

MONITOREO DEL DAÑO DE LA “ISOCA COGOLLERA” *Spodoptera frugiperda* EN HÍBRIDOS DE MAÍZ MG, VT3P, PW y Vip3. CAMPAÑA 2016/17.

MASSONI*, F.A.; TROSSERO, M.A. & FRANA J.E.

INTA, EEA Rafaela

*massoni.federico@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En la campaña 2015/16, el maíz transgénico representó el 96% de la superficie sembrada en el país (ArgenBio, 2014; Trigo, 2011). De las hectáreas totales sembradas, más del 75% fueron híbridos con características combinadas de tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos (ArgenBio, 2016). El maíz *Bt* fue diseñado para brindarle tolerancia a *S. frugiperda*, la plaga más importante del cultivo, y a otros lepidópteros como el “barrenador de tallo” *Diatraea saccharalis* y la “isoca de la espiga” *Helicoverpa zea*. En la Región Pampeana los daños ocurren a partir de diciembre en maíces tardíos, principalmente en años cálidos y secos. El ciclo varía entre 30 a 40 días y los huevos son depositados en grupos de 100 a 300 y en capas superpuestas. Las larvas desarrollan seis estadios que transcurren entre 15 y 25 días muy influenciados por la temperatura, presentan comportamiento caníbal razón por la cual suele encontrarse generalmente una sola larva dentro del cogollo. Empupan en el suelo. Tienen hábitos cortadores, defoliadores, cogolleros y granívoros (Margheritis y Rizzo, 1965; Leiva y Iannone, 1994; Iannone y Leiva, 1995). Los niveles de daño para *S. frugiperda* consisten en pequeñas lesiones circulares en cogollo y expansión de hojas, pocas lesiones alargadas de hasta 1,3 cm (daño tres en la escala de Davis) (Davis *et al.*, 1992) y presencia de larvas vivas. Respecto al momento de aplicación, en convencional: 20% de las plantas con daño, refugio: 20% de plantas con daño hasta V6, y *Bt*: recomendación de acuerdo a la empresa semillera (ASA, 2016; <http://irac-argentina.org>). Para un control químico eficiente es necesario que la larva se encuentre expuesta lo que sucede en estadios iniciales del desarrollo de la plaga y del cultivo, por lo que su monitoreo resulta clave.

La tolerancia del maíz *Bt* a los lepidópteros está dada por la introducción de un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que codifica la producción de una proteína con actividad insecticida específica. Durante el ciclo de vida de la bacteria genera dos tipos de toxina: en la fase vegetativa produce y secreta proteínas Vip (Yu *et al.*, 2011) y en la fase de esporulación, produce esporas e inclusiones cristalinas llamadas proteínas Cry (Bravo *et al.*, 2012). Debido a su eficacia, difusión y adopción, los cultivos *Bt* ejercen alta presión de selección sobre las plagas blanco. Los programas de Manejo de la Resistencia a Insectos destinados a retrasar la resistencia, se basan en la rotación de cultivos, buen control de malezas, adecuada implantación, monitoreo de plagas y en el modelo “Alta Dosis + Refugio” (Tabashnik *et al.*, 2004; Andow, 2008; Trumper, 2014).

