

Eficacia en campo del maíz Herculex® I para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Noroeste Argentino

M. Gabriela Murúa*, M. Florencia García Degano**, M. de los Ángeles Pereira***, Edgardo Pero***, Eduardo Willink** y Gerardo Gastaminza**

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la eficacia del maíz Herculex® I (HXI) para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), se realizaron muestreos en plantas de HXI en la provincia de Santiago del Estero (R. Argentina). Se evaluaron dos tratamientos: plantas con daño visible causado por *S. frugiperda* y plantas sin daño causado por el cogollero. Las evaluaciones en el estado vegetativo se realizaron utilizando la escala de Davis, mientras que en el estado reproductivo se registraron la presencia de larvas vivas y su estadio. En general para los dos tratamientos, se observó que al final del estado vegetativo hubo más de un 96% de plantas sin daño y que el daño de tipo 4-9 nunca superó el 1,5%. Durante el estado reproductivo, del total de larvas detectadas (683) en las hojas o mazorcas, el 84,8% correspondieron a larvas de tamaño pequeño, el 15,2% a larvas medianas y no se encontraron larvas grandes. En base a lo expuesto, los resultados obtenidos demuestran que el evento TC 1507 Herculex® I (HXI) proporciona un eficaz control sobre esta plaga, pudiendo ser considerado como una herramienta importante para su manejo.

Palabras clave: cogollero del maíz, maíces transgénicos, resistencia, comportamiento en campo, larvas.

ABSTRACT

Efficacy of maize Herculex® I in controlling *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) under field conditions, in the Northwest of Argentina

The efficacy of Herculex® I (HXI) corn in controlling *Spodoptera frugiperda* (Smith) was assessed by taking samples from HXI plants in Santiago del Estero province (Argentina) and evaluating two treatments: plants damaged by *S. frugiperda* and plants undamaged by the fall armyworm. In the vegetative stage, evaluations were made using Davis scale, and in the reproductive stage the presence of larvae and instars was recorded. In general, the two treatments showed that at the end of the vegetative stage, more than 96% of plants presented no damage, while damage type 4-9 never exceeded 1.5%. During the reproductive stage, 683 larvae were detected on the leaves or ears. Larvae found were small (84.8%) and medium (15.2%), but not large. The results reported above showed that TC 1507 Herculex® I (HXI) controlled *S. frugiperda* efficiently, so it can be considered an important tool for its management.

Key words: fall armyworm, transgenic corn, resistance, field performance, larvae.

*Sección Zoología Agrícola, EEAOC-CONICET. gmurua@eeaoc.org.ar

**Sección Zoología Agrícola, EEAOC.

***Fac. de Ciencias Naturales e IML (UNT).

INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), es el lepidóptero plaga del maíz (*Zea mays* L.) más importante en el Noroeste Argentino (NOA) y en diferentes países de la región neotropical. Por su carácter polífago, esta plaga ocasiona numerosas pérdidas en varios cultivos, lo que junto a su adaptación a diferentes condiciones climáticas, hace que su distribución sea amplia (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993; Artigas, 1994; Virla *et al.*, 1999; Clavijo y Pérez Greiner, 2000). En el caso del maíz, la plaga ataca este cultivo con niveles de infestación variables, pero siempre poniendo en riesgo su productividad. Cuando afecta a las plantas jóvenes, los daños pueden ser totales (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993; Artigas, 1994).

Para reducir los efectos nocivos de esta especie, se usan insecticidas químicos que frecuentemente resultan poco efectivos debido al comportamiento de la larva, que permanece dentro del cogollo, generalmente tapada por sus propios excrementos, lo que dificulta el alcance de estos productos. Por otro lado, el momento que se escoge para realizar las aplicaciones de insecticidas no siempre resulta ser el adecuado (García Roa *et al.*, 1999; Berta *et al.*, 2000; García Degano *et al.*, 2009).

