

## **Resistencia transgénica a lepidópteros: una alternativa para maximizar el rendimiento y la calidad forrajera en híbridos de maíz (*Zea mays* L.).**

Pérez DA<sup>1</sup>, García Stepien LE.

### **<sup>1</sup> Resumen Trabajo Final de Grado, Ingeniero Agrónomo**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires. Argentina. E-mail: [perezdiego\\_10@yahoo.com.ar](mailto:perezdiego_10@yahoo.com.ar)

### **Importancia del maíz para silaje en nuestro país y aparición de los OGM**

El desplazamiento de la actividad ganadera hacia zonas marginales obliga a los productores a maximizar la producción de forraje por unidad de superficie sin perder de vista su calidad nutricional. En este contexto, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para silaje cobra relevancia por presentar varias cualidades que lo aventajan frente a otros cultivos factibles de ensilar, destacándose el rendimiento en materia seca por unidad de superficie, el alto valor nutritivo y elevado contenido de azúcares solubles fermentables. El MAGyP, a través del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA), estimó que durante la campaña 2015/16 se implantaron 5.319.410 has de maíz en la Argentina. Datos de la Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros indican que la superficie estimada de maíz para silaje fue en dicha campaña del 19,7% de la superficie total del cultivo, siendo el 55,8% destinada a la producción lechera, mientras que el 44,2% restante tuvo como destino la producción de carne.

La inclusión en el sistema productivo de materiales transgénicos con protección contra lepidópteros, permitió la reducción del uso y manipuleo de insecticidas, un control más efectivo evitando un constante monitoreo del cultivo, reducción de fungosis y micotoxinas asociadas, inocuidad sobre insectos benéficos y vertebrados e independizar la fecha de siembra del ciclo del insecto posibilitando las siembras tardías (Rossi, 2007). También es importante destacar que la adopción de este tipo de biotecnologías, al proteger la caña del daño causado por *Diatraea saccharalis* (DS) brinda la posibilidad de esperar el secado del grano en planta, permitiendo ahorrar el costo del acondicionamiento del grano.

La capacidad de los cultivos Bt de resistir el ataque de insectos está dada por las proteínas Cry codificadas por los genes de *Bacillus thuringiensis* (Bt) introducidos en su genoma. Estas proteínas son altamente específicas para su "insecto blanco", son inocuas para los humanos y otros vertebrados y completamente biodegradables (Schnepf *et al.*, 1998; OECD 2007; Soberón *et al.*, 2009; CERA 2010). Cuando las larvas consumen tejidos, ingiriendo estas proteínas, se libera la delta-endotoxina, que se une a las células intestinales creando poros. Esto conduce a un desbalance de iones y a la parálisis del sistema digestivo que provoca la muerte de la larva en pocos días. Durante la campaña 2013/14, el 95% de la superficie sembrada con maíz se realizó con materiales transgénicos (ArgenBio, 2014).

La eficacia de los eventos, puede verse limitada por la capacidad de los insectos blanco de desarrollar resistencia. Durante la campaña 2013/14, el INASE (*mediante la resolución 328/13*) restringió la siembra de especies hospederas de lepidópteros en el Departamento de Ayacucho (NE de San Luis) y sus zonas de influencia debido a un incremento significativo en los ataques de *DS* en híbridos Bt portadores de las proteínas Cry2Ab2, Cry1A.105 y Cry1F. Una situación similar fue registrada por la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU. (EPA), quien comunicó durante la campaña 2011/12 la posible aparición de resistencia por parte de lepidópteros a híbridos Bt portadores del gen CryBb1, en diferentes zonas de Iowa, Illinois, Minnesota y Nebraska. Pero éste no es el primer antecedente de lepidópteros resistentes en híbridos Bt en Norteamérica. En 2008, Huang *et al.* comunicaron casos de resistencia por *D. saccharalis* en los estados de Texas y Louisiana. En cuanto a *S. frugiperda*, Buntin *et al.* (2001); Sosa y Vitti Scarel (2004) y Massoni *et al.* (2014) afirman la aparición de individuos resistentes, así como también una diferencia en el grado de control de este lepidóptero por parte de los distintos eventos.