En 2014, se confirmó la resistencia heredable y recesiva de una población de *D. saccharalis* en el noreste de la provincia de San Luis, donde resultaron afectadas las tecnologías Herculex I (Hx) y VT Triple Pro (VT3P), que contienen las proteínas Cry1F y Cry1A.105, respectivamente (ASA, 2016). En el año 2016 se confirmó la resistencia de varias poblaciones de *S. frugiperda* de la zona maicera argentina a la proteína Cry1F expresada en los maíces Herculex I (ASA, 2016). Estudios realizados en la EEA Rafaela sobre el daño de *S. frugiperda* en la tecnología Hx, en las campañas 2014/15 y 2015/2016 determinaron un 78% y 55% de plantas afectadas, para niveles de infestación de 88% y 50%, respectivamente. Se comprobó la pérdida de eficacia de la toxina Cry1F en híbridos Hx (Massoni *et al.*, 2015; 2016a,b). Respecto a la ubicación de los desoves de *S. frugiperda* sobre 1.800 plantas analizadas en V3, el 100% se registraron en el envés (Massoni, 2015 datos no publicados). El incremento de los niveles de tolerancia de los lepidópteros blanco a las protoxinas es un proceso evolutivo, por lo que es necesario el monitoreo frecuente sobre la eficacia de las tecnologías disponibles en el mercado. Por tal motivo, se propuso evaluar el daño de *S. frugiperda* en maíces de siembra tardía con las tecnologías Maíz Gard, VT Triple Pro, Powercore y Agrisure Vipera3, con respecto a un Testigo No-Bt en la campaña 2016/17.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante la campaña 2016/2017 en el campo de la EEA Rafaela, del INTA sobre un suelo Agriudol típico. Se aplicó un diseño experimental en bloques completos aleatorizados, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los híbridos utilizados fueron: T1) Testigo: DK 72-10 RR2, T2) DK 72-10 MG RR2, T3) DK 72-10 VT3P, T4) PW 507; y SYN 840 Vip3. Se sembraron en el sistema de siembra directa el 27 de enero de 2017 en parcelas de 83,2 m² compuestas por 16 surcos a 0,52 m de espaciamiento por 10 m de largo. La fertilización consistió en la aplicación de N en forma de urea con una dosis de 70 kg/ha a la siembra y al costado del surco. El barbecho químico consistió en una aplicación en preemergencia del cultivo de sulfosato (2,5 l/ha), atrazina 90% (2 kg/ha), S-metalocloro (1,3 l/ha) y aceite vegetal (0,5 l/ha); y otra en post-emergencia (V4) de Equip® WG (120 gr/ha) y aceite mineral (1,6 l/ha). La pulverización tuvo el objetivo de controlar malezas para evitar que el ensayo fuera colonizado por larvas provenientes de gramíneas hospederas. En la tabla 1 se presentan las tecnologías ensayadas con los eventos o combinaciones de ellos y sus proteínas introducidas para el control de lepidópteros (CERA GMC Database, 2010; ArgenBio, 2016).

Tabla 1: Eventos y combinaciones con sus proteínas introducidas para el control de lepidópteros y año de aprobación para su siembra, consumo y comercialización.

Eventos / Combinación	Año de aprobación	Proteínas
Roundup Ready RR (NK603)	2004	No- <i>Bt</i> (convencional) + epsps
Maísgard MG RR2 (NK603 x MON810)	2007	Cry1Ab + epsps
VT Triple PRO VT3P (MON89034 x MON88017)	2010	Cry1A.105+Cry2Ab2+Cry3Bb1 + epsps
Agrisure Viptera3 Vip3 (Bt11 x GA21 x MIR162)	2011	Vip3Aa20+Cry1Ab+pat+epsps
Powercore PW (MON89034 x TC1507 x NK603)	2012	Cry1A.105+Cry2Ab2+Cry1Fa + epsps

La estimación de las plantas dañadas por larvas de *S. frugiperda* se realizó con la Escala de Davis (Davis *et al.*, 1992). Se analizaron 20 plantas por parcela. Las observaciones comenzaron en la etapa fenológica de Ve, según la escala fenológica de Ritchie & Hanway (1982). El conteo del nivel de daño en los materiales con las diferentes tecnologías de protección se inició después de que el testigo alcance el 20% de plantas afectadas. Las plantas se consideraron dañadas cuando se registró un valor igual o superior al grado 3 de la Escala de Davis (Figuras 1.c y d). Se registró el promedio de larvas vivas totales y se analizó el promedio de larvas cada 10 plantas.

