

RESUMEN DE TESIS

Sassano *et al.*
[...]

Respuesta de maíces

Respuesta de maíces Bt y no Bt ante la presencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) y evaluación del momento óptimo de control

Sassano, F., Urretabizkaya, N., Álvarez, J.

Cátedra de Protección Vegetal FCA-UNLZ

Resumen del plan de trabajo

La realización de este trabajo tiene como objetivos principales; a) evaluar el comportamiento de maíces Bt y no Bt ante la presencia de *Spodoptera frugiperda* y b) determinar el momento oportuno de control mediante el uso de la técnica de monitoreo. Como objetivo secundario; analizar el impacto en la rentabilidad del productor a través del análisis de margen bruto. La parte práctica se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora, contando con la colaboración de la cátedra de Protección Vegetal, la cual también colaboró para la parte teórica y de procesamiento y análisis de datos. Sobre esta base, en este trabajo, se demuestra como no hay diferencia en rendimiento entre híbridos para todos los tratamientos realizados y la importancia de la detección del momento oportuno de control de la plaga, con la visualización del roído foliar (larva expuesta). Además, la diferencia a favor de adquirir semilla no Bt junto a la aplicación de insecticida en el momento oportuno, en comparación a la utilización de solo semilla Bt, al analizar el margen bruto de las dos prácticas que puede realizar el productor.

Introducción

El “gusano cogollero del maíz” o simplemente *Spodoptera* u oruga militar tardía, actúa como gusano cortador y cogollero, siendo una de las principales plagas que ataca al maíz (Negrete Barón, 2003). En este cultivo y en sorgo puede causar pérdidas de hasta 38% en la producción, dependiendo del ambiente, del cultivar y principalmente, del estado de desarrollo y de nutrición de las plantas atacadas (Cortez & Waquil, 1997).

Fechas tempranas, óptimas y tardías modifican el crecimiento y el desarrollo del cultivo así como su rendimiento potencial y también modifican la presencia de la plaga. Los maíces de siembra tardía son los más afectados, ya que en estos ambientes el cultivo se cruza con picos poblacionales de la plaga que provocan un mayor ataque, requiriendo hasta 3 aplicaciones de insecticidas para controlarla (Willink *et al.*, 1991).

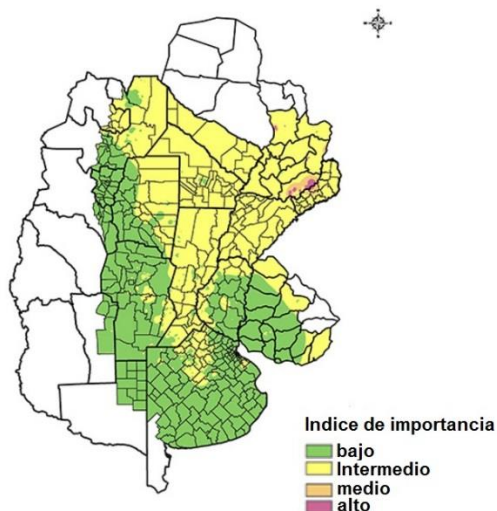


Figura 1: Mapa de distribución del gusano cogollero en Argentina.

Los daños del cogollero se clasifican de la siguiente manera: Daño grado 1: se caracteriza por el roído del parénquima sin llegar a perforar la lámina de la hoja (aparición de unas "ventanitas" también conocido como "roído foliar"). Dichas ventanitas son producto de la ingesta de larvas pequeñas recién nacidas (L1 y L2); y lo importante es que estas ventanitas están indicando que las larvas están "expuestas" al insecticida aplicado (Iannone, 2010). Por ello, este momento sería el estado óptimo para hacer el control, porque la larva del cogollero está expuesta, y por lo tanto es fácil de contactar y controlar. Desafortunadamente, también éste es el estado que la mayoría de los usuarios "no detecta", porque en general no está el hábito de recorrer los maíces revisándolos una vez por semana; si estuviera incorporado el monitoreo en maíz como en otros cultivos, este daño se detectaría sin problemas, y tampoco habría problemas de control. Seguidamente ocurre el daño grado 2: este tipo de daño ya implica perforaciones en la superficie foliar, sin afectar al cogollo de maíz y suele ocurrir en la etapa $V_3 - V_5$ de la escala fenológica Ritchie & Hanway (1982). Daño grado 3: Estado de ataque de la plaga que la gran mayoría detecta, cuando ya hay graves daños y es un problema difícil de solucionar e incluso irreversible. Usualmente se da desde V_6 en adelante, y se produce cuando hojas y cogollo son afectados de manera importante, y lo que es peor; cuando las larvas ya medianas y grandes, están demasiado profundizadas en el cogollo, hay una gran cantidad de "aserrín", excrementos que actúan como tapón producido por la ingesta de las larvas, debajo del cual y bien profundizada estas se ubican. Es muy difícil de contactar, con una aplicación de cualquier insecticida cuando genera este daño, sea sistémico o no, de acción translaminar o no, con tensión de vapor o no; no lográndose buena eficiencia de control (Iannone, 2010).