### **Importancia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) y *Diatraea saccharalis* (Fabricius) en el cultivo de maíz**

El gusano cogollero o isoca militar tardía *Spodoptera frugiperda* (*SF*) es sin dudas la plaga de mayor impacto económico en la región norte de nuestro país, afectando al cultivo de maíz en cualquier fecha de siembra, mientras que en la región pampeana lo es especialmente para las siembras tardías, causando reducciones del rendimiento de hasta un 20% (Sosa, 2014).

*Diatraea saccharalis* (*DS*) es la plaga de mayor impacto económico en la región pampeana de la Argentina y ocasiona pérdidas que superan en promedio los 150 millones de dólares anuales (Iannone, 2004). Ésta es descrita como un problema para el cultivo de maíz desde 1940 (Roe *et al.*, 1981); registrándose en datos previos al 2001 ataques en 1 de cada 2 a 5 lotes de maíz convencional. En la actualidad, su distribución abarca desde el norte del país hasta el sur de las provincias de Buenos Aires y La Pampa (Parody, 2011).

### **El maíz Bt y su relación con la aptitud forrajera**

Antes de describir la influencia de los transgénicos sobre el rendimiento y la calidad forrajera es importante reforzar algunos conceptos. Cuando se hace referencia a la "aptitud forrajera" de los híbridos, se alude al conjunto de propiedades cualitativas y cuantitativas: puntualmente al rendimiento, la calidad nutritiva y su capacidad para ser ensilado. Al considerar el rendimiento, es necesario expresarlo en contenido de materia seca (%MS), debido a que dentro del volumen de materia verde puede existir contenido variable de agua; mientras que la calidad nutritiva consideraremos cuánto de la materia seca que provee el alimento será digerido en el tracto gastrointestinal del animal y qué capacidad tendrá para aportar energía y proteínas. La calidad de un forraje puede ser representada a partir de la estimación de la digestibilidad de la materia seca, la cual no es nada menos que la proporción de alimento consumido que no se excreta en las heces y por lo tanto se considera absorbido. La célula vegetal puede ser dividida en dos fracciones: la correspondiente al contenido celular (digestible casi totalmente) y la perteneciente a la pared celular, cuya digestibilidad varía en función a la proporción de sus tres constituyentes principales: celulosa, hemicelulosa y lignina (Bassi, 2007).

Según Saxena y Stotzky (2001), el contenido de lignina de los híbridos de maíz Bt, es un 33 a 97% mayor que la de sus respectivos isohíbridos No Bt, registrándose diferencia entre los diferentes eventos que aportan la resistencia a lepidópteros. Algunos autores (Reddy, 1984; Ostrander y Coors, 1997; Tovar-Gómez *et al.*, 1997; Masoero *et al.*, 1999), encontraron en Europa que este aumento en el contenido de lignina puede proporcionar mayor resistencia al ataque de *Sesamia nonagrioides* y *Ostrinia nubilalis* (lepidópteros que causan daños similares a *D. saccharalis* en cultivos de maíz en dicha región) al reducir la susceptibilidad a la formación de galerías y retardar la descomposición por microorganismos. Dichos resultados se contraponen a los de Jung y Sheaffer (2004), quienes afirman que no se registra diferencia en la digestibilidad entre los híbridos Bt y los No Bt.

Sin embargo, cuando el destino del maíz es el silaje, el aumento en el contenido de lignina va en detrimento de la calidad forrajera: la lignina es casi indigerible y su presencia puede inhibir total o parcialmente la digestión de los otros constituyentes orgánicos digestibles (celulosa y hemicelulosa); por lo que podría esperarse que la digestibilidad sea afectada por la variación en la concentración de lignina y por la asociación de lignina con celulosa y hemicelulosa (Bertoia, 2007). Si se tiene en cuenta que la fracción vegetativa de la planta genera entre el 50 al 70% del Rendimiento en Materia Seca (RMS) del material a ensilar (García Stepien, 2012) el impacto de un mayor contenido de lignina en los órganos vegetativos en los híbridos Bt podría ser perjudicial para su aptitud forrajera.