Actualmente, una de las herramientas alternativas al uso de insecticidas para el manejo de esta plaga consiste en la utilización de maíces transgénicos modificados para expresar toxinas derivadas de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, denominados maíces *Bt*. Las variedades de maíz *Bt*, que hoy son distribuidas por varias compañías, han sido transformadas con genes que proveen resistencia a insectos lepidópteros y que también pueden tener incorporada la tolerancia a dos herbicidas post-emergentes de amplio espectro y de baja persistencia ambiental (glufosinato y glifosato) (García Degano *et al.*, 2009; Ridner *et al.*, 2008).

En la Argentina, desde el año 2005 se aprobó la producción y comercialización de un nuevo evento de transformación denominado TC 1507 Herculex® I (HXI) que expresa una proteína insecticida, Cry1F, la que posee un amplio espectro de control para lepidópteros plagas, incluyendo al gusano cogollero (Levitus, 2006; Ridner *et al.*, 2008; García Degano *et al.*, 2009; Murúa *et al.*, 2009).

La información disponible sobre la eficacia de la Cry1F y, específicamente, del evento HXI sobre el control del gusano cogollero está bien documentada. Estudios realizados a campo con maíz HXI demostraron un elevado nivel de protección del cultivo frente a esa especie (Siebert *et al.*, 2008 a y b; Buntin, 2008). Para la región del NOA, en Los Altos (provincia de Catamarca), los rendimientos en la producción de granos fueron significativamente más altos en los maíces *Bt* que en los no *Bt*, demostrando que estos híbridos proporcionan un control efectivo (Siebert *et al.*, 2008a). Sin embargo, hasta el

momento, se confirmó un único caso de resistencia de este lepidóptero a la Cry1F en Puerto Rico. Los investigadores sugirieron que las áreas con características similares a las de Puerto Rico (donde se cultiva maíz todo el año, con aislamiento geográfico y limitación de plantas hospederas alternativas para *S. frugiperda*) son más vulnerables a la evolución de la resistencia (Storer *et al.*, 2010).

Debido al creciente uso de la tecnología *Bt* y al posible desarrollo de resistencia, resulta necesario realizar estudios en la región del NOA sobre el comportamiento de *S. frugiperda* en el maíz HXI. El objetivo de este trabajo, en particular, fue estudiar el comportamiento en el campo de las larvas de *S. frugiperda* sobre el maíz HXI, durante todo el ciclo del cultivo en el NOA.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó desde febrero hasta abril del año 2008 en una finca ubicada en Pampa Pozo (Departamento Pellegrini) (26° 27' 0,75" S; 64° 31' 0,36" O), Santiago del Estero.

Previo a la evaluación, cada una de las plantas elegidas fue marcada con glufosinato de amonio en alguna de sus hojas, para detectar la expresión de la proteína Cry1F (*Bt+*). El marcado se realizó con un rodillo de 6 cm de largo embebido en una solución de glufosinato de amonio (1/30) (Figura 1). A los seis días del marcado, se descartaron todas aquellas plantas que no expresaron la proteína (*Bt-*). Posteriormente, las plantas *Bt+* fueron numeradas y etiquetadas para distinguir cada uno de los tratamientos y evaluar las mismas plantas durante todo el ciclo del cultivo.

Los monitoreos en maíz Herculex® (HX1) se realizaron desde el estado vegetativo hasta el estado reproductivo de grano pastoso (R4) (Cárcova *et al.*, 2004). Se realizaron un total de 14 evaluaciones desde febrero hasta abril. Mientras fue posible, las plantas de maíz HXI se evaluaron tres veces por semana durante el mes de febrero y, a partir de mediados de marzo hasta abril, una vez por semana.

Al momento de iniciar el ensayo en el campo, se pudo comprobar la existencia de algunas plantas con daño incipiente causado por *S. frugiperda* y plantas sin daño alguno, lo que confirmaba la presencia de la plaga en el lote. Debido a que la situación inicial mostraba plantas afectadas y no afectadas por la plaga, se seleccionaron dos grupos de plantas:

a) Tratamiento 1: plantas con daño visible causado por *S. frugiperda*.

b) Tratamiento 2: plantas sin daño causado por el cogollero.