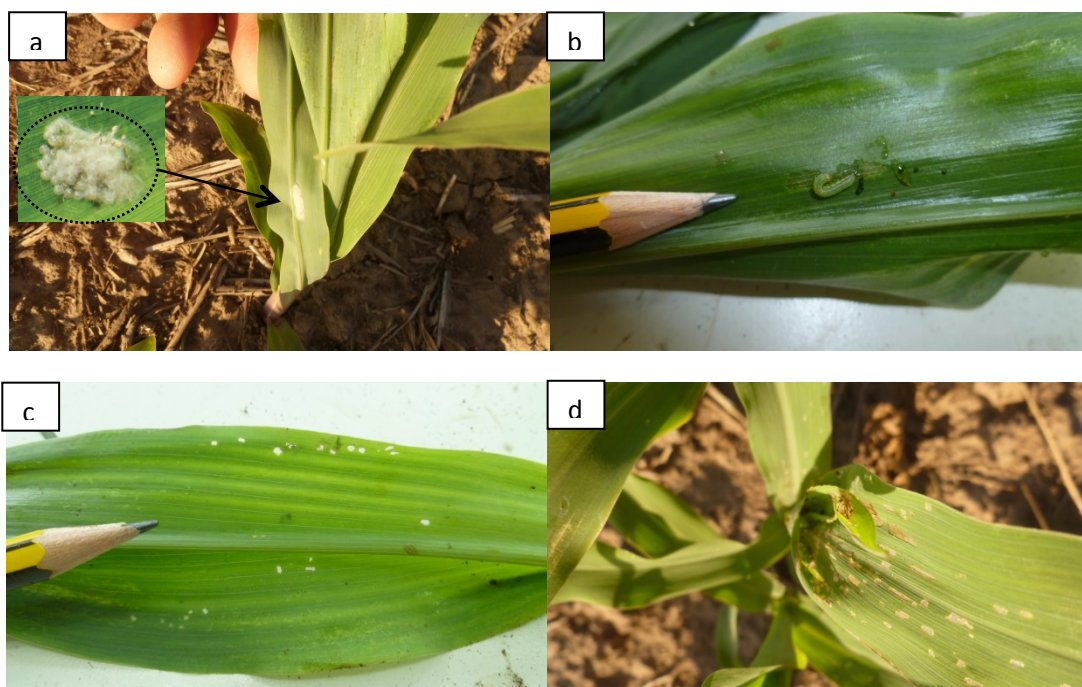


Figura 1. a- Desove de *S. frugiperda*, b- larva consumiendo el parénquima, c- daño provocado por larvas pequeñas (L1-L2-L3), d- daño en cogollo efectuado por larvas grandes (L4-L5-L6).

Además, se detalló el tamaño de las larvas (inferior o superior a 1,5 cm) y el porcentaje de desoves hallados con su ubicación en el haz o envés de la hoja, por

tratamiento (Figuras 1.a y b). Para cada variable se realizó el análisis de la varianza del software estadístico INFOSTAT® 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014) y las diferencias entre medias se compararon con el test LSD Fisher con un 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los registros pluviométricos correspondientes a los meses en que se desarrolló la experiencia. Entre diciembre de 2016 y enero de 2017 se registró un 47,5% superior de precipitaciones respecto a la serie histórica (1930-2015). Las precipitaciones de diciembre provocaron un importante ascenso de la capa freática, que subió 72 cm desde inicio de mes y finalizó en 40 cm de la superficie del suelo; y en enero fueron 2,5 veces superiores a la media histórica. Esto ha provocado que nuevamente la capa freática haya ascendido hasta la superficie durante las primeras semanas del mes y determinó que la siembra sea postergada aproximadamente un mes.

Las lluvias entre diciembre de 2016 y marzo de 2017 superaron en un 24% a los valores normales, con un acumulado anual hasta mayo de 22% superior a las precipitaciones de la serie de referencia. Esta situación favoreció el desarrollo del cultivo y la recuperación de los híbridos por el daño de la “isoca cogollera”, sin embargo en la etapa de V8 algunas plantas se volcaron por la acción del viento, el alto peso de los materiales y la falta de soporte de sus raíces adventicias.