### **Materiales y métodos**

Sobre la base de su rendimiento y calidad forrajera se evaluaron dos grupos de tratamientos: 1- Bt: incluyendo 11 genotipos con distintas biotecnologías para el control de lepidópteros (MaízGard, VT-triple-Pro, TD-Max, Vipteral, Vipterall, Herculex y Powercore) y 2- No Bt: 6 genotipos convencionales, isohíbridos de los Bt utilizados. El ensayo se realizó durante la campaña 2013/14 en el campo experimental de la F.C.A.-U.N.L.Z. ubicado en localidad bonaerense de Virrey del Pino, partido de La Matanza (34° 49' 59,45" S; 58° 43' 17,98" O), perteneciente a la cuenca lechera Abasto sur. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados, cada parcela experimental consistió de 2 surcos de 10m x 0.5m a una densidad final de 80.000 pl/ha. La siembra fue tardía (10/12/2013) para coincidir con la mayor densidad poblacional de lepidópteros. Se realizó una fertilización base con 150 kg/ha de fosfato diamónico y se efectuó el control químico de malezas para evitar que éstas interfirieran en el normal desarrollo del cultivo. Por estimación visual se determinó el porcentaje de plantas atacadas por *SF* en el estadio V10 de la escala de Ritchie y Hanway (1982).

### **Mediciones**

Se cosecharon 10 plantas al azar por parcela cuando el contenido de materia seca (MS) de la planta completa alcanzó la ventana óptima de cosecha para ensilar (30–40%). Para obtener datos de cada fracción vegetal de la planta, se separó manualmente la espiga ( $E$ ) del componente caña+hojas ( $C+H$ ). Se determinaron las siguientes variables: altura de planta (ALT), rendimiento de materia seca de caña+hojas ( $RMS_{C+H}$ ) y de espiga ( $RMS_E$ ). Sobre ambas fracciones se realizaron las siguientes determinaciones de calidad mediante espectroscopía infrarroja (NIRS): digestibilidad *in vitro* (Div), contenido de fibra (FDA y FDN), lignina ( $LDA_{C+H}$ ). También se calculó el rendimiento de materia seca digestible de cada fracción ( $RMSD_{C+H}$  y  $RMSD_E$ ). Luego se vincularon estos valores mediante el Índice de Espiga [ $IE = \text{espiga} / (\text{espiga} + (\text{caña} + \text{hojas}))$ ] para obtener los valores de planta completa ( $p_c$ ). Durante la cosecha se trozaron 10 plantas de cada material para evaluar la presencia de galerías de *DS*, así como su longitud, número de orificios de salida y presencia o no

de larva. Para la resolución de todos los procedimientos estadísticos descriptos se empleó el programa Statistix versión 8.0

### Resultados y discusión

El ANOVA (Tabla I) mostró diferencias significativas al 5% para: RMSE, RMSDE, RMSPC y RMSDPC, donde los híbridos No Bt se vieron superados por los Bt.

**Tabla I.** Análisis de varianza de las variables asociadas a la producción forrajera: rendimiento de materia seca de espiga (RMS<sub>E</sub>), de caña + hojas (RMS<sub>C+H</sub>), de planta completa (RMS<sub>PC</sub>), rendimiento de materia seca digestible de espiga (RMSD<sub>E</sub>), de caña + hojas (RMSD<sub>C+H</sub>) y de planta completa (RMSD<sub>PC</sub>).

Grupo	RMS <sub>E</sub>	RMS <sub>C+H</sub>	RMS <sub>PC</sub>	RMSD <sub>E</sub>	RMSD <sub>C+H</sub>	RMSD <sub>PC</sub>
Bt	15879 A*	8497.2 A	24876 A*	13695 A*	3713.0 A	17408 A*
No Bt	14713 B*	7872.4 A	22806 B*	12677 B*	3415.8 A	16092 B*

Medias con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes. \* Significativo al 5%.