El ensayo total estuvo conformado por 57 surcos, de los cuales 38 fueron evaluados y el resto se utilizó para separar a estos últimos. Cada surco tenía un total de 200 plantas aproximadamente y, para cada tratamiento, se evaluaron cerca de 29 plantas por surco, elegidas al azar y separadas equidistantemente una de la otra (separadas

entre sí por cuatro o cinco plantas, aproximadamente). Considerando lo antes mencionado, para los tratamientos 1 y 2 se evaluaron 472 y 620 plantas, respectivamente, durante el estado vegetativo.

Análisis de los datos

Las evaluaciones se realizaron durante los estados vegetativo y reproductivo del cultivo. Para el primero, la evaluación del daño causado por larvas de *S. frugiperda* se efectuó mediante la escala de Davis (Davis *et al.*, 1992). Esta escala permite evaluar visualmente el daño causado por la alimentación de las larvas en el cogollo y las hojas no desplegadas, lo que se relaciona con su tamaño. Esta escala va de 0 a 9, donde 0 indica que no hay daño y 9 indica que las hojas están casi completamente destruidas.

Para el análisis de los datos, los valores obtenidos mediante la escala fueron agrupados en tres grupos (Figura 2):

a) 0-1 (plantas con valores entre 0 y 1): daño no visible o con lesiones similares a las que produce un alfiler ("pin-hole"). Estas lesiones son causadas por larvas de primer estadio (L1).



Figura 1. Marcado con glufosinato de amonio en las hojas de las plantas de maíz, para detectar la expresión de la proteína Cry1F.

b) 2-3 (plantas con valores entre 2 y 3): con lesiones de tipo "pin-hole" y lesiones circulares pequeñas (de 1 mm a 1,5 mm de diámetro aproximadamente) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1,3 cm), sin membrana epidérmica perforada. Estas lesiones son causadas por larvas de segundo estadio (L2).

c) 4-9 (plantas con valores entre 4 y 9): con muchas lesiones circulares, alargadas o irregulares y de mayor tamaño que las antes mencionadas, con membrana epidérmica completamente perforada. Estas lesiones son causadas por larvas más grandes (de estadios L3 a L6).

En el estado reproductivo, se observó (sin dañar a las plantas) si había larvas vivas en las mazorcas y las hojas más próximas a estas, registrándose su número y tamaño. Las larvas encontradas fueron agrupadas por su tamaño en tres categorías (Siebert *et al.*, 2008b):

a) Larvas pequeñas: larvas neonatas y larvas cuya longitud no superaba los 0,64 cm (neonatas y L2).

b) Larvas medianas, que medían entre 0,64 cm y 1,5 cm (L3 y L4).

c) Larvas grandes, de longitud superior a 1,5 cm (L5 y L6).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de plantas afectadas por *S. frugiperda* durante el estado vegetativo del cultivo para los dos tratamientos, según la escala de Davis, se puede observar en las Tablas 1 y 2 y las Figuras 3 y 4.

En el tratamiento 1 (Tabla 1 y Figura 3), donde las plantas seleccionadas ya presentaban cogollos dañados al momento de iniciar el ensayo, se evidenció que a medida que transcurría la etapa vegetativa del cultivo, las plantas dañadas tendían a recuperarse. Durante toda esta etapa, se registraron $353,9 \pm 47,03$, $102,9 \pm 45,7$ y $15,2 \pm 1,8$ cogollos dañados con valores de 0-1, 2-3 y 4-9, respectivamente. Al final del estado vegetativo, se observó que de un total de 472 plantas, el 96,8% ya no presentaban cogollos dañados (valores de 0-1).

Tabla 1. Evaluación del daño causado por larvas de *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz HX1 del tratamiento 1, mediante la escala de Davis *et al.* (1992). Plantas con daño al momento de iniciar el ensayo.

| Daño según escala de Davis | Cantidad de plantas afectadas (cogollos) durante el estado vegetativo del cultivo | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | V6 | V7 | V7 | V7 | V8 | V9 | V13 | V14 | V16 |
| | (01/02) | (04/02) | (06/02) | (08/02) | (11/02) | (13/02) | (27/02) | (29/02) | (03/03) |
| 0-1 | 0 | 308 | 340 | 407 | 390 | 411 | 426 | 446 | 457 |
| 2-3 | 449 | 144 | 115 | 47 | 63 | 47 | 36 | 17 | 8 |
| 4-9 | 23 | 20 | 17 | 18 | 19 | 14 | 10 | 9 | 7 |
| Total plantas | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 | 472 |

0-1: plantas con valores entre 0 y 1; 2-3: plantas con valores entre 2 y 3; y 4-9: plantas con valores entre 4 y 9.