Umbral de acción de 10 % de plantas atacadas son los recomendados para controlar a *S. frugiperda* en maíz en cualquier momento fenológico del cultivo. Se debe tener en cuenta que ante umbrales ligeramente por debajo, si se espera hasta llegar al umbral establecido podemos correr el riesgo de que se nos profundicen las larvas en el cogollo, y luego tendremos dificultades de control. (Iannone, 2010).

La incorporación de la biotecnología moderna en los programas de mejoramiento de maíz en la Argentina ha permitido la liberación al mercado de híbridos transgénicos. El maíz Bt es un tipo de maíz transgénico que produce una proteína de origen bacteriano, la proteína Cry, producida naturalmente por *Bacillus thuringiensis* y es tóxica para distintos órdenes de insectos como se muestra a continuación:

Proteína	Espectro de acción
Cry I	Lepidópteros
Cry II	Lepidópteros y Dípteros
Cry IIIA	Coleópteros
Cry IIIB	Coleópteros
Cry IV	Dípteros

Estas proteínas, denominadas "Cry" o cristal paraesporal, se activan en el sistema digestivo del insecto y se adhieren a su epitelio intestinal causando la formación de poros en el tracto digestivo larval, alterando el equilibrio osmótico del intestino. Esto provoca la parálisis del sistema digestivo del insecto el cual deja de alimentarse y muere a los pocos días.

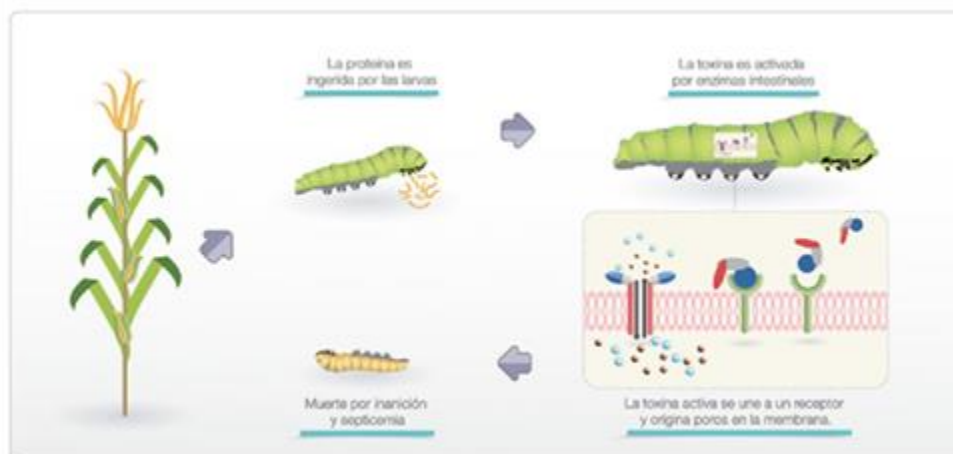


Figura 2: Mecanismo de acción de las proteínas Cry.

El manejo integrado de plagas, contempla la intervención de diversas estrategias, una de ellas es el uso de materiales transgénicos. En nuestro país ha sido exitoso el control de *Diatraea saccharalis* “barrenador del tallo del maíz” a través de este mecanismo y en las últimas campañas han surgido materiales para enfrentar a *S. frugiperda* con resultados variables. El uso de híbridos con resistencia al gusano cogollero brinda una solución importante para aquellas zonas donde la presión de la plaga es significativa, principalmente en siembras tardías. Si bien el control lo ejercen sobre larvas en los primeros estadios, que nacen de huevos colocados por adultos, de manera experimental y preliminar se comprobó que su eficacia permanece aun cuando de manera artificial se colocaron larvas de estadios más avanzados sobre plántulas de maíz cultivadas en macetas (Frana & Imwinkelried, 2002).