Tabla 2: Precipitaciones durante el período experimental y su respectiva serie históricas. Estación Agrometeorológica, EEA Rafaela del INTA.

Mes	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Lluvia mensual Campaña 2015/16 (mm)	160,8	301,8	187,8	28,2	127,9	37,3
Lluvia Serie Histórica 1930-2015 (mm)	124,6	118,4	118,7	153,8	94,2	46,5

En la etapa de Ve comenzaron las observaciones en el tratamiento Testigo hasta alcanzar el 20% de plantas con daño, lo que ocurrió con el cultivo en el estado de V3. En ambas fases fenológicas (V3 y V5), se hallaron diferencias significativas en el porcentaje de plantas con daño de *S. frugiperda* igual o mayor al grado 3, según “Davis” ($p < 0,0001$).

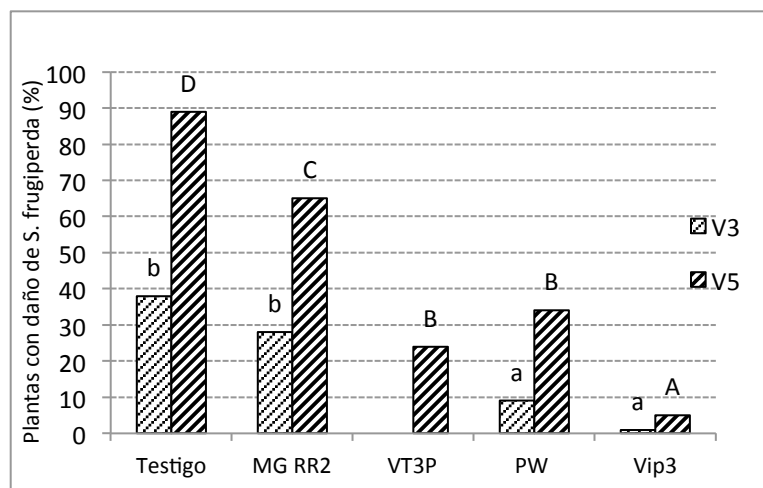


Figura 2. Porcentaje de plantas de híbridos de maíz con daños de *S. frugiperda* igual o superior al grado 3, según la Escala de Davis, en función de las tecnologías ensayadas en las campañas agrícolas 2016/17 en la EEA Rafaela. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En V3, 19 días después de la fecha de siembra (DDFS) el cultivo de maíz presentó dos grupos con diferentes daños; los híbridos VT3P, Vip3 y PW difirieron de MG y del Testigo ($p < 0,0001$). Estos últimos alcanzaron el umbral de daño (UD= 20% plantas Davis 3°) en dicha etapa. Los valores promedios hallados fueron: VT3P= 0%, Vip 3=1%, PW= 9%, MG= 28%, Testigo= 38% (Figura 2). En V5, 26 DDFS el cultivo presentó cuatro grupos con promedios de daños diferentes ($p < 0,0001$), y a excepción de Viptera3, el resto de los tratamientos superaron el umbral de daño, con una presión de infestación de 89% de plantas afectadas (Testigo). Los valores registrados fueron: Vip3=5%, VT3P=24%, PW=34%, MG=65% (Figura 2).

Se registró además la ubicación de los desoves (cara superior o inferior de la hoja) y el tamaño de larvas de *S. frugiperda* a partir de 400 plantas por muestreo. El 100% de los desoves fueron hallados en el envés de las hojas de maíz en la totalidad de los tratamientos. La densidad de nacimiento de las larvas neonatas siguió una curva de tipo campana de “Gauss” en correspondencia con la curva de posturas en la etapa de oviposición. Detectar la masa de huevos en las etapas iniciales del cultivo permite determinar la presencia temprana de la plaga, estimar su abundancia poblacional, reconocer sus enemigos naturales para una oportuna toma de decisiones. Los organismos benéficos observados fueron: el complejo de arácnidos (Thomisidae, Salticidae), tijeretas (Forficulidae: *Doru sp.*), chinches predadoras (Anthocoridae: *Orius sp.*; Lygaeidae: *Geocoris sp.*), parasitoides (Hymenoptera: *Campoletis grioti*, *Ophion sp.*, *Cotesia sp.*, *Euplectrus sp.*) y entomopatógenos (*Nomuraea rileyi*).