0-1: Sin daño, o con lesiones como las que hace un alfiler ("pin-hole"). Estas lesiones son causadas por larvas de primer estadio (L1).



2-3: Con lesiones "pin-hole" y lesiones circulares pequeñas (de 1 mm a 1,5 mm de diámetro aprox.) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1,3 cm), sin membrana epidérmica consumida. Estas lesiones son causadas por larvas de segundo estadio (L2).



4-9: Con muchas lesiones circulares, alargadas y/o irregulares, de mayor tamaño a las mencionadas arriba y con membrana epidérmica completamente consumida. Estas lesiones son causadas por larvas de tercer a sexto estadios (L3 a L6).



Figura 2. Clasificación de daño causado por la alimentación de las larvas de *Spodoptera frugiperda* de diferentes estadios en el cogollo y las hojas no desplegadas de las plantas de maíz, según la escala de Davis *et al.* (1992).

Tabla 2. Evaluación del daño causado por larvas de *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz HX1 del tratamiento 2, mediante la escala de Davis *et al.* (1992). Plantas sin daño al momento de iniciar el ensayo.

| Cantidad de plantas afectadas (cogollos) durante el estado vegetativo del cultivo | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Daño según escala de Davis | V6 (01/02) | V7 (04/02) | V7 (06/02) | V7 (08/02) | V8 (11/02) | V9 (13/02) | V13 (27/02) | V14 (29/02) | V16 (03/03) |
| 0-1 | 620 | 597 | 601 | 581 | 584 | 592 | 550 | 573 | 595 |
| 2-3 | 0 | 23 | 19 | 27 | 29 | 20 | 56 | 35 | 18 |
| 4-9 | 0 | 0 | 0 | 12 | 7 | 8 | 14 | 12 | 7 |
| Total plantas | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 |

0-1: plantas con valores entre 0 y 1; 2-3: plantas con valores entre 2 y 3; y 4-9: plantas con valores entre 4 y 9.

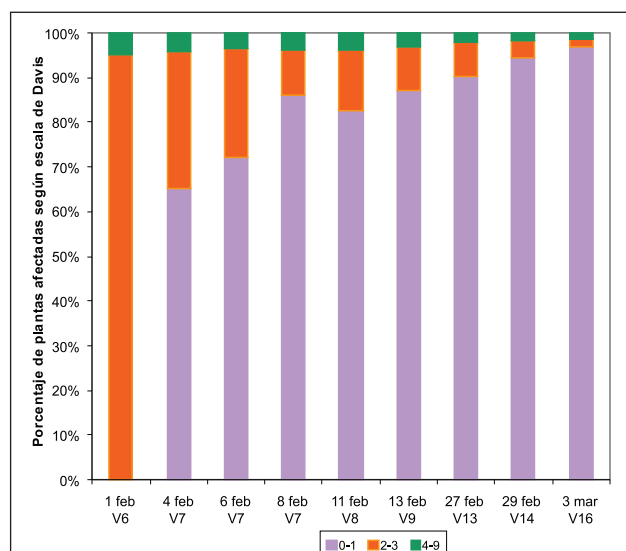


Figura 3. Evolución del daño causado por *Spodoptera frugiperda* en plantas HX1 inicialmente dañadas durante el ciclo vegetativo del cultivo (tratamiento 1).

