



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**Tesis para acceder al título de Magister en Ciencias Agropecuarias**  
**Mención: Producción Vegetal**

*Helicoverpa zea* (Boddie, 1850): **IMPORTANCIA REGIONAL Y**  
**COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CON DIFERENTES**  
**EVENTOS BIOTECNOLÓGICOS, EN DOS FECHAS DE SIEMBRA**

Ing. Agr. Santiago Ferrari

DIRECTORA: Ing. Agr. (Dra.) Graciela Teresa Boito

Río Cuarto, Noviembre 2019

## DEFENSA ORAL Y PÚBLICA

Lugar y fecha.....

Calificación.....

### JURADO

Firma.....Aclaración.....

Firma.....Aclaración.....

Firma.....Aclaración.....

*A mis soles Paola, Julián, Agustina y Sofía*

*A mis padres, Raúl y Néida*

*“No busques el éxito así porque sí.  
Céntrate en lo que amas y persigue lo que crees.  
Es cuestión de tiempo que te toque a ti.”*

Steve Jobs

## Agradecimientos

Todo este trabajo de tesis no podría haber sido realizado sin el apoyo incondicional, la fuerza, el empuje y la paciencia, de mi esposa Paola y mis hijos Julián, Agustina y Sofía que estuvieron siempre presentes en este largo proceso.

A mi directora, Graciela, que aceptó dirigirme desde un primer momento, depositó toda su confianza en mí ya que recién llegaba a la cátedra, me acompañó y guió durante todo este recorrido, y a pesar de haberse jubilado me apoyó incondicionalmente a que lograra el objetivo.

A mis compañeros de trabajo, Diego Giovanini, Cecilia Cassano, Cecilia Crenna, Ulises Gerardo que me ayudaron incondicionalmente en la realización de los relevamientos, los ensayos, y también en mi reemplazo en la docencia mientras estaba realizando dichas tareas.

A mis amigos de Terapéutica, Jorge y Claudio, que también colaboraron en los ensayos y me aportaron desinteresadamente toda su experiencia y conocimiento en esta etapa.

A Francisco Giordano por su gran aporte y colaboración en el armado y traducción del resumen.

A Mercedes Ibañez por sus sugerencias en la parte estadística.

A Agustín Chasco, quién fue mi primer tesista y me ayudó durante un ciclo de ensayos y relevamiento.

A las empresas FocSeed S.A e Hijos de Lino Fabbroni por haberme facilitado la semilla de los híbridos probados en este trabajo.

A Carlos Calvo<sup>†</sup> (querido “bocha”) y Juan Manuel, y a HLF por haberme facilitado el lugar físico para efectuar los ensayos experimentales.

A todos los tesistas de grado de mis compañeros de trabajo que colaboraron en la realización y mantenimiento de los ensayos a campo.

A mi familia que siempre me apoyó y acompañó en todas mis decisiones.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto que me permitió acceder a una carrera de postgrado y seguir apostando en mi formación como docente y profesional.

A mis compañeros de la universidad que hacen que el trabajo diario sea agradable y distendido.

A todas las personas que de alguna manera se hicieron presentes y formaron parte en esta etapa de mi vida.

## RESUMEN

En Córdoba, el maíz (*Zea mays* L.) es el segundo cultivo estival más sembrado. *Helicoverpa zea* cobra importancia durante la etapa reproductiva del mismo, donde las larvas recién nacidas se alimentan de los estigmas, avanzando luego hacia la punta de la espiga consumiendo los granos. Este daño es frecuente en lotes de la región sudoeste de Córdoba, aunque no existen datos acerca de su intensidad y las pérdidas que ocasiona al cultivo. Se planteó como objetivos, determinar la intensidad de la plaga en dicha región y evaluar el comportamiento de eventos biotecnológicos frente a ella. Para cumplir con el primer objetivo se relevaron en total 100 lotes, 51 de siembra temprana y 49 de siembra tardía, en dos ciclos agrícolas, 2015/16 y 2016/17. Se realizó un muestreo sistemático simple en forma de V, con 10 estaciones de diez plantas consecutivas, en R6, y se determinó: prevalencia, incidencia, porcentaje de daño en espigas y pérdidas. *H. zea* presentó una prevalencia del 100%, observándose mayor incidencia y porcentaje de daño sobre los lotes de siembra temprana. Los valores de pérdidas regionales cuantificados fueron bajos, así en lotes de siembra temprana fueron menores al 4% y en lotes de siembra tardía menores al 1,5%. Para evaluar el efecto de diferentes eventos biotecnológicos sobre el daño ocasionado por *H. zea*, durante los ciclos agrícolas mencionados, se plantearon dos ensayos en la localidad de La Gilda, uno en siembra temprana (octubre) y otro en siembra tardía (diciembre). Se trabajó con un diseño en bloques completos al azar, con 4 repeticiones, y se probaron dos híbridos con diferentes eventos: DK692RR, DK692RRMG, DK692VT3pro, AX852RR, AX852RRMG y AX852HX. Se determinó incidencia, porcentaje de granos dañados, longitud dañada en espigas y pérdidas de producción causadas por *H. zea*. A nivel general, los híbridos con evento para control de lepidópteros presentaron, para las dos fechas de siembra, menores valores en todos los parámetros estudiados en comparación a la isolínea sin evento, demostrando la capacidad de los mismos de soportar las lesiones causadas por el insecto, a pesar de no lograr un control total del mismo. La información recabada en este trabajo constituye la base para analizar la necesidad y el desarrollo de estrategias de manejo y permite valorar económicamente si la adopción de híbridos con diferentes eventos biotecnológicos resulta conveniente para los productores y técnicos que llevan adelante la producción del cultivo.

