



Revista Industrial
y Agrícola de
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea
1851-3018

Tomo 103 (1):
1-6; 2026



ESTACION EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150
T4101XAC - Las Talitas.
Tucumán, Argentina.

Nota Técnica

Fecha de
recepción:
15/01/2026

Fecha de
aceptación:
16/01/2026

Primer registro de supervivencia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz Bt que expresa la proteína Vip3Aa20, en la Argentina

Martín A. Vera*, María G. Murúa**, Juan L. Jurat-Fuentes***, Nicolás E. Campero*, Cristian M. Medrano*, Emmanuel Cejas Marchi*, Lucas E. Cazado****, Gerardo A. Gastaminza*, Franco S. Scalora* y Augusto S. Casmuz*

* Sección Zoología Agrícola. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOAA-EEAOC-CONICET), Av. William Cross 3150. T4101XAC, Las Talitas, Tucumán, Argentina. ** Instituto de Bioprospección y Fisiología Vegetal (NBIOFIV-CONICET-UNT) y Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo (UNT), San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. *** Departamento de Entomología y Patología de Plantas, Universidad de Tennessee, Tennessee, EEUU. **** Universidad Nacional de Tucumán (UNT), San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. Email: mavera@eeaac.org.ar

RESUMEN

El empleo de híbridos Bt resulta una herramienta clave para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), una de las principales plagas del cultivo de maíz en la Argentina. Entre las tecnologías disponibles, se destacan los híbridos que expresan la proteína Vip3Aa20 por su alta eficacia. Sin embargo, durante la campaña 2025 - 2026 se detectó daño foliar y supervivencia de larvas de *S. frugiperda* en estas tecnologías en diferentes regiones del Norte y Litoral de la Argentina. Con el objetivo de identificar posibles cambios en la susceptibilidad de *S. frugiperda* a tecnologías Bt que expresan esta proteína, se realizaron muestreos y evaluaciones en lotes comerciales de maíz y bioensayos en laboratorio. Para ello, se determinó en campo la incidencia y la severidad del daño causado por esta especie, verificando la expresión de la proteína Vip3Aa20 en plantas de maíz Bt con daño foliar. Se evaluó también, la supervivencia larval y la defoliación en bioensayos con maíz Bt (Vip3Aa20) y no Bt comparándolos con larvas de una colonia susceptible. Las evaluaciones a campo evidenciaron una incidencia variable de daño foliar, con predominio de niveles de severidad bajos a moderados (escala de Davis) y presencia de larvas vivas. Los bioensayos realizados con poblaciones de campo confirmaron la supervivencia de larvas de *S. frugiperda* sometidas a tejido Bt (Vip3Aa20). Esto constituye el primer registro en la Argentina de supervivencia de *S. frugiperda* en maíz Vip3Aa20, lo que indicaría un cambio en la susceptibilidad poblacional. Esta situación es una señal de alerta para reforzar el monitoreo y las estrategias de manejo integrado para preservar la eficacia y durabilidad de las tecnologías Bt.

Palabras clave: monitoreo, gusano cogollero, susceptibilidad, cultivos transgénicos.

ABSTRACT

**First record of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)
survival in Bt maize expressing the Vip3Aa20 protein in Argentina**

The use of Bt maize hybrids is a key tool for managing *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), one of the main pests of maize in Argentina. Among the available technologies, hybrids expressing the Vip3Aa20 protein stand out for their high efficacy. However, during the 2025-2026 growing season, foliar damage and survival of *S. frugiperda* larvae were detected in these technologies in different regions of Northern and Litoral of Argentina. To identify possible changes in the susceptibility of *S. frugiperda* to Bt technologies expressing this protein, sampling and evaluations were carried out in commercial maize fields, along with laboratory bioassays. Specifically, the incidence and severity of damage caused by this species were determined in the field, verifying the expression of the Vip3Aa20 protein in Bt maize plants with foliar damage.