De acuerdo a los resultados, la incorporación de tecnología Bt en los híbridos estudiados se tradujo en un aumento significativo en el rendimiento. El RMS<sub>PC</sub> y RMSD<sub>PC</sub> de los híbridos Bt fue un 7% superior al del grupo No Bt; fundamentalmente por el incremento en el componente espiga. El grano es el componente más digestible de la planta (Div 85%), respecto de la fracción vegetativa cuya Div ronda el 60% (Bertoia, 2008); el incremento en la fracción espiga representa una mayor cantidad y calidad de forraje a ensilar. Los resultados obtenidos coinciden con lo encontrado por Gianessi et al., 2002; Demont y Tollens, 2004; Videla y Roca, 2005; Damen et al., 2005; Vallone et al., 2007; Gómez-Barbero et al., 2008; Carpenter, 2010; Riesgo et al., 2012; Areal et al., 2013) donde la utilización de híbridos Bt en ensayos donde se evaluó la producción de granos permitió un aumento de los rendimientos respecto a los híbridos No Bt. Los datos de la Tabla I muestran que los híbridos Bt produjeron un RMSD<sub>PC</sub> 1316 KgMSD/Ha superior al de los híbridos No Bt; lo que representa el alimento necesario para producir 1903 L de leche o bien 248 kg de carne. Si bien el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas, se observó una tendencia a presentar menores valores de RMS<sub>C+H</sub> por parte de los híbridos No Bt, junto con una menor ALT cuando se comparaban las mismas bases genéticas con y sin evento, lo cual contribuye a explicar el menor RMS<sub>PC</sub> del grupo No Bt. No se registraron diferencias significativas en las variables asociadas a la calidad forrajera entre ambos grupos (Tabla II), lo cual se corresponde con lo encontrado por Faust (1999) y Jung y Sheaffer (2004) quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de lignina cuando compararon híbridos con y sin tecnología Bt; de manera que la incorporación de eventos Bt no afectó la calidad forrajera de los híbridos. Por otro lado nuestros resultados no coinciden con los encontrados por Saxena et al. (2001) y Poerschmann et al. (2004) quienes hallaron diferencias en el contenido de lignina entre ambos grupos, siendo éste superior en los híbridos Bt. Estos autores concluyeron que el mayor contenido de lignina se debe a efectos pleiotropicos, que produce una alteración en su biosíntesis.

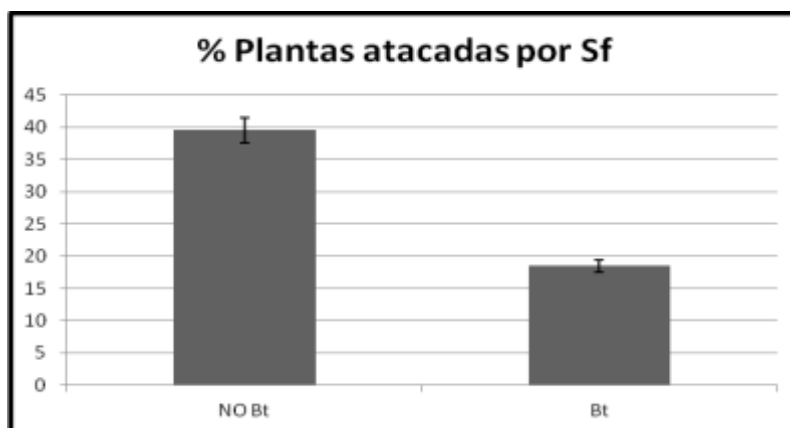
**Tabla II.** Análisis de varianza de las variables asociadas a la calidad forrajera: FDN<sub>C+H</sub>, DFDN<sub>C+H</sub>, Div<sub>C+H</sub>, LDA<sub>C+H</sub>, FDN<sub>E</sub>, FDA<sub>E</sub> y Div<sub>E</sub>.