**Palabras clave:** *Helicoverpa zea*, maíz, intensidad, pérdidas, eventos biotecnológicos.

## ABSTRACT

The corn (*Zea mays* L.) is the second summer crop more widely sown in the province of Córdoba. *Helicoverpa zea* results important during plants reproductive stage, where newborn caterpillars feed on stigmas, going forward the spikes tip, eating the grains. This damage is frequent in the southwest area of Córdoba, although does not exist information about its intensity and the crop losses that induces. It was set as objectives, determine local pest intensity and assess the biotechnology events behavior against it. To meet the first objective one hundred lots were surveyed, corresponding 51 to early and 49 to late planting date, in 2015/16 and 2016/17 agricultural cycles. A simple systematic sampling in V was realized, with 10 stations of ten consecutive plants in R6 stage and was determined: prevalence, incidence, spike damage percentage and yield losses. *H. zea* shown 100 % of prevalence, and was observed higher incidence and damage percentage on early planting lots. The quantified local losses values were low, finding that in early planting lots it was less than 4 % while in late planting ones it did not overcome 1.5 %. On the other hand, to evaluate the effect of different biotechnology events on *H. zea* damage, during these agricultural cycles, they were raised two assays on the town La Gilda, one of them was in October and the other in December (early and late planting date respectively). It was carried out a randomized complete block design, with 4 replicates, where 2 hybrids with different events were tried: DK692RR, DK692RRMG, DK692VT3pro, AX852RR, AX852RRMG and AX852HX. The parameters incidence, damaged grains percentage, damaged spike length and production losses generated by *H. zea* were determined. In a general way, the hybrids with some lepidopteran control event assessed in both planting dates, had lower values for all the parameters studied than the isolate for hybrids without any event, showing their capacity to endure injures generated for the insect, although they do not achieve a total control of them. Information collected in this work constitutes the basis to analyze the need and development of management strategies and allows appraising if the incorporation of hybrids with different biotechnology events results economically appropriate for producers and technicians who carry forward the corn crop production.

**Key words:** *Helicoverpa zea*, corn, intensity, yield losses, biotechnology events.



## ÍNDICE

Índice de Tablas	X
Índice de Figuras	XI
Resumen	VI
Abstract	VII
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
CAPÍTULO 2	
IMPORTANCIA REGIONAL DE <i>Helicoverpa zea</i> EN MAÍZ EN EL SUDOESTE DE CÓRDOBA	
Antecedentes	11
Objetivos	14
Materiales y Método	15
Resultados	19
Discusión	28
CAPÍTULO 3	
COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CON DIFERENTES EVENTOS BIOTECNOLÓGICOS FRENTE A <i>Helicoverpa zea</i>	
Antecedentes	30
Objetivos	38
Materiales y Método	39

Resultados y Discusión	44
Conclusiones	56
CAPÍTULO 4	
CONSIDERACIONES GENERALES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos de incidencia y porcentaje de daño en espigas producidos por <i>H. zea</i> en lotes de maíz con fecha de siembra temprana y tardía para el ciclo 2015/16, en el sudoeste de Córdoba.	19
Tabla 2. Datos de incidencia y porcentaje de daño en espigas producidos por <i>H. zea</i> en lotes de maíz con fecha de siembra temprana y tardía para el ciclo 2016/17, en el sudoeste de Córdoba.	21
Tabla 3. Incidencia (%), Pérdidas (%) y Perdidas ponderadas (%) por <i>H. zea</i> en lotes de maíz de fecha de siembra temprana y tardía, durante el ciclo agrícola 2015/16 en el sudoeste de Córdoba.	24
Tabla 4. Incidencia (%), Pérdidas (%) y Pérdida ponderada (%) por <i>H. zea</i> en lotes de maíz de fecha de siembra temprana y tardía, durante el ciclo agrícola 2016/17 en el sudoeste de Córdoba.	25
Tabla 5. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable incidencia (%) de <i>H. zea</i> en los híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	44
Tabla 6. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable granos dañados (%) por <i>H. zea</i> en los híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	46
Tabla 7. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable longitud de daño (%) por <i>H. zea</i> para los híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	48
Tabla 8. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable Rendimiento (kg/ha) en los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	50
Tabla 9. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable peso de mil granos (g) para los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	51
Tabla 10. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable pérdidas (%) por <i>H. zea</i> para los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	53
Tabla 11. Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable pérdidas ponderadas (%) por <i>H. zea</i> para los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Adulto de <i>Helicoverpa zea</i> (Obermeyer, 2016).	3
Figura 2. Huevo de <i>H. zea</i> sobre un estigma de maíz (Sloderbek, 2007).	4
Figura 3. Larva de <i>H. zea</i> .	5
Figura 4. Daño directo de <i>H. zea</i> en la punta de las espigas.	6
Figura 5. Ubicación de lotes del relevamiento regional de <i>H. zea</i> , en el sudoeste de la provincia de Córdoba. Campañas 2015/16 y 2016/17.	15
Figura 6. Diseño de muestreo de <i>H. zea</i> sobre lotes comerciales. Campañas 2015/16 y 2016/17.	16
Figura 7. Medición del daño en espigas en cada estación de muestreo del relevamiento.	17
Figura 8. Cuantificación del peso de granos en espigas sanas (-a- 5 cm apicales -b- resto de la espiga).	18
Figura 9. Incidencia media (%) y daño promedio en espigas (%), por <i>H. zea</i> para dos fechas de siembra en el sudoeste de Córdoba. Campaña 2015/16.	20
Figura 10. Incidencia media (%) y daño promedio en espigas (%), por <i>H. zea</i> para dos fechas de siembra en el sudoeste de Córdoba. Campaña 2016/17.	22
Figura 11. Larvas afectadas por hongos entomopatógenos.	22
Figura 12. (a) <i>Orius insidiosus</i> predando huevos (Ruberson, 2003), (b) <i>Callosoma argentinensis</i> predando larva de <i>H. zea</i> .	23
Figura 13. Intensidad de <i>H. zea</i> para el sudoeste de Córdoba durante las Campañas 2015/16 y 2016/17.	23
Figura 14. Pérdidas ponderadas por <i>H. zea</i> para las dos fechas de siembra, en el sudoeste de Córdoba. Campañas 2015/16 y 2016/17.	27