En cuanto al control químico, varias moléculas insecticidas están registradas para el control del gusano cogollero, pero la aparición de resistencia a algunas de ellas, ha provocado distintos impactos en cuanto al método químico de control de la plaga, dando lugar a la aparición de nuevos productos como el Spinosad, el cual posee un nuevo modo de acción que provee una alternativa a los insecticidas convencionales, como piretroides, carbamatos y organofosforados (Pineda et al., 2007).

Los objetivos principales de este trabajo fueron; a) evaluar el comportamiento de maíces Bt y no Bt ante la presencia de *Spodoptera frugiperda* y b) determinar el momento oportuno de control mediante el uso de la técnica de monitoreo. Como objetivo secundario; analizar el impacto en la rentabilidad del productor a través del análisis de margen bruto.

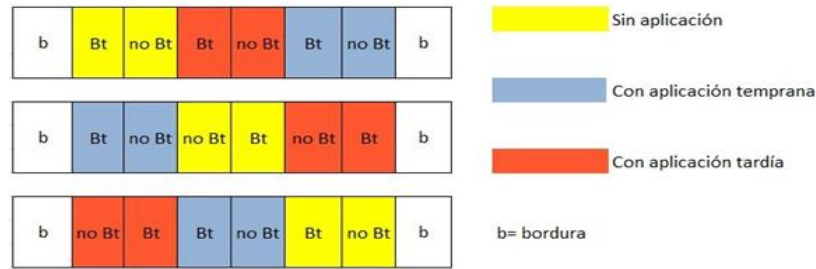
Materiales y métodos

Se efectuó el ensayo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora; “La Catalina”, ubicado en la Localidad de Virrey del Pino, Partido de La Matanza, Provincia de Buenos Aires (-34° 83' 20" S y -58° 72' 39" O). (Ver anexo 1)

Los isohíbridos utilizados presentaron la misma base genética del híbrido simple Dekalb 747, difiriendo los eventos transgénicos. El híbrido a utilizar fue seleccionado sobre la base de la tecnología de control de lepidópteros que posea; Dekalb 747 MGRR2 VT3PRO, y se utilizó un convencional sin el evento frente a la plaga en cuestión como comparación; Dekalb 747 RR2.

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño en Bloques Completamente Aleatorizados, con arreglo factorial y tres repeticiones. Se sembraron borduras de dos surcos alrededor del ensayo para evitar el efecto ambiental. Fueron tres las parcelas experimentales y cada una consistía de 18 surcos de cinco metros de largo, separados a 0,5 m entre líneas, correspondiendo seis surcos de ellos para cada tratamiento realizado, de los cuales tres correspondían al híbrido Bt y los restantes tres al híbrido no Bt.

A continuación se presenta un esquema del proyecto:



El trabajo se sembró manualmente con bastón sembrador el 25 de noviembre 2014 (fecha tardía para la región) de manera de hacer coincidir el pico poblacional de la plaga y los estadios larvales más problemáticos con el ciclo del cultivo en un momento donde el número de granos aún no se determinó. En el estadio V₃ se raleó para lograr una densidad de cosecha de 80.000 plantas/ha y se realizó una fertilización con fosfato diamónico, con la finalidad de asegurar una adecuada nutrición del cultivo.

En cuanto a las aplicaciones para el control de la plaga, las mismas se realizaron en dos momentos distintos para los dos híbridos evaluados y un testigo de cada uno sin aplicación. El producto utilizado para el control de la plaga fue el Spinosad, de la empresa Dow Agrosiences, y la dosis de aplicación fue de 60cc/ha.

Momento de Aplicación	Umbral y descripción de daños	Fecha de realización
TEMPRANA	10% Plantas del lote con daños. Roído de la superficie foliar	16/11/2014
TARDIA	10% Plantas del lote con daños. Perforaciones en hojas y daños en el cogollo del maíz	22/01/2015

Medición de daños

En el estadio V₃, se realizó la primera medición de larvas presentes en el cultivo. Los síntomas a evaluar en esta etapa fueron la presencia de roído en la superficie foliar, conocido como daño grado 1 (ventanita): Este es el estado donde se realizó el control químico llamado “correcto” con porcentaje de plantas afectadas del 10%.