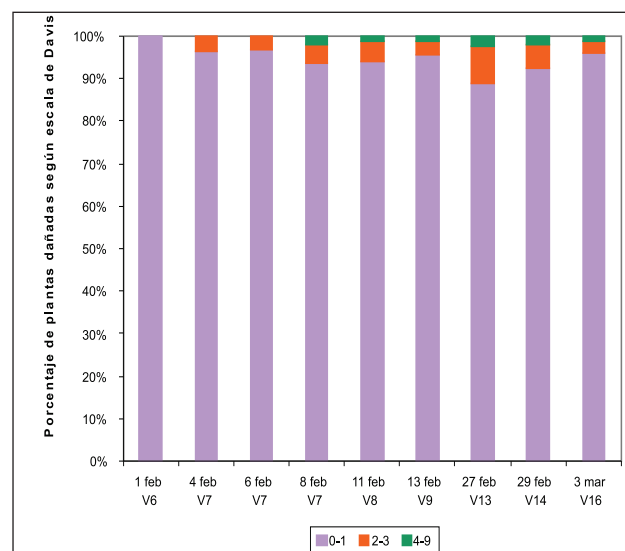


Figura 4. Evolución del daño causado por *Spodoptera frugiperda* en plantas HX1 inicialmente no dañadas durante el ciclo vegetativo del cultivo (tratamiento 2).

Con respecto al tratamiento 2 (Tabla 2 y Figura 4), de las 620 plantas evaluadas sin daño causado al momento de iniciar el ensayo, la mayoría de ellas se mantuvieron en esa condición, o bien presentaron pocas lesiones de tipo “pin-hole” en el cogollo para todas las fechas monitoreadas. Se registraron, durante todo el estado vegetativo, $588,1 \pm 6,5$, $25,2 \pm 5$ y $6,7 \pm 1,8$ cogollos dañados con valores de 0-1, 2-3 y 4-9, respectivamente.

En general para los dos tratamientos, se observó que hacia el final del estado vegetativo, más de un 96% de las plantas no presentaban daño, mientras que en aquellas que sí se encontraban afectadas, el daño de tipo 4-9 nunca superó el 1,5%.

Los valores de daño causado por *S. frugiperda* arriba mencionados, evaluados según la escala de Davis, son consistentes con otros reportados en la literatura. Siebert *et al.* (2008a y b) trabajaron con varios híbridos que contenían la endotoxina Cry1F y encontraron que el daño en todos ellos fue insignificante. Los cogollos de las plantas presentaron valores de 1,0 a 1,7, según la escala de Davis, siendo el daño significativamente menor en las plantas *Bt* que en las no *Bt*. Estos autores demostraron que las plantas del evento HX1 sufrieron menos daño, ya que disminuyeron la supervivencia y el desarrollo de las larvas de *S. frugiperda*. Trabajando con este mismo evento, Buntin (2008) encontró que los valores del daño causado en los cogollos se mantuvieron entre 0 y 4, según la escala mencionada, y que el HX1 es efectivo en la prevención de infestaciones y en la disminución del daño causado por las larvas en los cogollos.

Durante el estado reproductivo, en las cinco observaciones realizadas se encontraron en total 258 y 314 plantas con larvas en los tratamientos 1 y 2, respectivamente (Tablas 3 y 4). Para esos mismos tratamientos, del total de larvas detectadas (683) en las hojas y mazorcas, el 84,8%

correspondieron a larvas de tamaño pequeño, el 15,2% a larvas medianas y no se encontraron larvas grandes. La mayoría de las plantas presentaron una sola larva visible al momento de la evaluación (Tablas 3 y 4).

Si bien se encontraron larvas en el estado reproductivo, es importante mencionar que Siebert *et al.* (2008 b) observaron niveles significativos de eficacia del evento HX1 durante los estados vegetativo y reproductivo del cultivo. Ellos demostraron, en ensayos de campo y laboratorio, que la Cry1F fue efectiva en larvas del primer a tercer estadios y que aquellas larvas que lograron sobrevivir necesitaron días adicionales para alcanzar el estado de pupa, comparadas con aquellas larvas encontradas en maíz no *Bt*. Esto último coincide con estudios realizados por nuestro grupo de trabajo (datos no publicados, 2008), donde se observó que el maíz HX1 afecta, en alguna medida, los estados de desarrollo del ciclo de vida de *S. frugiperda*. Algunas larvas grandes (L4-L6) que habían sido colectadas en HX1 en diferentes localidades de la Argentina, se mantuvieron en el laboratorio con dieta artificial. A los pocos días, muchas de ellas murieron o alcanzaron el estado de pupa presentando deformidades y no siendo viables. En el caso de las pupas viables, la mayoría de los adultos que eclosionaron fueron deformes y tuvieron una vida corta, que no superó los tres días. Esto último refleja un mecanismo de resistencia de las plantas cuando son afectadas por los insectos. Este mecanismo es conocido como antibiosis y hace referencia a todos los efectos adversos que alteran la biología de los insectos, que se desencadenan cuando este utiliza una variedad o especie de planta hospedante para su alimentación. Entre los efectos adversos podemos mencionar: fecundidad reducida de las hembras, alteración en el tamaño de los adultos, presencia de adultos deformes o anormales, incremento de su mortalidad y la de de las pupas, estadios larvales supernumerarios, etc. (Painter, 1941).