Figura 15. Pérdidas ponderadas promedio causadas por <i>H. zea</i> al cultivo de maíz, para el sudoeste de Cordoba. Campañas 2015/16 y 2016/17.	27
Figura 16. Ensayos experimentales siembra temprana (a) y tardía (b).	39
Figura 17. Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Dk 692 RR (a), Dk 692 MG RR (b) y Dk VT3 Pro (c).	40
Figura 18. Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Ax 852 RR (a), Ax 852 MG RR (b) y Ax 852 Hx (c).	40
Figura 19. Determinación de la intensidad de <i>H. zea</i> en cada parcela experimental.	41
Figura 20. Espigas de maíz sanas marcadas en los 5 cm apicales.	42
Figura 21. Cuantificación del peso de granos en espigas sanas (-a- 5 cm apicales -b- resto de la espiga).	42
Figura 22. Incidencia (%) de <i>H. zea</i> en los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	44
Figura 23. Porcentaje de granos dañados por <i>H. zea</i> para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	46
Figura 24. Longitud de daño (%) por <i>H. zea</i> para los diferentes híbridos evaluados, en fecha de siembra temprana y tardía durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	47
Figura 25. Rendimiento (kg/ha) para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	50
Figura 26. Pérdidas (%) para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	52
Figura 27. Pérdidas ponderadas (%) por <i>H. zea</i> para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.	54

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

<b>%:</b> por ciento	<b>n:</b> tamaño muestra
<b>cm:</b> centímetro	<b>kDa:</b> kiloDalton
<b>cm<sup>2</sup>:</b> centímetro cuadrado	<b>Bs. As.:</b> Buenos Aires
<b>m<sup>2</sup>:</b> metro cuadrado	<b>Cry:</b> proteína cristalina
<b>g:</b> gramo	<b>RR:</b> Roundup Ready®
<b>ha:</b> hectárea	<b>MG:</b> MaizGard®
<b>qq:</b> quintales	<b>MGRR:</b> MaizGard® Roundup Ready®
<b>Kg/ha:</b> kilogramos por hectárea	<b>HX:</b> Herculex®
<b>sp:</b> especie	<b>VT3:</b> VTTriple pro™
<b>t:</b> tonelada	<b>PW:</b> Powecore®
<b>L:</b> Linneo	<b>TDmax:</b> Tolerante Diatraea max®
<b>MIP:</b> Manejo Integrado de Plagas	<b>GD:</b> grano dañado
<b>Bt:</b> <i>Bacillus thuringensis</i>	<b>EEA:</b> Estación experimental
<b>No-Bt:</b> No <i>Bacillus thuringensis</i>	<b>INTA:</b> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
<b>GM:</b> genéticamente modificado	<b>RIB:</b> refugio en bolsa
<b>No-GM:</b> No genéticamente modificado	

*“Las fotografías del presente documento son propias del autor de la tesis. Las imágenes que no lo son, llevan la correspondiente cita bibliográfica”*

## **RECURSOS FINANCIEROS PARA LA REALIZACION DE LA TESIS**

Este estudio fue financiado a través del proyecto PPI de la SECYT-UNRC “Relevamiento y control de las principales plagas y enfermedades de soja, maíz y maní en el sur de la provincia de Córdoba”. Resolución Rect. 161/16. Director: Ing. Agr. (Msc.) Claudio Oddino.

### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta monoica, anual, de tallo simple y erecto perteneciente a la familia de las Poáceas (Andrade *et al.*, 1996). Existen actualmente controversias respecto a su origen (Serratos-Hernández, 2009; Kato *et al.*, 2009), a pesar de ello, varias investigaciones consideran que México es el principal centro de diversidad genética, y la región Andina el secundario, donde el cultivo ha tenido, y posee aún, una rápida evolución (Wilkes, 1988; Acosta, 2009; Serratos-Hernández, 2009).

Pertenece al grupo de plantas C4 con alta tasa de actividad fotosintética, presentando un elevado potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (Barragán *et al.*, 2010). Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y el segundo, después del trigo, en producción total. Considerado de gran importancia económica a nivel mundial (Ortega-Paczka, 2003; Vivek *et al.*, 2008; Kato *et al.*, 2009; Serna-Saldivar, 2008; Naqvi *et al.*, 2011; Arendt y Emanuele, 2013; Bolsa de Comercio de Rosario, 2017 a; USDA, 2017 a), ya sea como alimento humano (Cantero *et al.*, 2019), para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales.

Entre los años 2000 y 2008 su producción mundial creció 39 % y alcanzó los 822 millones de toneladas, mientras que el trigo (*Triticum aestivum* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.), que por varios años fueron los cultivos de mayor volumen producido, sólo aumentaron en un 15 % (Maizar, 2011). En el mismo período, el consumo industrial de maíz reportó un crecimiento de 84 %, mientras que su destino como forraje creció un 15 %. De esta manera, se transformó en el cereal más producido del mundo, superando al trigo y al arroz (Fyo, 2014).

Existe una gran diversidad de ambientes en los que se cultiva el maíz, a pesar de su origen tropical. Así, el área de siembra abarca un amplio rango de latitudes, desde los 58° de latitud norte en Canadá hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile (Fischer *et al.*, 2014). La producción mundial del cereal para el ciclo 2016/17 fue de 1075,5 millones de toneladas sobre una superficie de 185,6 millones de hectáreas (USDA, 2017 a). Los cinco principales países productores son Estados Unidos, China, Brasil, México y Argentina, este último con un rendimiento promedio de 76,2 qq/ha (USDA, 2017 b). El grano es materia prima básica de la industria de transformación, con la que se produce almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes, y recientemente, bioetanol para la obtención de combustible (FAO, 1993).