Grupo	FDN <sub>C+H</sub>	DFDN <sub>C+H</sub>	FDAC+H	Div <sub>C+H</sub>	LDA <sub>C+H</sub>	FDN <sub>E</sub>	FDA <sub>E</sub>	Div <sub>E</sub>
Bt	72,17 A	30,16 A	39,75 A	43,85 A	6,07 A	22,74 A	8,37 A	86,09 A
No Bt	72,65 A	30,86 A	40,65 A	43,57 A	5,95 A	23,55 A	8,64 A	85,94 A

Medias con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes.

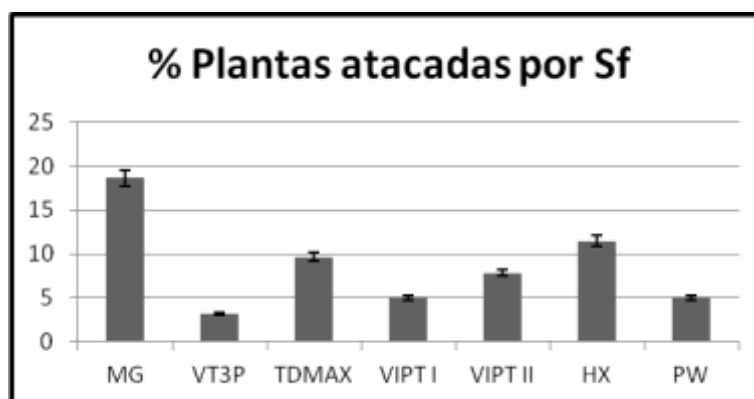
### Estimación de daño por *Spodoptera frugiperda*

El análisis de varianza no paramétrico realizado arrojó diferencias significativas (1%): los híbridos No Bt fueron un 21% más atacados (Grafico 1). La estimación visual de *S. frugiperda* coincide con los resultados de Buntin *et al.* (2001); Sosa y Vitti Scarel (2004), Parody (2011) y Massoni *et al.* (2014) ya que se encontró resistencia por parte de la plaga.



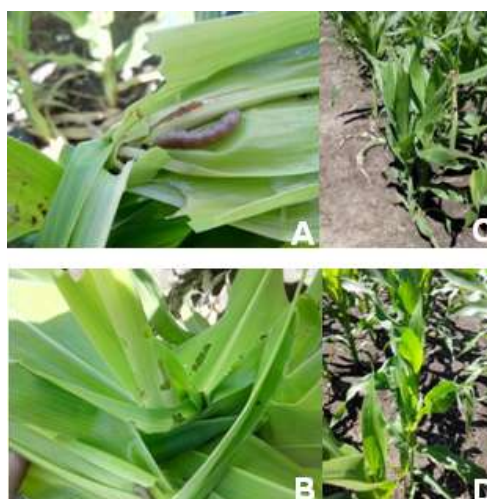
**Gráfico 1.** Porcentaje promedio de plantas atacadas por *S. frugiperda* en los híbridos Bt y No Bt.

Los híbridos No Bt fueron significativamente más atacados por *S. frugiperda*, de manera que la incorporación de eventos con resistencia a lepidópteros permitió al cultivo defenderse ante el ataque severo de la plaga, lo que coincide con lo observado por Buntin *et al.* (2001) y Massoni *et al.* (2014) quienes al evaluar el daño por *S. frugiperda* en híbridos Bt y No Bt registraron daños significativamente mayores en los híbridos sin protección contra lepidópteros. De todas maneras, existió un comportamiento dispar entre las tecnologías en cuanto a la efectividad en el control de *S. frugiperda* (Grafico 2). Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Massoni *et al.* (2014), quienes obtuvieron una mayor eficacia en el control de *S. frugiperda* en los híbridos VT3P respecto de los híbridos MG, aunque ambos fueron significativamente menos dañados que los híbridos No Bt. Posiblemente, la diferencia en el grado de control de estas dos tecnologías Bt se deba a que los híbridos VT3P involucran más de un tipo de toxina (cry3Bb1, cp4-epsps, cry1A.105 y cry2Ab), a diferencia de la tecnología MG, quien produce un solo tipo de toxina (cry1Ab); haciéndolo más vulnerable al ataque de *S. frugiperda*.