Larval survival and defoliation were also evaluated in bioassays with Bt (Vip3Aa20) and non-Bt corn, comparing them with larvae from a susceptible colony. Field evaluations showed a variable incidence of foliar damage, with a predominance of low to moderate severity levels (Davis scale) and the presence of live larvae. Bioassays conducted with field populations confirmed the survival of *S. frugiperda* larvae exposed to Bt (Vip3Aa20) tissue. This constitutes the first record in Argentina of *S. frugiperda* survival on Vip3Aa20 maize, which would indicate a change in population susceptibility. This situation is a warning sign to strengthen monitoring and integrated management strategies to preserve the efficacy and durability of Bt technologies.

Key words: monitoring, fall armyworm, susceptibility, transgenic crops.

INTRODUCCIÓN

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las principales plagas del cultivo de maíz en la Argentina, particularmente en regiones tropicales y subtropicales (Murúa et al., 2019). Actualmente está presente en África, Asia y Oceanía, tanto que representa una grave amenaza para la seguridad alimentaria a nivel mundial (Shylesha et al., 2018; Ganiger et al., 2018; Nagoshi, 2019; MPI, 2024).

Las larvas se alimentan de todos los tejidos vegetativos como hojas jóvenes y el cogollo, lo que reduce la capacidad fotosintética y provoca daños estructurales en las plantas. Además, pueden afectar órganos reproductivos, como espigas y granos de maíz, generando un impacto directo sobre el rendimiento (Chimweta et al., 2019; Prasanna et al., 2021). En función del estadio fenológico del cultivo y la intensidad de infestación, esta especie puede ocasionar daños característicos de cortadora, defoliadora y cogollera, e incluso perforar y barrenar tallos, dañando panojas y espigas, con pérdidas potenciales de hasta un 37% del rendimiento (Willink et al., 1993; Vera et al., 2022). No obstante, los niveles de pérdida pueden variar ampliamente según el ambiente, el estadio fenológico del cultivo, la densidad larval y la implementación de estrategias de manejo, y en escenarios sin control se han citado reducciones de rendimiento de hasta el 73% (Willink et al., 1993; Hruska y Gould, 1997; Overton et al., 2021; Kenis et al., 2022).

El uso de híbridos Bt ha sido una herramienta clave para su manejo (Murúa et al., 2013), destacándose en los últimos años, las tecnologías que expresan la proteína Vip3Aa20 por su alta eficacia frente a poblaciones susceptibles (Vera et al., 2022). Sin embargo, la presión de selección ejercida por el uso continuo y extendido de estas

tecnologías puede favorecer cambios en la susceptibilidad poblacional, tal es así que la resistencia de esta especie a cultivos Bt ya fue detectada (Chandrasena et al., 2017, Murúa et al. 2019). La resistencia a Cry1F se mencionó por primera vez en Puerto Rico (Storer et al., 2010). Deteciones posteriores se documentaron en Florida, Brasil, Carolina del Norte (Huang et al., 2014; Farias et al., 2014; 2016) y en la Argentina (Chandrasena et al., 2017).

Durante la campaña 2025 - 2026 se detectó la presencia de daño foliar y larvas vivas de *S. frugiperda* en maíz Bt con tecnología Vip3Aa20 en distintos lotes comerciales de maíces de primera, de las provincias de Corrientes, Santa Fe y Chaco. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el cambio de susceptibilidad a la proteína Vip3Aa20 de poblaciones de campo de *S. frugiperda* mediante evaluaciones en campo y en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo

Los muestreos se realizaron en lotes comerciales de maíz Bt durante la campaña 2025 - 2026 en las provincias de Corrientes, Santa Fe, Chaco, Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero (Argentina). En cada sitio se registró la localidad, fecha de evaluación y evento biotecnológico (Tabla 1).

Evaluaciones a campo

En cada localidad se evaluaron 200 plantas de maíz Bt, distribuidas en cuatro puntos de 50 plantas cada uno. En cada planta se registraron las siguientes variables:

- Incidencia de daño foliar y severidad según la escala de Davis, agrupando en las siguientes categorías: sin daño (0 - 1), daño bajo (2 - 3), daño moderado (4 - 6) y

Tabla 1. Lotes relevados en este estudio.