En Argentina, la superficie sembrada en la campaña 2017/18 fue de 9,14 millones de ha, logrando una producción nacional de 43,60 millones de t (Bolsa de Comercio Rosario, 2017 b). Del total producido, aproximadamente un 60% se destina a la exportación (Agrositio, 2015; Fyo, 2015). De lo destinado al consumo interno, alrededor del 87% se utiliza como alimento forrajero para la producción animal (avicultura, lechería, ganadería y producción porcina) y el 13% restante, es destinado a la industrialización en la molienda húmeda y seca.

En la provincia de Córdoba, es uno de los cultivos estivales de mayor importancia luego de la soja (*Glycine max* Merr.), con una superficie sembrada en la campaña 2016/17 de 2.614.910 ha y una producción de 16.170.280 t. Dentro de esta provincia, en el departamento Río Cuarto, se sembraron 534.610 ha y se obtuvo una producción de 2.908.143 t (DAA, 2018).

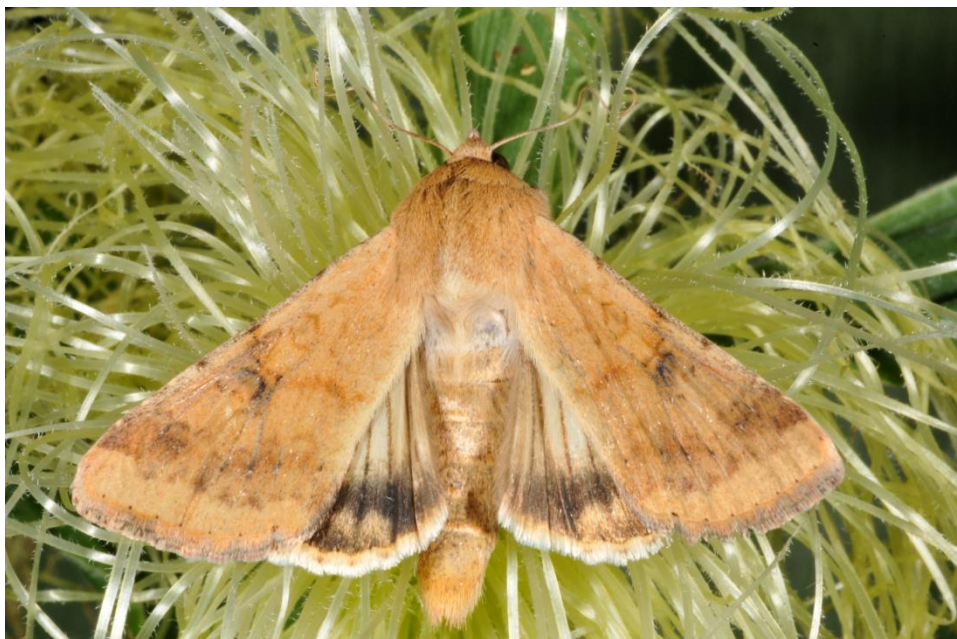
Los insectos plaga son considerados una de las adversidades fitosanitarias que afectan el rendimiento de maíz (Iannone, 2002; Serra y Trumper, 2006). Entre los de mayor importancia, citados en el cultivo, podemos mencionar a *Diloboderus abderus* Sturm “gusano blanco”, *Agrotis malefida* Guenée y *Porosagrotis gypaetina* Guenée “complejo de orugas cortadoras”, *Dichelops furcatus* Fabricius “chinche de los cuernos”, *Spodoptera frugiperda* Smith “oruga militar tardía”, *Diatraea saccharalis* Fabricius “gusano barrenador del tallo” y *Helicoverpa zea* Boddie “isoca del maíz” (Iannone y Leiva, 1994; Aragón y Vázquez, 2002; Flores, 2010).

*Helicoverpa zea* es considerada una de las plagas más importantes y destructivas en el hemisferio occidental, atacando más de 100 especies vegetales cultivadas y no cultivadas (silvestres) (Wiseman y Davis, 1990; Gueldner *et al.*, 1992; Buntin *et al.*, 2001; Bergvinson, 2005; Rodríguez del Bosque *et al.*, 2012; Reisig *et al.*, 2015). El huésped preferido es el maíz, pero muchos otros cultivos pueden ser afectados, incluyendo algunos intensivos de alto valor, como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimiento (*Capsicum* sp.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), como así también cultivos extensivos importantes como algodón (*Gossypium hirsutum* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y soja (*Glycine max* L.) (Stadelbacher 1980; Tillman y Mullinix 2004; Flood *et al.*, 2005; Hutchison *et al.*, 2007).

*H. zea* pertenece al orden Lepidóptera, familia Noctuidae y cobra importancia en la etapa reproductiva del cultivo de maíz. Es una especie autóctona de América del Norte y, debido a su capacidad migratoria, se puede encontrar en cualquier parte del continente en donde se cultive maíz (Pedigo, 2002; Westbrook y López, 2010; Molina-Ochoa *et al.*,

2010). Esta especie transcurre el invierno con éxito en latitudes por debajo del paralelo 40, donde se pueden producir ataques severos de múltiples generaciones anuales (Blanchard *et al.*, 1942; Steffey *et al.*, 1999; Pedigo, 2002). En la región pampeana presenta tres generaciones anuales, los primeros adultos emergen de las pupas invernantes desde mediados de octubre y durante el mes de noviembre. El pico de adultos de la primera generación se da aproximadamente en enero, mientras que el de la segunda generación ocurre desde mediados de febrero en adelante. Las poblaciones se incrementan significativamente en las sucesivas generaciones, siendo más abundantes en veranos secos. Resulta evidente la superposición de generaciones a medida que avanza el verano. El ciclo completo se desarrolla, en promedio, en 42 días (Navarro *et al.*, 2009).