Tabla 3. Cantidad y tamaño de larvas de *Spodoptera frugiperda* encontradas en las plantas evaluadas en el tratamiento 1 durante el estado reproductivo del cultivo, en todas las fechas monitoreadas.

| Tratamiento 1 (con daño inicial) | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----|---------------------|----------------|--------------------|----|----|-------|
| | | | Cantidad de plantas | | Cantidad de larvas | | | |
| Fecha | Fenología | N° | Sin larvas | Con larvas (%) | LP | LM | LG | Total |
| 05-mar | VT | 465 | 464 | 1 (0,2) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 14-mar | R1 | 465 | 446 | 19 (4,1) | 22 | 0 | 0 | 22 |
| 19-mar | R2 | 465 | 339 | 88 (18,9) | 134 | 1 | 0 | 135 |
| 26-mar | R3 | 465 | 376 | 89 (19,1) | 63 | 39 | 0 | 102 |
| 11-abr | R4 | 465 | 404 | 61 (13,1) | 46 | 16 | 0 | 62 |

VT: panojamiento, R1: emergencia de estigmas, R2: estado de ampolla, R3: grano lechoso y R4: grano pastoso; LP: larvas pequeñas, LM: larvas medianas y LG: larvas grandes.

Tabla 4. Cantidad y tamaño de larvas de *Spodoptera frugiperda* encontradas en las plantas evaluadas en el tratamiento 2 durante el estado reproductivo del cultivo, en todas las fechas monitoreadas.

| Tratamiento 2 (sin daño inicial) | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----|---------------------|----------------|--------------------|----|----|-------|
| | | | Cantidad de plantas | | Cantidad de larvas | | | |
| Fecha | Fenología | N° | Sin larvas | Con larvas (%) | LP | LM | LG | Total |
| 05-mar | VT | 614 | 602 | 10 (1,6) | 12 | 0 | 0 | 12 |
| 14-mar | R1 | 614 | 593 | 21 (3,4) | 20 | 1 | 0 | 21 |
| 07-ene | R2 | 614 | 524 | 90 (14,6) | 116 | 0 | 0 | 116 |
| 26-mar | R3 | 614 | 516 | 98 (15,9) | 75 | 32 | 0 | 107 |
| 11-abr | R4 | 614 | 519 | 95 (15,5) | 90 | 15 | 0 | 105 |

VT: panojamiento, R1: emergencia de estigmas, R2: estado de ampolla, R3: grano lechoso y R4: grano pastoso; LP: larvas pequeñas, LM: larvas medianas y LG: larvas grandes.

CONCLUSIONES

Independientemente del tratamiento, se evidencia que durante todo el estado vegetativo del maíz transgénico Herculex® las plantas permanecieron sin daño o con lesiones de tipo "pin-hole" en las hojas. A pesar de que se observaron plantas con lesiones mayores (con valores de 4 a 9 de la escala de Davis), en general estas no superaron el 1,5%.

En el estado reproductivo, si bien se encontraron larvas, la mayoría pertenecieron al estadio larval más susceptible (L1).