Provincia	Localidad	Año	Mes	Evento
Corrientes	Bella Vista	2025	octubre	Cry1F + Cry1Ab + Vip3Aa20
Santa Fe	Margarita	2025	octubre	Cry1Ab + Vip3Aa20
Chaco	Charata	2025	noviembre	Cry1Ab + Vip3Aa20
Tucumán	Alto Verde	2025	diciembre	Cry1Ab + Vip3Aa20
Catamarca	Los Altos	2025	diciembre	Cry1Ab + Vip3Aa20
Santiago del Estero	El Palomar	2026	enero	Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Vip3Aa20

daño severo (7 - 9) (Davis *et al.* 1992).

- Presencia y número de larvas vivas de *S. frugiperda* en el total de plantas evaluadas por localidad.

Confirmación de la expresión de Vip3Aa20 en plantas de maíz Bt con daño foliar

La expresión de la proteína Vip3Aa20 se confirmó mediante el testeo del 20% de plantas con daño en cada lote, utilizando tiras inmunocromatográficas ELISA QuickStix (Envirologix®), siguiendo las instrucciones del fabricante.

Bioensayos de supervivencia a Vip3Aa20

Se trabajó con poblaciones de larvas de *S. frugiperda* recolectadas de lotes de maíz Bt con tecnología Vip3Aa20 en las localidades detalladas en la Tabla 2. El material recolectado en el campo fue identificado taxonómicamente y criado en condiciones controladas de laboratorio hasta la obtención de los adultos. Estos fueron ubicados, formando parejas, en jaulas cilíndricas de PET (polietilen-tereftalato) de 30 cm de longitud y 10 cm de diámetro que contenían un trozo de papel plegado para permitir el reposo y la oviposición de las hembras. Diariamente se extrajeron las posturas, que fueron depositarlas en tubos de vidrio hasta la obtención de las larvas. Para los bioensayos se utilizaron larvas neonatas, correspondiente a la filial 1 (F1) de cada población.

Los bioensayos se realizaron bajo condiciones controladas ($27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 60%RH, 14:10 L:O), considerándose las poblaciones de campo y una colonia de *S. frugiperda* susceptible de referencia siguiendo la metodología descripta por Murúa *et al.* (2019) (Tabla 2). Un total de 120 larvas fueron alimentadas con tejido foliar de maíz Bt que expresaba las proteínas Cry1F, Cry1Ab y Vip3Aa20 (confirmándose la expresión de esta última con las tiras mencionadas anteriormente), mientras que otras 120 larvas fueron alimentadas con tejido foliar de maíz no Bt, ambos

provenientes de plantas en iguales estadios vegetativos. Los parámetros evaluados fueron el porcentaje de supervivencia larval y el porcentaje de defoliación a los 4, 7 y 10 días después de la infestación (DDI). El porcentaje de supervivencia se calculó restando 100 en el valor de mortalidad corregida, calculado mediante la fórmula de Abbott (1925) y el porcentaje de defoliación a partir del programa BioLeaf - Foliar Analysis™.

Se analizaron los porcentajes de supervivencia y defoliación determinados a los 10 DDI, de las poblaciones de *S. frugiperda* alimentadas con maíz Bt y no Bt. Se realizó un modelo lineal con función de varianza identidad, determinándose diferencias entre las medias de los tratamientos (maíz Bt y no Bt) mediante la prueba de Tukey, empleando el paquete estadístico InfoStat versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS

Incidencia y severidad del daño a campo

La incidencia de daño foliar varió entre localidades, con valores comprendidos entre un 8% y un 53% (Tabla 3). Predominaron las categorías correspondientes a daño bajo (2 - 3) y moderado (4 - 6), observándose en todas las localidades y en esta última categoría la presencia de larvas vivas.

Expresión de Vip3Aa20

La expresión de la proteína Vip3Aa20 fue confirmada en el 100% de las plantas evaluadas, descartando fallas relacionadas a la falta de expresión de la proteína Vip3Aa20, como causa del daño observado.