**Gráfico 2.** Efectividad en el control de *S. frugiperda* de las distintas tecnologías Bt utilizadas expresado mediante el porcentaje promedio de plantas atacadas.

En la Fig. 1 se observa en detalle el ataque sobre el cogollo y los daños generales producidos por *S. frugiperda*.



**Figura 1.** Plantas atacadas por *S. frugiperda*: A y B Detalle del daño en las láminas, donde permanece la larva. C y D Aspecto general de las plantas atacadas.

### Estimación de daño por *Diatraea saccharalis*

No se registró daño por parte de *D. saccharalis* en los híbridos Bt, a diferencia de lo observado en los híbridos No Bt, donde se encontró un promedio de 1,43 galerías/planta, cuya longitud promedio alcanzó los 8,58 cm. Estos resultados coinciden con Massoni (2014) quien no registró daños en los híbridos Bt. Sin embargo, Cometti (2011) observó casos de resistencia por parte de *D. saccharalis* al registrar daños en híbridos Bt; pese a esto, destacó que los portadores de biotecnología Bt fueron sensiblemente menos atacados que los híbridos No Bt.



**Figura 3.** Desempeño del híbrido M 510 con y sin tecnología Bt: (Izq) material convencional, (Centro) con tecnología PW y (Der) con tecnología HX. El material convencional presenta varias galerías de *D. saccharalis* a diferencia de los Bt que no fueron atacados.



**Figura 4.** Detalle de las galerías y la presencia de la larva de *D. saccharalis* en el híbrido DK 747 convencional y DK 670 convencional.

El número de orificios promedio por planta fue 1,55. El 52% de las plantas atacadas registraron presencia de al menos una larva de *D. saccharalis*. Los datos obtenidos guardan relación con lo encontrado por Serra y Trumper (2006), quienes al relacionar el número de orificios con la fecha de siembra encontraron un bajo número de éstos para las siembras de diciembre. Este hecho puede asociarse al ciclo biológico de la plaga, la cual pasa el invierno como larva invernante (Iannonne, 2001), de manera que al empupar dentro de la caña el número de perforaciones de salida se verá reducido.



**Figura 6.** Vista del tallo cortado a la altura del primer nudo. (Izq) Material Bt. (Der) Material convencional con galería de *D. saccharalis*. Es allí donde la larva invernante permanece durante la estación fría.

## Conclusión general

La utilización de híbridos Bt con destino forrajero no sólo mejora los rendimientos, sino que a su vez favorece la calidad forrajera. Dicha mejora se debe al incremento en el rendimiento de materia seca digestible de planta completa, a partir de la mejora en el rendimiento de la fracción espiga. Su incorporación en el esquema productivo optimiza la producción de forraje y permite al cultivo desarrollarse con normalidad ante el eventual ataque de lepidópteros plaga, con una total efectividad en el control de *Diatraea saccharalis* (Fabricius), aunque no así sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith), sobre la cual existe un comportamiento superior al de los híbridos No Bt, pero registrándose resistencia por parte de la plaga. La resistencia, evaluada de manera indirecta a través del porcentaje de plantas atacadas, varió según la tecnología en cuestión: dentro de los híbridos Bt se destacó el desempeño de las tecnologías VT-triple-Pro, Viptera I y Powercore en las cuales el número de plantas atacadas no superó el 5%.

Para generar información concluyente, sería apropiado incorporar un mayor número de evaluaciones, puesto que diferentes condiciones de cultivo pueden no solo influir en la aptitud forrajera de los híbridos sino que también en el ciclo biológico de las plagas. La exposición de las tecnologías a poblaciones de lepidópteros diversas y a distintos niveles de presión de selección, pueden impactar en los niveles de resistencia detectados. De todas maneras, los resultados obtenidos permiten hacer un primer acercamiento acerca de la influencia de la tecnología Bt al rendimiento y la calidad forrajera.