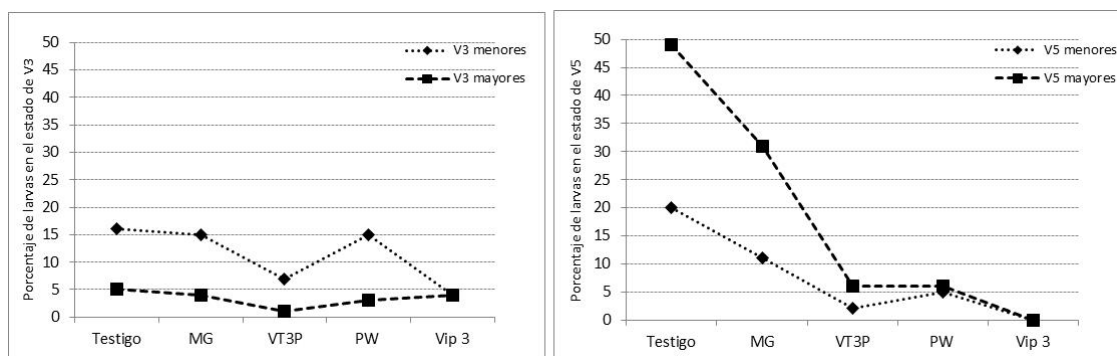


Figura 3. Promedio de larvas de *S. frugiperda* en los estados de V3 y V5, en función de las tecnologías *Bt* ensayadas en las campañas agrícolas 2016/17 en la EEA Rafaela.

En la etapa de V3 se observaron diferencias estadísticas respecto al porcentaje de larvas menores a 1,5 cm observadas en función de las tecnologías ($p < 0,1162$), mientras que no se encontraron diferencias para larvas de mayor tamaño (superiores a 1,5 cm). Las larvas registradas corresponden a desoves puestos por hembras que colonizaron el ensayo en etapas fenológicas tempranas (Ve-V3). En los tratamientos testigo, MG y PW, las larvas pequeñas se hallaron en un 16%, 15% y 15% de las plantas, respectivamente y fueron diferentes estadísticamente de Vip3: 4%. Esto podría explicarse por la mayor eficacia de la proteína Viptera con respecto a las Cry en el control de larvas neonatas (Figura 3).

En la etapa de V5, respecto a las larvas pequeñas, se observaron tres grupos diferentes estadísticamente ($p < 0,0001$), con larvas halladas en los siguientes porcentajes: 1) Testigo: 20%, 2) MG: 11%, y 3) VT3P: 2% y Vip3: 0%. Se registró un mayor control por parte de las tecnologías con eventos apilados con respecto al simple. En el caso de las larvas grandes también se diferenciaron estadísticamente ($p < 0,0001$) y se detectaron tres grupos con los siguientes valores: 1) Testigo: 49%, 2) MG: 31%) y 3) VT3P: 6%, PW 6% y Vip3: 0% (Figura 3). Puede observarse, que desde la etapa de tres hasta cinco hojas desarrolladas, se incrementaron las larvas de mayor tamaño sólo en los tratamientos Testigo y MG, debido a la ausencia de toxina *Bt* en el primero que permitió registrar la máxima densidad poblacional alcanzable y un control parcial de la proteína Cry1Ab en el segundo. Por el contrario, en el tercer grupo, el porcentaje de larvas no superó el 6% debido al control eficaz de las toxinas apiladas expresadas en las tecnologías PW, VT3P y Vip3 (Figura 3). Debe considerarse que las larvas grandes (L) correspondientes a estadios avanzados del desarrollo (L4-L5-L6), tienen la capacidad de consumir aproximadamente un 80% del total de su dieta, y por lo tanto el daño producido en el tejido foliar resultará mayor con respecto a las larvas chicas, lo que afectaría la capacidad del cultivo para alcanzar el índice de área foliar crítico (Gardner *et al.*, 1985) en el menor tiempo posible para maximizar la producción de materia seca.