El adulto es una mariposa de color amarillo pajizo, con una banda ancha parda sobre el borde externo de las alas posteriores (Figura 1). Los machos son más claros que las hembras y presentan una mancha reniforme próxima al centro del ala y siete puntos oscuros sobre el margen externo. Las hembras, más oscuras, poseen las puntuaciones enmascaradas por una línea delgada. Durante el día permanecen escondidos en los rastrojos, cercos y lugares de escasa luminosidad. Al anochecer, vuelan por los cultivos y las hembras depositan sus huevos en forma aislada y en ocasiones en grupos de dos o tres, en los estigmas de las espigas (cuando aún están blancos, verdes o inclusive rosados), los que serán el primer alimento de las larvas.



**Figura 1.** Adulto de *Helicoverpa zea*  
(Obermeyer, 2016)

Los huevos miden 0,5 mm de diámetro, son semiesféricos y con estrías longitudinales convergentes hacia los polos que son achatados (Figura 2), de color blanco-cremoso cuando están recién puestos, para cambiar a crema amarillento con manchas rojizas cuando están próximos a eclosionar (Navarro *et al.*, 2009). Cada hembra puede ovipositar entre 300 a 500 huevos y potencialmente infestar a igual número de espigas; pudiendo ocasionar un fuerte daño a los cultivos. Entre dos a diez días de la postura, de cada huevo nace una larva, que inicialmente se alimenta de los estigmas, para luego penetrar rápidamente en la espiga y alimentarse de los granos por el resto de su estado larval, periodo que puede durar de dos a cuatro semanas (Metcalf y Flint, 1985).



**Figura 2.** Huevo de *H. zea* sobre un estigma de maíz (Sloderbek, 2007)

Las larvas tienen una coloración que varía desde verdoso, rosado a verde parduzco, según el tipo de alimento que consuman. Presentan una franja ancha blanco amarillenta a cada costado. Los segmentos son bien marcados, encontrándose en ellos pequeñas verrugas con pelos cortos, dándole un aspecto rugoso (Figura 3). Tiene un desarrollo frecuentemente de 6 estadios, pero en ocasiones puede presentar 5 (Capinera, 2008; Pascucci, 2013; Tulli *et al.*, 2016), 7 u 8 (Hardwick, 1965; Margheritis y Rizzo, 1965; Capinera, 2008). En su último estadio alcanza a medir 35 a 40 mm, presentando una apariencia general robusta, el último segmento abdominal termina levemente inclinado y posee el cuerpo cubierto de pelos cortos y oscuros. El periodo larval se completa entre 12 a 20 días (Navarro *et al.*, 2009).



**Figura 3.** Larva de *H. zea*.

En todos los estadios las larvas presentan un marcado canibalismo, considerado uno de los factores de mortalidad más importante en las poblaciones de la plaga (Stinner *et al.*, 1977). El canibalismo aumenta con la densidad poblacional y puede ser un factor considerable tanto en la regulación de la población como en los patrones temporales de picos poblacionales (Istock, 1966; Sikand y Ranade, 1975; Tschinkel, 1978; Dial y Adler, 1990). Varios autores han explicado que el canibalismo se produce aunque exista suficiente alimento para que varias larvas completen su desarrollo (Barber, 1936; Hamilton, 1970; Stinner *et al.*, 1976). Trabajando en infestaciones artificiales sobre espigas con poblaciones de una, dos y cuatro larvas, White y Scott (1983) no encontraron diferencias en el nivel de daño. A menudo en la naturaleza, solo se encuentra una larva por espiga de maíz, debido al elevado canibalismo (Chilcutt, 2006).

Otro factor importante que regula las poblaciones de isoca de la espiga son algunos predadores hemimetábolos como *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) y holometábolos como *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), considerados como principales agentes de mortalidad de huevos de *H. zea* (Vargas y Nishida, 1980; Albajes *et al.*, 2011; Tulli *et al.*, 2016, Rios *et al.*, 2017). Además se citan otros controladores biológicos de importancia, como los hongos entomopatógenos, los cuales poseen la particularidad de parasitar a diferentes grupos de artrópodos. Algunos de estos como *Metarhizium anisopliae* (agente causal de la muscardina verde), es considerado uno de los principales hongos entomopatógenos que controlan lepidópteros de importancia agrícola en maíz (Acuña *et al.*, 2015) alimentándose principalmente de los estados inmaduros (Del Rincón-Castro *et al.*, 2006). Estos microorganismos provocan, sobre las larvas, pérdida de movilidad y coordinación, cese de alimentación, ocasionándole finalmente la muerte



(Ángel-Ríos *et al.*, 2015).

La larva, una vez que alcanzó su desarrollo total, se dirige al suelo, se entierra unos 5 a 8 cm y empupa. Después de 3 o 4 semanas emergen los adultos. Este período se alarga en la estación fría, pues esta especie pasa el invierno como pupa invernante, que es su forma de resistencia (Margheritis y Rizzo, 1965; Navarro *et al.*, 2009).

El daño lo producen las larvas que se desarrollan a partir de huevos puestos en los estigmas recién emergidos (Barber, 1943; Johnson *et al.*, 1975; Flath *et al.*, 1978; Cantelo y Jacobson, 1979; Akkawi y Scott, 1984; Raina *et al.*, 1992). Durante los dos primeros estadios larvales se alimenta de los estigmas de las espigas, causando fallas en la formación de granos. En los tres restantes estadios las larvas consumen los granos lechosos de la punta de la espiga, desde la etapa temprana de desarrollo de los granos (R2 - ampolla) hasta que se transforman en pupas, típicamente en la etapa de grano pastoso-dentado (R4-R5) (White y Scott, 1983; Pinto *et al.*, 2004; Abendroth *et al.*, 2011) (Figura 4). A la cosecha, los granos se observan comidos, completa o parcialmente, a través de las hileras de la espiga. Cuando la larva se desarrolla completamente dentro de la espiga, el daño por su consumo puede llegar hasta la base de la misma (Abanto y Medina, 2002).