Bioensayos para evaluar la supervivencia a Vip3Aa20 de *S. frugiperda*

En la colonia susceptible no hubo supervivencia

Tabla 2. Poblaciones de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) utilizadas en los bioensayos recolectadas en diferentes lotes y momentos.

Provincia	Localidad	Año	Mes	Evento
Corrientes	Bella Vista	2025	octubre	Cry1F Cry1Ab Vip3Aa20
Santa Fe	Margarita	2025	octubre	Cry1Ab Vip3Aa20
Chaco	Charata	2025	noviembre	Cry1Ab Vip3Aa20
Tucumán	Alto Verde	2025	diciembre	Cry1Ab Vip3Aa20
Tucumán	La Cocha	2022	febrero	RR2 (colonia susceptible)

Tabla 3. Porcentaje de severidad, incidencia y numero de larvas vivas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) registrados en las diferentes localidades, sobre el monitoreo de 200 plantas de maíz en la campaña 2025 - 2026.

Provincia	Localidad	Escala de Davis (%)				Incidencia (%)	Larvas vivas
		0-1	2-3	4-6	7-9		
Corrientes	Bella Vista	47	30	16,5	6,5	53	86
Santa Fe	Margarita	77,5	20,5	2	0	23	37
Chaco	Charata	52,5	28,5	14	5	48	85
Tucumán	Alto Verde	72	26	2	0	28	50
Catamarca	Los Altos	92	7	1	0	8	10
Santiago del Estero	El Palomar	87,5	7,5	4	1	13	20

de larvas cuando se alimentaron con tejido de maíz Bt que expresaba la proteína Vip3Aa20, confirmando la susceptibilidad a esta proteína y respaldando la validez biológica de los ensayos realizados.

A los 10 DDI, se observaron niveles de supervivencia que oscilaron entre un 97% y 99,16% en las larvas alimentadas con maíz no Bt según la población evaluada (Tabla 4). Cuando estas poblaciones fueron expuestas a maíz Bt, que expresa la proteína Vip3Aa20, se registraron porcentajes de supervivencia altos, con valores comprendidos entre 65,83% y 77% (Tabla 4). Se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores de supervivencia, cuando las poblaciones fueron sometidas a maíz Bt (Vip3Aa20) y no Bt, con valores promedios de 70,92% y 98,41% respectivamente (Tabla 5).

Con respecto al nivel de defoliación, a los 10 DDI, las poblaciones alimentadas con maíz Bt (Vip3Aa20), presentaron valores que oscilaron entre un 3,29% y un 3,92%; mientras que en maíz no Bt las defoliaciones registradas fueron desde un 8,79% a un 9,7% (Tabla 4 y Figura 1). Sobre este parámetro, las poblaciones produjeron una defoliación significativamente superior cuando fueron alimentadas con maíz no Bt, en comparación a la registrada en maíz Bt (Tabla 5).

Tabla 4. Porcentaje de supervivencia larval y porcentaje de defoliación a los 10 días después de la infestación (DDI) en poblaciones de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) de distintas localidades de la Argentina, evaluadas en bioensayos con maíz Bt (Vip3Aa20) y maíz no Bt.

Provincia	Localidad	Supervivencia (%) – 10 DDI		Defoliación (%) – 10 DDI	
		Bt	No Bt (%)	Bt	No Bt
Corrientes	Bella Vista	77,00	97,00	3,92	8,79
Santa Fe	Margarita	66,67	98,30	3,67	9,13
Chaco	Charata	74,16	99,16	3,29	9,7
Tucumán	Alto Verde	65,83	99,16	3,52	9,28
Tucumán*	La Cocha			0,005	9,24

*Población susceptible de *S. frugiperda*.

DISCUSIÓN

La resistencia de *S. frugiperda* a los maíces Bt presenta un desafío significativo, especialmente en regiones tropicales y subtropicales donde la especie se considera una plaga clave. Las estrategias de manejo de la resistencia para prolongar la durabilidad de los maíces Bt deben ser prioritarias. Entre estas prácticas, un refugio estructurado (es decir, un bloque con un 10% de maíz no Bt sembrado con un 90% de maíz Bt) asociado con una dosis alta se considera la estrategia de manejo más eficiente.