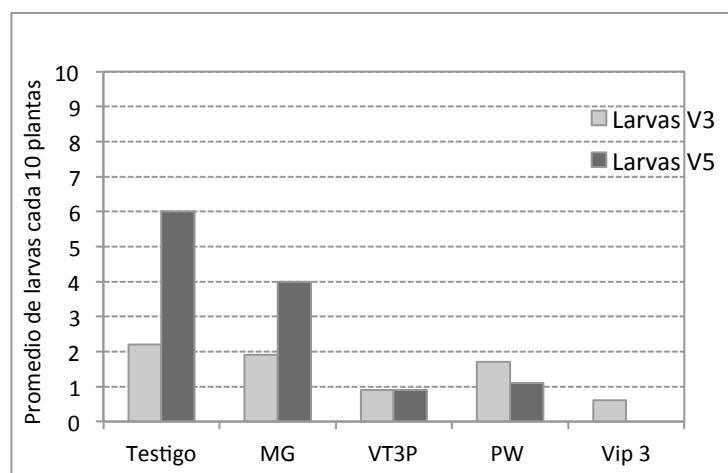


Figura 4. Promedio de larvas de *S. frugiperda* observadas cada 10 plantas, en función de las tecnologías *Bt* ensayadas en las campañas agrícolas 2016/17 en la EEA Rafaela.

Respecto al promedio de larvas cada 10 plantas, se observó que el tratamiento Testigo y MG alcanzaron 2 larvas en V3, mientras que en V5 se incrementaron en ambos tratamientos hasta un promedio de 6 y 4 larvas/10 plantas, respectivamente. En el resto de los materiales VT3P, PW y Vip3, el número de individuos no llegó a 2 larvas promedio (Figura 4).

Los híbridos MG y Testigo alcanzaron el umbral de daño del 20% plantas con daño igual o superior al grado 3 en Escala de Davis en V3, y los materiales VT3P y PW lo hicieron en V5. Sin embargo, al considerar el promedio de larvas vivas cada 10 plantas, en ambas etapas fenológicas sólo MG y el testigo superaron umbral de 2 larvas/10 plantas. En el testigo debido a la ausencia de toxina *Bt* que permitió determinar el nivel real de infestación de la plaga, y respecto a MG debido al control parcial de la proteína Cry1Ac. Por lo tanto, para una adecuada toma de decisiones de control con insecticidas, deprimir la población de “isocas cogollera” y evitar pérdidas económicas del cultivo, deben considerarse en forma conjunta ambas variables: porcentaje de plantas con daño igual o superior al 20% en la Escala de Davis y la presencia de al menos 2 larvas en promedio cada 10 plantas. En este sentido, sólo sería indicada la aplicación sobre los materiales MG y Testigo, mientras que en VT3P, PW y Vip3 no se justificaría el control químico. Los insecticidas evaluados en la EEA Rafaela que resultaron eficaces para el control de *S. frugiperda* fueron spinetoran ($80 \text{ cm}^3/\text{ha}$); spinosad ($60 \text{ cm}^3/\text{ha}$) y clorantraniliprole ($75 \text{ cm}^3/\text{ha}$).

CONSIDERACIONES FINALES

La expresión de las proteínas insecticidas en el genoma de las plantas con las tecnologías de eventos apilados VT3P, PW y Vip3, resultaron efectivas para los niveles de infestación mencionados, y no sería justificable el uso de insecticidas para el control

de *S. frugiperda*. Los híbridos MG presentaron daños por encima de los umbrales de tratamiento y se debería realizar el control químico para evitar pérdidas económicas. Debe considerarse que en etapas iniciales del cultivo elevados niveles de daño de *S. frugiperda* no matarían a la planta afectada por encontrarse protegido el meristema apical, pero el retraso en el crecimiento de las mismas en relación a otras sanas, incrementa la competencia intraespecífica por recursos (luz, agua y nutrientes) y afecta el potencial de producción. En etapas fenológicas tempranas (Ve-V5) es clave el monitoreo para la oportuna toma de decisiones en función a los niveles y umbrales de daño predeterminados para lograr una densidad y uniformidad de plantas adecuadas a floración y obtener el rendimiento esperado.