**Figura 4.** Daño directo de *H. zea* en la punta de las espigas.

Además del daño directo, se producen otros indirectos significativos que incluyen la falta de formación de la segunda espiga, ausencia de fertilización de parte de óvulos de las espigas tardías, y también la falla de granos en la extremidad libre de las espigas (Cruz, 2008). La alimentación de las larvas puede proporcionar el ingreso de patógenos tales como *Aspergillus flavus* por el orificio de salida de la oruga y la entrada de plagas secundarias como *Carpophilus* spp. (Coleoptera: Nitidulidae) (Smeltzer, 1958; McMillian *et al.*, 1985; Rodríguez del Bosque *et al.*, 1998; Pedigo, 2002; Zúñiga Álvarez, 2005), que

incrementan el deterioro de la espiga, ejerciendo de esta manera un mayor daño (Artigas, 1994).

*H. zea* es considerada una plaga económica importante en maíz dulce (Iannone y Leiva, 1995; Olmstead *et al.*, 2016) y en el cultivo de algodón (Reay-Jones, 2019). Sin embargo, sobre lotes comerciales extensivos de maíz, varios estudios han demostrado que generalmente no se considera una plaga de importancia económica cuando se realiza el cultivo dentro de las ventanas de siembra recomendadas (Buntin *et al.*, 2001, 2004 b; Bowen *et al.*, 2014; Reay-Jones y Reisig, 2014; Reay-Jones *et al.*, 2016; Bibb *et al.*, 2018).

El monitoreo de la plaga es importante en su manejo, ya que se puede lograr una disminución en los daños cuando se detectan huevos o estadíos larvales tempranos sobre los estigmas antes que ingresen al interior de las espigas donde pueden protegerse (Aragon, 2002). Desde finales de 1980 las poblaciones de adultos de *H. zea* han sido monitoreadas para tomar decisiones de manejo, basadas en trampas con feromonas sexuales femeninas. Estas trampas se utilizan comúnmente en los programas de MIP para *H. zea* en el maíz dulce (Coop *et al.*, 1992; 1993). En lotes comerciales de maíz el monitoreo de la plaga se puede realizar en dos momentos: antes de floración, con trampas de luz para determinar poblaciones de adultos y pronosticar con anticipación posibles ataques y, cuando existe un 30% de plantas en floración femenina por observación directa de ovipositoras en estigmas (Aragon, 1991). Es necesario resaltar que la duración del período embrionario es muy corta, alrededor de tres días, lo que sumado a que las larvas eclosionadas alcanzan la punta de la espiga, normalmente, en la misma noche de su nacimiento y se protejan rápidamente en el extremo de la misma, hace que queden fuera del alcance de parásitos, predadores e insecticidas, por lo cual la frecuencia de monitoreo debe ser alta (Iannone, 2011).

Dentro del manejo integrado de la plaga se cuenta con diversas herramientas entre las que pueden citarse: la elección de la época de siembra, el control químico, el control biológico y la utilización de cultivos modificados genéticamente (*Bacillus thuringiensis*) (Olmstead, 2015).

Entre las prácticas culturales, la siembra temprana es una técnica que permite que el cultivo interaccione con una menor densidad poblacional, ayudando a evitar una elevada presión de *H. zea* más adelante en la temporada (Buntin *et al.*, 2004a).

Las decisiones de manejo actuales se basan en la vigilancia de plagas y el uso de umbrales de acción para las aplicaciones de insecticidas (Shelton *et al.*, 2014). Para tomar una decisión de control de *H. zea* se utiliza un umbral de daño económico de 50% de plantas atacadas con larvas chicas antes que ingresen a la espiga (Aragon, 2002), ó 10% de

plantas con posturas en los pistilos recién emergidos (Tejada, 1992). En lotes de maíz de producción de grano, a pesar de efectuar aplicaciones de insecticidas cada 1–2 días (Bibb *et al.*, 2018) o cada 3–4 días (Reay-Jones y Reisig, 2014) desde R1 para el control de *H. zea*, los rendimientos no se vieron incrementados por el tratamiento con insecticida en comparación al control no tratado; además, estas pulverizaciones tardías con insecticidas son difíciles de realizar, debido al tamaño de las plantas de maíz en ese estado fenológico, siendo posible únicamente mediante una aplicación aérea. Debido a la dificultad en el control de *D. saccharalis* y *H. zea* con insecticidas, las pérdidas causadas por estas especies en lote comerciales han sido generalmente toleradas (Storer *et al.*, 2001; Horner *et al.*, 2003; Cruz, 2007).

Sin embargo, una medida de manejo ampliamente utilizada en la actualidad, es la elección de genotipos con eventos biotecnológicos que le otorgan resistencia al ataque de lepidópteros (Satorre, 2014). Una de las contribuciones fundamentales de la biotecnología al mejoramiento genético ha sido la posibilidad de incorporar variabilidad genética contenida en especies que no tienen la posibilidad de cruzamiento sexual con el maíz. El ejemplo más conocido es la incorporación al genoma del maíz del gen Bt de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Este gen codifica para proteínas *Cry* con efecto insecticida sobre lepidópteros y algunos coleópteros, siendo un importante elemento para el control integrado de estas plagas, reduciendo significativamente las pérdidas directas e indirectas de rendimiento (Eyhérabide, 2012). Los genes que codifican para las endotoxinas Bt se han implementado en una amplia gama de cultivos con un éxito considerable (Sharma *et al.*, 1999). La especificidad de las toxinas para varias especies del orden Lepidoptera, y en menor medida en Coleoptera y Diptera (Van Frankenhuyzen, 2009), permite un control de plagas específicas, sin mostrar toxicidad hacia otros integrantes del ecosistema (Betz *et al.*, 2000).