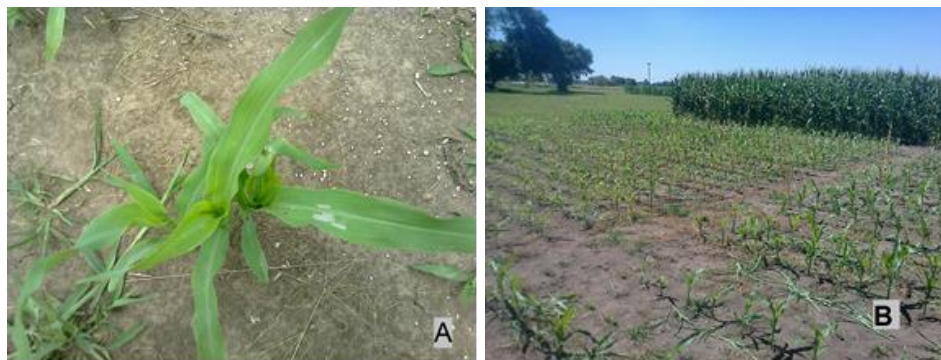


Figura 3: Daño de roído foliar realizado por *S. frugiperda* visualizado en V₃ en 10% de plantas en el lote. A: daños grado 1 y B: estado general del lote.

En V₇-V₈, con presencia de daños grado 2, y grado 3, se realizó la aplicación denominada “tardía” con un porcentaje de plantas afectadas en el lote del 10%.

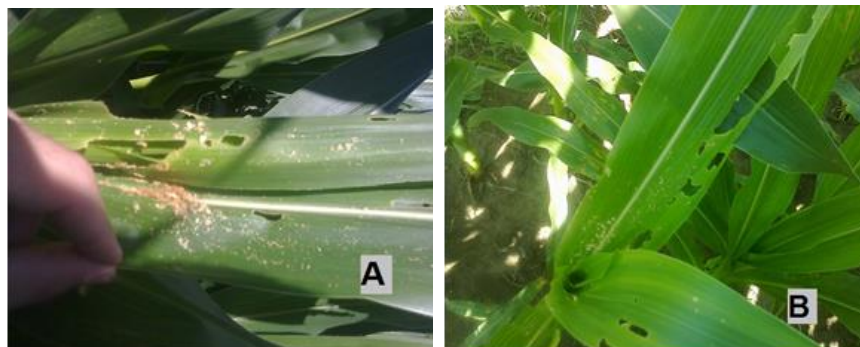


Figura 4: Daño grado 2 y 3 realizadas por *S. frugiperda* visualizado en V₇ -V₈ en 10% de plantas en el lote. A y B: perforaciones foliares y “aserrín”.

Determinación de rendimiento:

Se cosecharon y contaron las espigas del surco central de la parcela experimental de cada tratamiento, salvo primer y última debido a que estas no estaban en competencia perfecta. Se tomaron 5 de estas al azar donde se contabilizó el número de hileras por espiga, granos por hilera, peso de 1000 granos y contenido de humedad de los granos, el cual fue corregido por tabla. Se determinó el rendimiento por la fórmula:

$$\text{Kg/ha} = \text{pl/m} \times \text{espigas/pl} \times \text{hileras/espiga} \times \text{granos/hilera} \times \text{P1000} \times \text{humedad (14,5\%)}$$

Resultados obtenidos y test estadístico

1- Resultado estadístico de los rendimientos obtenidos para cada híbrido:

El resultado de la prueba de Tukey HSD para el análisis de rendimiento obtenido de la comparación de los rendimientos para todos los tratamientos (sin aplicación, temprana y tardía) del híbrido Bt y no Bt no arrojó diferencias significativas entre ellos.

