se generasen adultos de este lepidóptero. Esta situación no es favorable, si consideramos que la función básica del área refugio es la de generar individuos susceptibles.

Si bien las alternativas planteadas en el refugio tuvieron rindes menores al alcanzado por el maíz Bt (PowerCore Ultra), estas mermas fueron de poca magnitud cuando se ponderó el rendimiento, considerándose en la ponderación que la proporción

recomendada de refugio es de un 10% de la superficie con maíz.

La tecnología Bt en maíz constituye una herramienta de importancia para el manejo de *S. frugiperda*, plaga clave de este cultivo. El uso correcto de esta tecnología implica como pilar fundamental la adopción necesaria de los refugios, que aseguren la generación de individuos susceptibles. Por lo ello, el manejo racional de *S. frugiperda* en el refugio es un elemento clave para preservar en el tiempo la tecnología Bt en el cultivo de maíz; eslabón fundamental para la sustentabilidad de los sistemas productivos granarios del NOA.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los Ing. Agr. Matías Guerrero y Ernesto Terán Vega de la empresa Corteva Agriscience por proporcionar los insumos para la realización del ensayo desarrollado en el presente trabajo.



## Bibliografía citada

**Aragón, J. 2002.** Plagas del maíz y su control integrado. En: Guía Dekalb del cultivo de maíz. pp 118 – 132.

**Davis, F., S. S. Ng and W. P. Williams 1992.** Visual rating scale for screening whorl stage corn resistance to fall armyworm. Tech. Bull: 186. USDA. ARS. M.S. Univ.

**IRAC Argentina. 2021.** Momento de decisión por daño de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, en maíz. [En línea]. Disponible en <http://irac-argentina.org/momento-de-decision-por-dano-de-cogollero> (Revisado el 10-X-2021).

**Murúa MG, Vera MA, Michel A, Casmuz AS, Fatoretto J, Gastaminza G. 2019.** Performance of field-collected

*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) strains exposed to different transgenic and refuge maize hybrids in Argentina. Journal of Insect Science, (2019) 19(6): 21; 1–7doi: 10.1093/jisesa/iez110.

**Programa MRI. 2021.** Refugio. [En línea]. Disponible en <http://www.programamri.com.ar/refugio> (Revisado 27-X-2021).

**Satorre, E. H. 2014.** Manejo de Insectos en Maíz: Oportunidades y desafíos de la biotecnología para el manejo de *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo) y *Spodoptera frugiperda* (isoca del cogollo). [En línea]. Disponible en [https://www.pioneer.com/CMRoot/international/Argentina\\_Intl/AGRONOMIA/Informe\\_talleres\\_manejo\\_](https://www.pioneer.com/CMRoot/international/Argentina_Intl/AGRONOMIA/Informe_talleres_manejo_)

[Insectos\\_en\\_Maiz\\_Pioneer\\_2014.pdf](#) (Revisado el 27-X-2021).

**Ritchie, S. & J. J., Hanway. 1982.** How a corn plant develops. Iowa State Univ. Technol. Spec. Rep., 48 p.

**Trumper, E. V. 2014.** Resistencia de insectos a cultivos transgénicos con propiedades in-secticidas. Teoría, estado del arte y desafíos para la República Argentina. Agriscientia. 31 (2): 109-126.

**Willink, E.; M. Costilla y V. Osoreo. 1993.** Daños, pérdidas y nivel de daño económico de *Spodoptera frugiperda* (Lep., Noctuidae) en maíz. Revista Industrial Agrícola, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán. 70 (1-2): 49-52.



**BRUFOR**  
AGRO S.R.L



TU CAMPO *al máximo*

Av. Presidente Perón 2300  
Complejo Altercity | Torre 1 – Piso 1, Of. 1  
Yerba Buena – Tucumán – CP 4107  
+54 9 3816 04-8641 • +54 9 3815 43-7088