Entre los cultivos transgénicos, el maíz tiene el mayor número de eventos aprobados (rasgos individuales y apilados) y es el segundo cultivo, después de la soja, en términos de adopción global (Aldemita *et al.*, 2015). En 2015, se cultivaron a escala mundial 53,6 millones de hectáreas de maíz transgénico, lo que representa aproximadamente una tercera parte de los 185 millones de hectáreas totales. De la superficie sembrada, 33 millones de hectáreas se cultivaron en EE. UU., mientras que en Brasil, Argentina y Canadá la superficie fue de 17,4 millones de hectáreas. Además, el maíz posee el mayor potencial de expansión dentro de los cultivos transgénicos, esto se debe a su tasa de adopción comparativamente baja (30% del maíz global en 2015) y su

gran superficie cultivada (ISAAA, 2016, Carzoli *et al.*, 2018).

Argentina es uno de los países líderes a nivel mundial en la adopción y utilización de cultivos genéticamente modificados (GM) en su agricultura (Trigo, 2011). En la actualidad, se cultivan unas 24,5 millones de hectáreas de soja, maíz y algodón transgénicos con distintas combinaciones de tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos (ArgenBio, 2014). Este proceso, casi sin precedentes en la agricultura moderna, ha representado enormes beneficios económicos para el país. En los 20 años transcurridos desde la primera campaña agrícola en que se utilizaron los materiales GM (1996), los beneficios brutos acumulados generados por los tres cultivos mencionados y las distintas tecnologías incorporadas a los mismos, se estiman en un total de 126.969,27 millones de dólares, de los cuales 5.510,50 millones correspondieron al cultivo de maíz GM (Trigo, 2016).

El uso de híbridos transgénicos de maíz Bt puede reducir los daños por *H. zea*, aunque no se logra un control total en la mayoría de los eventos Bt (Buntin *et al.*, 2004b; Reay-Jones y Reisig, 2014). El maíz Bt se introdujo por primera vez en 1996 para el manejo del complejo de barrenadores, dentro del cual se encuentran el barrenador europeo del maíz, *Ostrinia nubilalis* (Hübner) y el barrenador del sudoeste, *Diatraea grandiosella* (Dyar) (Kozziel *et al.*, 1993; Ostlie *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 2006 a, b) y otras especies, como *Diatraea saccharalis* (Fabricius) en Argentina (Trigo y Cap, 2006). Los primeros híbridos de maíz Bt utilizados en nuestro país, entre 2005 y 2007, incorporaron la tecnología MaízGard® (MGRR2) y Herculex® Insect Protection (HX). Ambos eventos solo expresan una toxina insecticida, Cry1Ab, en el caso de MaizGard, y Cry1F en Herculex, que proporcionan un excelente control sobre los barrenadores de tallo, pero un control deficiente sobre *H. zea* (Buntin *et al.*, 2004b; Reay-Jones *et al.*, 2009; Reay-Jones y Reisig, 2014).

Los rasgos Bt introducidos en esta última década en los híbridos de maíz, conocidos como “piramidados”, incluyen eventos que expresan varias toxinas y presentan algunas ventajas con respecto a los anteriores: 1) aumentaron el rango de actividad contra múltiples plagas (Rule *et al.*, 2014), 2) retrasan el desarrollo de resistencia al suponer que la resistencia a una toxina no proporciona resistencia cruzada a otras toxinas incluidas en la pirámide (Carrière *et al.*, 2016), y 3) disminuyen el tamaño del Refugio no-Bt (Storer *et al.*, 2012). El primer evento Bt piramidado para plagas, se comercializó en nuestro país durante 2010 bajo el nombre de VT triple pro™, expresando las proteínas Cry1A.105 + Cry2Ab2; las cuales mejoraron el control de *H. zea*, en comparación con los híbridos que



expresaban una única toxina (Siebert *et al.*, 2012), ya que Cry2Ab2 es más activa contra la isoca de la espiga (Drury *et al.*, 2008).

En los últimos años, nuestro país se ha ubicado como el tercer productor de cultivos transgénicos, siguiendo a EEUU y Brasil. Se estima que en los últimos treinta años en Argentina, la contribución del mejoramiento genético al incremento de rendimiento de maíz fue de aproximadamente un 50% (Eyhérbide, 2012). Plantas genéticamente modificadas, con la introducción de genes de *B. thuringensis*, deben modificar las estrategias de manejo integrado de las plagas de maíz en el mundo (Cruz, 2002).

Del análisis de los antecedentes expuestos y dada la importancia de determinar el impacto a nivel regional de *Helicoverpa zea* sobre el cultivo de maíz en el sudoeste de la provincia de Córdoba, y el comportamiento de los híbridos comerciales existentes (con diferentes eventos biotecnológicos) que permitan adecuar las estrategias de manejo de esta plaga es que se plantea en el presente trabajo de tesis la siguiente hipótesis:

### **Hipótesis**

*Helicoverpa zea* se presenta sobre lotes de maíz para producción de grano en la región sudoeste de Córdoba, la fecha de siembra y el germoplasma utilizado influyen sobre la magnitud del daño ocasionado al cultivo.

### **Objetivo General**

Determinar la importancia regional de *Helicoverpa zea* en el cultivo de maíz en el sudoeste de la provincia de Córdoba y evaluar el comportamiento de eventos biotecnológicos frente a la plaga, en dos fechas de siembra.