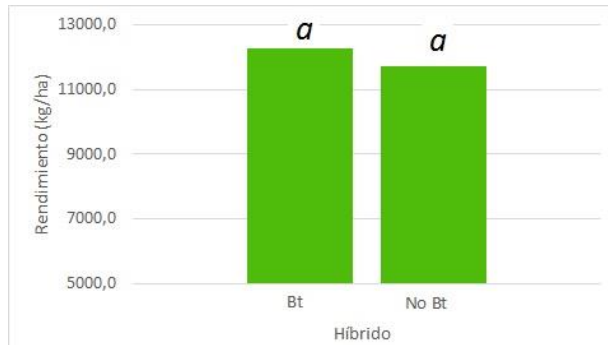


Gráfico 1: Resultado de la prueba de Tukey HSD para los dos híbridos utilizados.

2- Resultado estadístico de los rendimientos obtenidos para cada tratamiento:

La prueba de Tukey HSD para el análisis de rendimiento obtenido en la comparación de los tratamientos de control para los dos híbridos determinó que existieron diferencias significativas entre ellos.

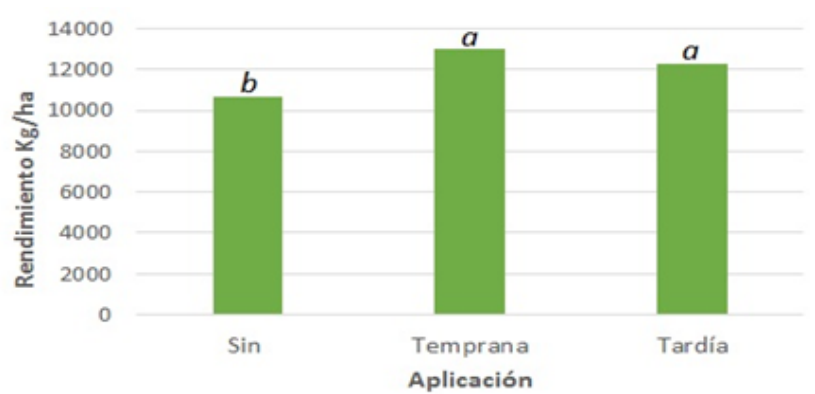


Gráfico 2: Resultado de la prueba de Tukey HSD para los distintos momentos de aplicación para los dos híbridos utilizados.

3- Análisis estadístico de los componentes de rendimiento:

La prueba de Tukey HSD mostró que no hubo diferencias significativas para el número de hileras/espiga ni para el peso de mil granos, tanto para el análisis según híbrido como para el análisis según tratamiento (sin aplicación, temprana y tardía). Lo mismo ocurrió cuando se analizó el número de granos/hilera según híbrido pero, si se encontraron diferencias significativas en este componente de rendimiento en el análisis según momento de aplicación.



Gráfico 3: Resultado de la prueba de Tukey HSD del número de granos/hilera para los distintos momentos de aplicación.



Gráfico N° 4: Rendimientos obtenidos de cada híbrido para cada momento de aplicación

Discusión de resultados

Nuestros resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la respuesta de los híbridos frente al ataque del gusano cogollero. Sin embargo, en el gráfico n° 4 se puede observar que el híbrido Bt sin aplicación obtuvo un 16,5% más de rendimiento que el híbrido no Bt con el mismo tratamiento, lo que podría coincidir con los resultados encontrados por Massoni *et al.*, (2014) quienes hallaron mayores rendimientos en maíz VT3PRO en comparación a su isohíbrido sin el evento. Hay pocos trabajos que analizan respuestas de maíz para el gusano cogollero evaluando diferencias de rendimiento, y varios determinan porcentaje de plantas dañadas. Szwarc *et al.* (2015) demostraron que los maíces VT3PRO resultaron ser los menos afectados en defoliación en V₄ por *S. frugiperda* con un 6,25% de daños, en comparación a otras tecnologías frente a esta plaga y un no Bt. Similares resultados fueron obtenidos por Pérez (2015), donde la incorporación de eventos de control permitió al cultivo defenderse frente al gusano cogollero, y la tecnología VT3PRO fue la de mejor eficacia, con solo un 5% de daños obtenidos, mientras que los materiales convencionales fueron significativamente más atacados por *S. frugiperda*.

Las aplicaciones produjeron un efecto positivo sobre el rendimiento. Los híbridos aplicados con Spinosad tuvieron mayor rendimiento que los no tratados. Hay que destacar que, a pesar de no producirse diferencias significativas entre el tratamiento tardío y temprano, se observó un 7% más de rendimiento en el tratamiento aplicado de manera temprana (V₃-V₄) contra el tratamiento tardío. Este resultado puede generar otra mirada desde el punto de vista económico, lo que habría que analizar en trabajos posteriores.