La resistencia de *S. frugiperda* a Cry1F ya fue detectada en Puerto Rico (Storer et al., 2010), EE.UU., Brasil y en la Argentina (Huang et al., 2014; Farias et al., 2014; 2016; Chandrasena et al., 2017). Estudios realizados por Flores y Balbi (2014) y Balbi y Flores (2015), registraron hasta 15% de supervivencia de larvas de *S. frugiperda* en híbridos de maíz Bt que expresaban la proteína Cry1F, confirmándose posteriormente la resistencia de las poblaciones de esta especie a dicha proteína en la Argentina (Chandrasena et al., 2017). Estos antecedentes concuerdan con nuestros resultados donde la presencia de daños en plantas Bt, indicarían un cambio de susceptibilidad de *S. frugiperda* a Vip3Aa20, demostrando la existencia de alelos de resistencia de Vip3Aa20 en poblaciones de campo. Por lo tanto, esta proteína podría tener una eficacia reducida en la Argentina. Estos resultados tienen importantes implicaciones para el manejo de la resistencia.

Tabla 5. Porcentaje de supervivencia larval y porcentaje de defoliación a los 10 días después de la infestación (DDI) para las poblaciones de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) sometidas a maíz Bt (Vip3Aa20) y maíz no Bt.

Tratamientos	Supervivencia (%) – 10 DDI	Defoliación (%) – 10 DDI
Maíz Bt	70,92 ± 2,76 a	3,60 ± 0,13 a
Maíz No Bt	98,41 ± 0,51 b	9,23 ± 0,19 b
p-valor	0,0001	<0,0001

Letras distintas indican diferencias significativas (Prueba de Tukey, $p < 0,05$).

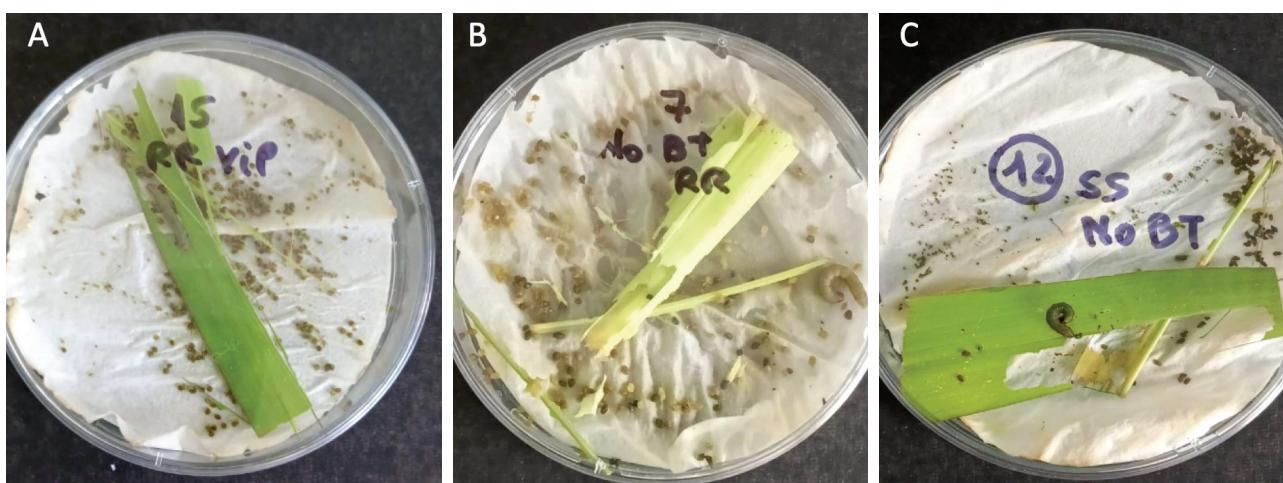


Figura 1. Defoliación producida por larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae). **A:** población recolectada sobre maíz Vip3Aa20 alimentada con maíz Bt, **B:** población recolectada sobre maíz Vip3Aa20 alimentada con maíz no Bt, **C:** colonia susceptible alimentada con maíz no Bt.

■ CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO

La confirmación de la expresión de la proteína Vip3Aa20 permite descartar fallas del evento Bt y sugiere la existencia de cambios iniciales en el comportamiento de determinadas poblaciones de *S. frugiperda* en campo, a esta tecnología.

Este comportamiento, apoyado por la detección de larvas supervivientes de *S. frugiperda* alimentándose en maíz Bt Vip3Aa20 proveniente de distintas localidades del país, constituye una señal de alerta temprana. Lo observado actualmente en maíz Bt que expresa esta proteína indica que no debe asumirse un control pleno de la plaga apoyado en esta tecnología, recomendándose intensificar los monitoreos tempranos y sistemáticos de los lotes de maíz, especialmente durante los estadios vegetativos iniciales. Resulta fundamental reforzar las estrategias de manejo integrado de plagas y de manejo de resistencia, asegurando el cumplimiento efectivo de refugios, la rotación de modos de acción y el empleo criterioso de controles químicos complementarios cuando la situación lo requiera.

La generación continua de información regional y el seguimiento sistemático de poblaciones permitirán anticipar escenarios de pérdida de eficacia y contribuir a la preservación de la durabilidad de las tecnologías Bt disponibles.

En síntesis, este trabajo constituye el primer registro en la Argentina de supervivencia de *S. frugiperda* en maíz Bt con tecnología Vip3Aa20 y aunque esto no constituye por sí sola evidencia concluyente de resistencia, los resultados obtenidos resaltan la importancia de la vigilancia temprana y continua para anticipar posibles escenarios de pérdida de eficacia de la tecnología.

■ AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a **SUMMIT AGRO Argentina** por la colaboración brindada en el desarrollo del presente trabajo. Asimismo, expresan su reconocimiento a los Ing. Agr. Leopoldo Márquez, Martín Pasamani, Rocío Budeguer, Elder Ledergerber, Carlos Roca, Carolina Fulani, Gómez Gerardo e Ignacio Romero, por su valioso aporte técnico y acompañamiento durante las distintas etapas del estudio.

Por otro lado, agradecemos a Carmen Urueña de la EEAOC, por su excelente apoyo técnico en los ensayos de laboratorio.

■ BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abbott, W.S. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265 – 267.
- Balbi, E. I. y Flores, F. (2015).** Evaluación del daño causado por el “Cogollero de maíz” (*Spodoptera frugiperda*) y presencia de la “Isoca de la espiga” (*Helicoverpa zea*) en diferentes híbridos de maíz transgénico. Available from <http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-del-dano-causado-por-el-cogollero-de-maiz-spodoptera-frugiperda-y-presencia-de-la>

isoca-de-la-espiga-helicoverpa-zea-en-diferentes-hibridos-de-maiztransgenico

- Chandrasena, D., A. Signorini, G. Abratti, N. P. Storer, M. Lopez Olaciregui, A. P. Alves, and C. D. Pilcher. (2017).** Characterization of field –evolved resistance to *Bacillus thuringiensis*-derived Cry1F δ-endotoxin in *Spodoptera frugiperda* populations from Argentina. *Pest Manag. Sci.* doi: 10.1002/ps.4776 (online version without final page numbers).
- Chimweta, M., Nyakudya, I. W., Jimu, L., and Mashigaidze, A. B. (2019).** Fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)] damage in maize: management options for smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Pest Management.*

- 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.

- Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. W. (2008).** InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanoves/publication/319875343_Manual_del_usuario/links/5e2ee26992851c9af7280cfa/Manual-del-usuario.pdf

- Farias, J. R., D. A. Andow, R. J. Horikoshi, R. J. Sorgatto, P. Fresia, A. C. Santos, and C. Omoto. (2014).** Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protect.* 64: 150–158.

- Farias, J. R., D. A. Andow, R. J. Horikoshi, R. J. Sorgatto, A. C. dos Santos, and C. Omoto. (2016).** Dominance of Cry1F resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on TC1507 Bt maize in Brazil. *Pest Manag. Sci.* 72: 974–979.