## Bibliografía

Areal, F. J.; Riesgo, L.; Rodríguez-Cerezo, E. 2013. Economic and agronomic impact of commercialized GM crops: a meta-analysis. *Journal of Agricultural Science*, 151: 7-33

ArgenBio, ASA, Casafe. 2014. Tecnologías para una agricultura sustentable. *Biología Agrícola*, 72 p.

Bassi T. 2007. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. UNLZ-FCA- Laboratorio NIRS. Nota Técnica. <http://www.cerealesyforrajes.com.ar/TechNotes/PDF/TechNote03.PDF>

Bertoia LM. 2007. Híbridos de maíz para silaje. UNLZ-FCA- Laboratorio NIRS. Nota Técnica. <http://www.cerealesyforrajes.com.ar/TechNotes/PDF/TechNote07.PDF>

Bertoia LM. 2008. Diferencias básicas entre maíces graníferos y forrajeros. UNLZ-FCA- Laboratorio NIRS. Nota Técnica. <http://www.cerealesyforrajes.com.ar/TechNotes/PDF/TechNote16.PDF>

Buntin GD, Lee RD, Wilson DM, McPherson RM. 2001. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. *Florida Entomologist* 84(1):37-42.

Carpenter JE. 2010. Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nature Biotechnology*, 28: 319-321.

CERA. 2010. Revisión de la seguridad ambiental de la proteína Cry1Ac: [http://ceragmc.org/docs/cera\\_publications/pub\\_04\\_2011.pdf](http://ceragmc.org/docs/cera_publications/pub_04_2011.pdf)

Cometti ME. 2011. "PowerCore® Eficacia en *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) bajo condiciones de campo en Argentina".

[http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh\\_08aa/0901b803808aa4a1.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/&fromPage=GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_08aa/0901b803808aa4a1.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/&fromPage=GetDoc)

Damen DA, Spinollo M, Malmantile A, Rossi J. 2005. Barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*). Comparación entre híbridos convencionales y transgénicos. EEA INTA Venado Tuerto. Revista "Para Mejorar la Producción". Maíz 2005, N° 29

Demont M, Tollens E. 2004. First impact of biotechnology in the EU: Bt maize adoption in Spain. *Annals of Applied Biology*, 145: 197-207.

Faust MA. 1999. Research update on Bt corn silage. In Proceedings of the Four-State Applied Nutrition and Management Conference. MWPS-4SD5. Iowa State University, Ames, Iowa, USA.

García Stepien LE. 2012. Distribución vertical del rendimiento y la calidad forrajera en el componente vegetativo de la planta de maíz (*Zea mays* L.). Tesis para optar al Grado Académico de Magister en Ciencias Agrarias y Forestales Mención: Producción Vegetal. UNLP Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Gómez-Barbero M, Berbel J, Rodríguez-Cerezo E. 2008. Bt corn in Spain – the performance of the EU's first GM crop. *Nature Biotechnology*, 26: 384-386.

Gianessi LP, Silvers CS, Sankula S, Carpenter JE. 2002. Plant biotechnology: Current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture. An analysis of 40 case studies. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington, DC.

Iannone N. 2004. Servicio de alerta sobre *Diatraea* su importancia en la tecnología de control para cultivos de maíz y sorgo. *IDIA XXI. A. 4, (6)*.

Jung HG, Sheaffer CC. 2004. Influence of Bt Transgenes on Cell Wall Lignification and Digestibility of Maize Stover for Silage. *Crop Sci.* 44(5):1781-1789.

Masoero F, Moschini M, Rossi F, Prandini A, Pietri A. 1999. Nutritive value, mycotoxin contamination and in vitro rumen fermentation of normal and genetically modified corn (Cry1A(B)) grown in northern Italy. *Maydica* 44: 205–209.

Massoni FA, Schlie G, Frana JE. 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. X Congreso Nacional de Maíz.

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

Leiva PD. 2014. Oruga militar tardía *Spodoptera frugiperda*, una plaga de los maíces tardíos. EEA INTA Pergamino.