Por último, en cuanto al estudio de los componentes de rendimiento, la bibliografía no provee un análisis de estas variables como se ha realizado. En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas para los híbridos Bt y no Bt, en ningún componente de rendimiento (hileras espiga⁻¹, granos hilera⁻¹ y peso de mil). Coincidiendo con Massoni *et al.* (2014) quienes midieron la respuesta del peso de mil granos en híbridos Bt y no Bt frente al gusano cogollero, sin encontrar diferencias significativas. En cuanto al número de hileras espiga⁻¹, esto puede deberse a que se encuentra fundamentalmente determinado por el genotipo, que es el mismo para los dos híbridos. Con el número de granos espiga⁻¹ no ocurrió lo mismo, ya que está mayormente dado por la influencia ambiental que gobernado por genotipo, siendo el aplicado temprano el de mejor respuesta (Gráfico n°3), lo cual ratifica la validez de la técnica de monitoreo para determinar el momento oportuno de control.

Análisis del impacto económico

En el cuadro 1, se comparan las dos prácticas lógicas que realizaría el productor (sin tener en cuenta otros gastos como comercialización, cosecha, labores de siembra. Solo se comparan el uso de la distinta tecnología de semilla y la aplicación de insecticida de acuerdo a los rendimientos obtenidos). Estas prácticas son: 1) utilizar semilla con el evento frente a *Spodoptera frugiperda*, lo cual justifica el no tratamiento químico para combatir a la plaga, en comparación a 2) la utilización de semilla híbrida sin el evento, con aplicación en el momento correcto (el llamado “temprano” con la visualización de roído foliar).

Como vemos a continuación, existe una diferencia de 186 U\$S/ha entre cada uno.

Precio Tonelada/ha Maíz Diciembre 2015 = 114 U\$S

	CASO 1 (Bt)	CASO 2 (no Bt)
Semilla (U\$S/ha)	200	150
Monitoreo (U\$S/ha)	-	8
Aplicación (U\$S/ha)	-	12,04
Spinosad (U\$S/ha)	-	16,8
Rendimiento (Tn/ha)	11,665	13,186
(U\$S/ha)	200	178,84
(U\$S/ha)	1330	1503
Diferencia (U\$S/ha)	1130	1324

Caso 2 – Caso 1 = 186 U\$S/ha

Al analizar los dos casos, hay una diferencia de 186 U\$\$/ha a favor de la utilización de semilla híbrida sin el evento, con aplicación en el momento correcto. Esto no es un dato menor, ya que en la realidad del productor esta diferencia notoria impacta en su rentabilidad por hectárea, mejorando el margen bruto de la actividad.

Conclusiones

Para nuestros datos obtenidos, podemos concluir que no hay diferencia de rendimiento entre las tecnologías Bt y no Bt. Se puede notar solo un 16,5% más de rendimiento para los maíces Bt en la comparación del tratamiento no aplicado con el no Bt, cuya diferencia se reduce al 3% a favor del híbrido no Bt, al comparar sus rendimientos en los tratamientos con aplicación tanto temprana como tardía.

Con respecto al momento de control de la plaga, podemos decir que es recomendable la técnica de monitoreo para determinar el momento óptimo de control de *Spodoptera sp.* Si bien no hubo diferencias estadísticas en rendimiento entre el tratamiento con aplicación temprana y tardía, se dio 7% más de rendimiento en el híbrido No Bt aplicado temprano (V_3-V_4) contra el aplicado tardío, por lo cual deberían realizarse más trabajos de investigación para confirmar este momento, ya que también se dio un mayor número de granos hilera⁻¹ en ese instante de control.

En cuanto al impacto económico, al analizar las distintas prácticas que podría realizar el productor, caso 1: Bt sin aplicación y caso 2: no Bt con aplicación oportuna, podemos decir que la diferencia obtenida entre ambas prácticas (186U\$\$/ha) impacta directamente en la rentabilidad del productor. En base a los resultados del margen bruto obtenidos, se concluye que es más rentable utilizar semilla no Bt, junto con la aplicación de Spinosad en el momento oportuno para el control del gusano cogollero en maíz.