- Flores, F., y Balbi, E. (2014).** Evaluación del daño de oruga militar (*Spodoptera frugiperda*) en diferentes híbridos comerciales de maíz transgénico. Maíz Actualización 2014. Informe de actualización Técnica N° 31, pp. 23-28.

- Ganiger, P. C., Yeshwanth, H. M., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A. R. V., and Chandrashekara, K. (2018).** Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in the maize fields of Karnataka, India. *Curr Sci India*, 115(4):621-3.

- Hruska, A. J., and Gould, F. (1997).** Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and the impact of larval population level on maize yield. *Journal of Economic Entomology.*

- Huang, F., Qureshi, J. A., Meagher Jr., R. L., Reisig, D. D., Head, G. P., Andow, D. A., Ni, X., Kerns, D., Buntin, G. D., Niu Y., Yang, F. and Dangal, V. (2014).** Cry1F resistance in fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: single gene versus pyramided Bt maize. *PLoS One.* 9: e112958.

- Kenis, M., du Plessis, H., Van den Berg, J., Ba, M. N., Goergen, G., Kwadjo, K. E., ... Prasanna, B. M. (2022).** Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Annual Review of Entomology*, 67, 231–251.

- Ministry for Primary Industries (MPI) (2024).** <https://www.mpi.govt.nz/biosecurity/exotic-pests-and-diseases-in-new-zealand/long-term-biosecurity-management-programmes/fall-armyworm-in-new-zealand/#presence>
- Murúa M. G., García Degano M. F., Pereira M. de los A., Pero E., Willink E., y Gastaminza G. (2013).** Eficacia en campo del maíz Herculex® I para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae). Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán, 90 (1): 37-43.
- Murúa M. G., Vera M. A., Michel A., Casmuz A. S., Fatoretto J., and 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, 19(6): 21; 1-7 doi: 10.1093/jisesa/iez110.
- Nagoshi, R. N. (2019).** Evidence that a major subpopulation of fall armyworm found in the Western Hemisphere is rare or absent in Africa, which may limit the range of crops at risk of infestation. PLoS One. 2019; 14(4): e0208966. doi: 10.1371/journal.pone.0208966.
- Overton, K., Maino, J. L., Day, R., Umina, P. A., Bett, B., Carnovale, D., ... and Meagher, R. L. (2021).** Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. Crop Protection, 145, 105641.
- Prasanna, B. M., Huesing, J. E., Eddy, R., and Peschke, V. M. (Eds.). (2021).** Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management (2nd Edition). CIMMYT (y socios).
- Shylesha, A. N., Jalali, S. K., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Ojha, R., Ganiger, P., Navik, O., Subaharan, K., Bakthavatsalam, N., Ballal, C.R., and Raghavendra, A.T. (2018).** Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. Journal of Biological Control. 32(3):145-51. doi: DOI: 10.18311/jbc/2018/21707.
- Storer, N. P., J. M. Babcock, M. Schlenz, T. Meade, G. D. Thompson, J. W. Bing, and R. M. Huckaba. (2010).** Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. J. Econ. Entomol. 103: 1031-1038.
- Vera M. A., Casmuz A. S., Cejas Marchi E., Villafañe D. A., Díaz Arnijas G. H., Medrano C. M., Aguilar A., Paoletti F., Suarez L., Murúa M. G., Gastaminza G., and Scalora F. S. (2022).** Maíces con la proteína Vip3A: estrategias para la prevención de la resistencia del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*. Ed. Devani MR & Gamboa D, El cultivo de maíz en el noroeste argentino campaña 2020/2021. Publicación Especial Maíz EEAOC N° 68, EEAOC: <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=maices-con-la-proteina-vip3a-estrategias-para-la-prevencion-de-la-resistencia-del-gusano-cogollero-spodoptera-frugiperda>.
- Willink, E.; M. Costilla y V. Osores. (1993).** Daños, pérdidas y nivel de daño económico de *Spodoptera frugiperda* (Lep., Noctuidae) en maíz. Revista Industrial Agrícola de Tucumán 70 (1-2): 49-52.