OECD. 2007. Consensus Document on Safety Information on Transgenic Plants Expressing *Bacillus thuringiensis* — Derived Insect Control Protein. Serie sobre la armonización de la supervisión regulatoria en Biotechnology, n° 42. París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Ostrander BN, Coors JG. 1997. Relationship between plant composition and European corn borer resistance in three maize populations. *Crop Science* 37: 1741–1745.

Parody PB. 2011. Caracterización espacial y temporal de la estructura genética del primer insecto blanco del maíz transgénico Bt en Argentina, el barrenador *Diatraea saccharalis* (Fabricius). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA.

Poerschmann J, Gathmann A, Augustin J, Langer U, Gorecki T. 2005. Molecular composition of leaves and stems of genetically modified Bt and near-isogenic non-Bt maize—characterization of lignin patterns. *J Environ Qual.* 34(5): 1508-1518.

Reddy CA. 1984. Physiology and biochemistry of lignin degradation. In M. J. Klug and C. A. Reddy [eds.], *Current perspectives in microbial ecology: proceedings of the Third International*

Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 3 (2) 2016: 8-17

Symposium on Microbial Ecology, 558–571. American Society for Microbiology, Washington, D.C., USA.

Roe RM, Hammond AM, Reagan TE, Hensley SD. 1981. A Bibliography of the Sugarcane Borer *Diatraea saccharalis* (Fabricius), 1887-1980. New Orleans, U.S. Agricultural Research Service (Southern Region), U.S. Department of Agriculture.

Riesgo L, Areal FJ, Rodríguez-Cerezo E. 2012. How can specific market demand for non-GM maize affect the profitability of Bt and conventional maize? A case study for the middle Ebro Valley, Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10: 867-876.

Rossi D. 2007. Evolución de los cultivares de maíz utilizados en la Argentina. *Revista de extensión agropecuaria Agromensajes*. Núm. 22. UNR.

Saxena D, Stotzky G. 2001. Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. *American Journal of Botany*. 88(9): 1704–1706. 2001.

Schnepf E, Crickmore N, Van Rie J, Lereclus D, Baum J, Feitelson J, Zeigler DR, Dean DH. 1998. "Bacillus thuringiensis and Its Pesticidal Crystal Proteins." *Microbiology and Molecular Biology Reviews Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 62(3): 775-806.

Serra G, Trumper EV. 2004a. Cálculo del Nivel de Daño Económico del barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*) en maíz. *Información Técnica*, (6).

Serra G, Trumper EV. 2004b. Influencia de los daños provocados por el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*) en maíz sobre el rendimiento por planta. Modelos bioeconómicos para la toma de decisiones de manejo de plagas ISSN. 1668-9410. 1(5): 1-4 <http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodveg/entomo/bioeco5.htm>.

Soberon M, Gill SS, Bravo A. 2009. Signaling versus punching hole: How do *Bacillus thuringiensis* toxins kill insect midgut cells? *Cell Mol Life Sci* 66(8): 1337-49.

Sosa MA. 2001. Daño por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz bajo siembra directa en diferentes épocas en el noreste santafesino.

Sosa MA, Vitti Scarel DE. 2001. Impacto del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en maíces Bt en el norte santafesino. Universidad Nacional del Nordeste. *Comunicaciones científicas y tecnológicas* 2004. Resumen A-20.

Tovar-Gomez MR, Emile JC, Michalet-Doreau B, Barriere Y. 1997. In situ degradation kinetics of maize hybrid stalks. *Animal Feed Science and Technology* 68: 77–88.

Vallone P, Gudelj V, Galarza C, Masiero B. 2007. Ensayo comparativo de rendimiento de maíz en siembra de segunda. Campaña 2006/2007. Informe de actualización técnica. EEA Marcos Juárez, (5).

Videla G, Roca C. 2005. Maíz BT: la mejor alternativa para el control de las principales plagas del cultivo de maíz. Como hacer un correcto manejo. Charla técnica acerca del comportamiento y el manejo del maíz BT. *Información de prensa*.