Actividades complementarias

El presente trabajo fue presentado en el marco de las XV Jornadas Fitosanitarias, llevadas a cabo por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Litoral en la ciudad de Santa Fe, Provincia de Santa Fe, los días 6, 7, 8 de Octubre de 2015 bajo la denominación “Evaluación del monitoreo y estudio del comportamiento de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) Convencionales y Genéticamente Modificados.”

Bibliografía

ALONSO ALVAREZ, R. 1991. Reseña histórica y aspectos bioecológicos del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp., ed.) Calí, Colombia 96p. Pag. 12-14.

ARTIGAS, J. N. 1994. Entomología Económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos). Edic. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. Vol. II. 943 páginas.

CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, v. 26, p. 407-410, 1997.

FRANA, J.; IMWINKELRIED, J. 2002. Evaluación del daño provocado por la isoca cogollera, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz en diferentes épocas de siembra. EEA INTA Rafaela. Proyecto 52-2102. En: Taller de discusión sobre Spodoptera. Nov.2003. Bs.As. Pioneer- Dow AgroSciences.3p.

HARLAN, J. R. 1975. Crops & Man. Madison: ASA / CSSSA, 1975. 295 p.

IANNONE, F. 2010. Isoca militar o cogollera (*Spodoptera frugiperda*). EEA INTA Pergamino.

MASSONI F.A., SCHLIE, G., FRANA J.E. 2014. Evaluación del daño causado por insectos lepidópteros en híbridos de maíz bt (VT triple pro y MG) y convencional, y determinación del impacto sobre el rendimiento. EEA INTA Rafaela.

MOLINA OCHOA, J., J. E. CARPENTER, E. A. HEINRICHS & J. E. Foster. 2003. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. Florida Entomologist 86: 254-289.

MURILLO, A. 1991. Distribución, importancia y manejo del complejo Spodoptera en Colombia. In Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp., ed.) Calí, Colombia 96p. Pag. 15-23.

MURÚA, G. & E. VIRLA. 2004. Populational parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). A laboratory study. Acta Zoológica Mexicana, (nueva serie.) 20: 199-210.

NEGRETE BARON, F., MORALES ANGULO, J. 2003. El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith). Cartilla ilustrada No. 3, Cooperación Técnica CORPOICA, Universidad del Sinú, Colombia.

PERDIGUERO, J. S., J. M. BARRAL & M. V. de STACUL. 1967. Aspectos biológicos de plagas de maíz de la región chaqueña. Evaluación de daño. INTA, Boletín Estación Experimental Agropecuaria, Presidencia Roque Saenz Peña. 46: 30 pp.

PEREZ, D. 2015. Resistencia transgénica a lepidópteros: una alternativa para maximizar el rendimiento y la calidad forrajera en híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Trabajo Final de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

PINEDA, S., SCHNEIDER, M. I., MARTINEZ, A. M. 2007. El Spinosad, una alternativa para el control de insectos plaga. Ciencia Nicolaita No. 46: 29-42.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Technol. Spec. Rep., 48 p.

SIFUENTES, J. A., MORAN C. & LOPEZ, S. 1971. Plaga importante. El gusano cogollero del maíz. Avance Agrícola y Ganadero 2: 38-47.

SOSA, M. A. 2002 c. Daño producido por *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep., Noctuidae) sobre el rendimiento del cultivo de maíz en siembra directa, según tiempos de exposición a la plaga. INTA, Centro Regional Santa Fe, Estación Experimental Agropecuaria Reconquista, Información para extensión (70): 46-52.

SZWARC, D., VITTI, D., ALMADA, M. 2015. Evaluación de daño del Gusano Cogollero y Gusano de la Espiga en híbridos de maíz transgénico en el norte de Santa Fe. EEA INTA Reconquista - CONICET.

VALVERDE, L., Z. A. de TOLEDO & S. POPICH. 1995. Ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lep. Noctuidae). Acta Zoológica Lilloana 43: 131-143.

WILLINK, E.; V. M. OSORES y M. A. COSTILLA. 1991. El gusano "Cogollero": nivel de daño económico. Avance Agroindustrial. 12(46):25-26.

WILLINK, E.; V. M. OSORES y M. A. COSTILLA. 1993. Daños, pérdidas y niveles de daño económico por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. Rev. Ind. y Agric. de Tucumán 70 (1-2): 49-52.