En base a lo expuesto, los resultados obtenidos demuestran que el evento TC 1507 Herculex® I (HXI) proporciona un control eficaz sobre *S. frugiperda*, por lo que puede ser considerado como una herramienta importante para el control eficiente de esta plaga.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Andrews, K. L. 1988.** Latin America research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomol. 71 (4): 630- 653.
- Artigas, J. N. 1994.** Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos), vol. 2. Edic. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Berta, D. C.; E. Virla; L. Valverde y M. V. Colomo. 2000.** Efecto en el parasitoide *Campoletis grioti* de un insecticida usado para el control de *Spodoptera frugiperda* y aportes a la bionomía del parasitoide. Manejo Integr. Plagas, Turrialba, Costa Rica (57): 65-70.
- Buntin, G. D. 2008.** Corn expressing Cry1AB or Cry1F

- endotoxin for fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) management in field corn for grain production. Florida. Entomol. 91 (4): 523-530.
- Cárcova, J.; L. Borrás y M. E. Otegui. 2004.** Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz (capítulo 8). En: Satorre E. H.; R. L. Vence Arnold; G. A. Slater; E. B. de la Fuente; D. J. Miralles M. E. Otegui y R. Savin (eds.), Producción de granos, bases funcionales para su manejo, Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires, R. Argentina, pp. 135-163.
- Clavijo, S. y G. Pérez Greiner. 2000.** Protección y sanidad vegetal. En: Fontana Nieves, H. y C. González Narváez (eds.), Insectos plagas del maíz (sección 2). Fundación Polar, Caracas, Venezuela, pp. 345-361.
- 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. S. Univ. Mississippi State, USA.
- García Degano, M. F.; M. G. Murúa; S. Prieto; M. L. Juárez; G. Gastaminza y E. Willink 2009.** Cultivos transgénicos o genéticamente modificados (OGM): Maíces Bt: claves para un adecuado manejo de la resistencia. En: Gamboa D.; D. Medina y M. Devani (eds.), El maíz en el NOA – Campaña 2008/2009, Publ. Espec. EEAOC (39): 111-115.
- García Roa, F.; A. T. Mosquera; C. Vargas y L. Rojas. 1999.** Manejo integrado del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Boletín Técnico (7). Corpoica, Palmira, Colombia.
- Levitus, G. 2006.** Biotecnología y maíz. En: Maíz y nutrición. Informe sobre los usos y propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación ILSI Argentina, serie de informes especiales, vol. 3. [En línea]. Disponible en <http://www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf> (consultado 1 enero 2012).
- Murúa, M. G.; M. L. Juárez; S. Prieto y E. Willink. 2009.** Distribución temporal y espacial de poblaciones de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) en diferentes hospederos en provincias del norte de Argentina. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 86 (1): 33-38.
- Painter, R. H. 1941.** The economic value and biologic significance of plant resistance to insect attack. J. Econ. Entomol. 34: 358-367.
- Ridner, E.; M. C. Gamberale; M. Burachik; M. Lema; C. Rubinstein y G. Levitus. 2008.** Los cultivos transgénicos. En: Musi, J. C. y S. Schraier (eds.), Editorial Nutrición y salud, alimentos transgénicos; mitos y realidades, Artes Gráficas Serval, Lomas de Zamora, R. Argentina, pp. 21-35.
- Siebert, W. M.; J. M. Babcock; S. Nolting; A. C. Santos; J. J. Adamczyk Jr.; P. A. Neese; J. E. King; J. N. Jenkins; J. McCarty; C. M. Lorenz; D. D. Fromme and R. B. Lassiter. 2008a.** Efficacy of Cry1F insecticidal protein in maize and cotton for control of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomol. 91 (4): 555-564.
- Siebert, W. M.; K. V. Tindall; B. R. Leonard; J. W. Van Duyn and J. M. Babcock. 2008b.** Evaluation of corn hybrids expressing Cry1F (Herculex® I Insect Protection) against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the Southern United States. J. Entomol. Sci. 43 (1): 41-51.
- 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 (4): 1031-1038.
- Virla, E.; M. V. Colomo; C. Berta y L. Valverde. 1999.** El complejo de parasitoides del “gusano cogollero” del maíz, *Spodoptera frugiperda*, en la República Argentina. Neotrópica 45: 3-12.
- Willink, E.; V. M. Osoreo y M. A. Costilla. 1993.** Daños, pérdidas y niveles de daño económico por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 70 (1-2): 49-52.