BIBLIOGRAFÍA

- Andow, D.A. 2008. The risk of resistance evolution in insects to transgenic insecticidal crops. *Collection of BiosafetyReviews* 4:142-199
- ArgenBio, ASA, Casafe. 2014. Tecnologías para una agricultura sustentable. *Biotechnología Agrícola*, 72 p.
- ArgenBio, 2016. Cultivos aprobados y adopción. <http://www.argenbio.org/index.php?action=cultivos&opt=5>. Accedido en Junio de 2016.
- A.S.A. 2016. Preguntas y respuestas sobre cultivos Bt y manejo de resistencia de insectos. Programa MRI-ASA. 1º edición.
- C.E.R.A, Whashington, D.C.GM Crop Database. 2010. <http://cera-gmc.org/>
- Davis, F.; Ng, S. S. and Williams, W. P. 1992. Visual rating scale for screening whorl stage corn resistance to fall armyworm. *Tech. Bull.* 186. USDA, ARS. S. Univ. Mississippi State, USA.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat* versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, y R.L. Mitchel. 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press. USA. pp. 327
- Iannone, N. y Leiva, P.D. 1995. Bioecología y control de la isoca de la espiga *Heliothiszea* (Moddie) en el cultivo de maíz. *Carpeta de Producción Vegetal*, Serie: Maíz, Tomo XIV, Información N° 129. INTA, EEA Pergamino, 5p.
- Leiva, P.D y Iannone N. 1994. *Manejo de insectos plaga del cultivo de maíz*. 1ra Ed. EEA INTA Pergamino. Pergamino, Buenos Aires 73 p.

- Margheritis, A.E y Rizzo, H.F. 1965. Lepidópteros de Interés Agrícola. Orugas, isocas y otras larvas que dañan a los cultivos. Editorial Sudamericana, S.A. Buenos Aires. 197 p.
- Massoni. F.A.; Trossero, M.A. y J.E. Frana. 2015. “Evaluación del daño de lepidópteros en híbridos de maíz Bt (Maízgard, Hérculex, VT Triple Pro, Powercore, Agrisure Viptera 3), y determinación del impacto sobre el rendimiento”. Publicado en el libro de resúmenes de las XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas, organizadas por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, 9 de Octubre de 2015.
- Massoni. F.A.; Trossero, M.A. y J.E. Frana. 2016a. “Evaluación del daño de lepidópteros en híbridos de maíz *Bt*”. Revista Técnica Aapresid. Red de Innovadores. Revista Técnica Maíz / Edición 2016. Año 23. Julio de 2016, pp. 82-87
- Massoni. F.A.; Trossero, M.A. y J.E. Frana. 2016b. “Evaluación del daño de lepidópteros en maíces *Bt*” Publicación Miscelánea N° 132. Información Técnica de Manejo de Cultivos de Verano. Campaña 2016, EEA INTA Rafaela, INTA Ediciones, Octubre de 2016, pp. 113-121
- Tabashnik, B.E; Gould, F. & Y. Carrie, 2004. Delaying evolution of insect resistance to transgenic crops by decreasing dominance and heredability. *Journal of Evolutionary Biology* 17:904-12
- Trigo, E.J. 2011. Quince Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina. 52 p.
<http://www.agrobio.org/bfiles/fckimg/resumen%20ejecutivo.pdf>
- Trumper, E.V. 2014, Resistencia de insectos a cultivos transgénicos con propiedades insecticidas. Teoría, estado del arte y desafíos para la República Argentina. *Agriscientia* 31 (2): 109-126
<http://irac-argentina.org/> Accedido en junio de 2017.