### **Objetivos Específicos**

- 1.- Determinar la prevalencia, incidencia y el daño ocasionado por *H. zea* en maíz en el sudoeste de la provincia de Córdoba.
- 2.- Estimar las pérdidas de producción ocasionadas por *H. zea* en lotes comerciales de maíz del sudoeste de la provincia de Córdoba.
- 3.- Evaluar el daño ocasionado por *H. zea* en híbridos comerciales de maíz con diferentes eventos de resistencia a lepidópteros.
- 4.- Evaluar el comportamiento de los eventos de resistencia a lepidópteros incorporados en híbridos comerciales de maíz.

### IMPORTANCIA REGIONAL DE *Helicoverpa zea* EN MAÍZ EN EL SUDOESTE DE CÓRDOBA

#### Antecedentes

El maíz en la provincia de Córdoba, al igual de lo que sucede a nivel nacional, es el segundo cultivo estival de mayor importancia, contribuyendo para la campaña 2016/17 con el 30,8% del total de la superficie sembrada en el país y el 32,7% de la producción nacional (DAA, 2018). El departamento Río Cuarto aporta la mayor superficie sembrada del cultivo en la provincia (454.137 ha), en la que se obtuvo el 19,4 % del total provincial producido para el ciclo agrícola 2016/17 (Bolsa de Cereales Córdoba, 2017).

Entre los principales lepidópteros que afectan actualmente al cultivo se encuentran el “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*), la “isoca de la espiga” (*Helicoverpa zea*) y el “barrenador del tallo” (*Diatraea saccharalis*) (Massoni *et al.*, 2014).

*H. zea* presenta una amplia distribución en el mundo, señalándose que en el continente americano se encuentra desde Canadá hasta el sur de Argentina, siendo sus poblaciones endémicas en Argentina, Brasil, Paraguay, Chile y Uruguay (Pastrana, 2004), cobrando importancia al inicio del estado reproductivo del cultivo (Johnson *et al.*, 1975; Xinzhi *et al.*, 2007; Buntin, 2008). En maíz dulce es considerada una de las plagas más importantes, ya que la tolerancia al daño y la presencia de larvas en el mercado fresco son muy bajas (DePew, 1966; Shelton *et al.*, 2013).

La intensidad del daño de esta plaga puede cambiar de una estación a otra, citándose pérdidas diversas según diferentes regiones y años de estudio. Bell y McGeoch (1996) en una evaluación del estado de los lepidópteros fitófagos en Sudáfrica, mencionan pérdidas de rendimiento entre un 5-7 % en el campo y entre un 10-15% en maíz para consumo humano. Uddin *et al.* (2009) evaluando dos híbridos de maíz en Bangladesh, reportaron una longitud dañada alrededor del 25% de la longitud total de las espigas, con un promedio de granos afectados que osciló entre 24,3% y 25,4%, calculando una pérdida promedio de 165 kg/ha. Las pérdidas de producción en Estados Unidos debidas a esta plaga se han estimado en un 2,5% anuales, aunque en el sur donde se dan las infestaciones más severas han llegado al 16,7 % de pérdidas (Cook y Weinzierl, 2004). Otros investigadores encontraron, para el estado de Missouri, niveles de pérdidas en un rango del 5-7% (Boyd y Bailey, 2001). Estudios llevados a cabo en Brasil, determinan que las plantas de maíz presentan la capacidad de compensar los daños causados por esta plaga, así

en infestaciones superiores al 90% la reducción en la productividad está fijada en el orden del 8% (Pinto *et al.*, 2004), aunque Cruz (1999) cita que el maíz dulce, es más susceptible al ataque de *H. zea*, por lo que la pérdida puede ser total debido a la alimentación en toda la espiga. En el noreste de México, las pérdidas en el rendimiento por ataques de *H. zea* en el maíz de campo variaron considerablemente registrándose valores máximos del 10,6%, en híbridos de grano amarillo y en siembras tardías, con un rango de espigas afectadas entre el 45% (año de menor intensidad) hasta el 98% (año de alta presión de la plaga) (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2012).

En el estado de Virginia, ubicado al este del cinturón maicero de EEUU, en una latitud similar a la región del sudoeste de Córdoba, anualmente se efectúan encuestas para estimar los niveles de infestación de *H. zea* en lotes comerciales de maíz desde mediados a fines de julio (etapa reproductiva en el hemisferio norte). Para ello se registra el número promedio de larvas encontradas en 50 espigas muestreadas de 5 campos de maíz en cada uno de los 29 condados, registrando aquellos campos con maíz Bt, no-Bt o "refugio en bolsa" (RIB), de lo contrario, las muestras son consideradas aleatorias y se asume que son representativas de la composición real de Bt /no-Bt en cada condado. El maíz le permite a la plaga la reproducción y completar una generación para luego migrar hacia otros cultivos como soja, algodón y maní durante agosto. Más de 30 años de datos demuestran que existe una correlación lineal entre el nivel de infestación de *H. zea* en maíz y la cantidad de superficie de soja que se trata con insecticida para esta plaga (Taylor, 2017). Durante 2015, en todo el estado de Virginia, encontraron el 17,5% de incidencia, siendo el valor más bajo comparado con los anteriores reportes en 2014 (20%) y 2013 (18%), ambos años con muy pocos campos de algodón, maní o soja infestados posteriormente. Los promedios regionales para 2015 fueron 4% de incidencia hacia el norte, 13,4% en el medio oriente, 9,5% en el centro-sur y 27,7% en el sudeste del estado (Virginia Cooperative Extension, 2015). Mientras que, durante 2017, en todo el estado la incidencia de *H. zea* fue mayor llegando al 23%, con promedios regionales del 5% en el Norte, 36% en el Medio Oriente, 17,5% en el Centro-Sur, 26% en el Sudeste y 34% en la Costa Este (Virginia Cooperative Extension, 2017).

En Argentina, una estrategia adoptada en el manejo del cultivo fue la modificación de la fecha de siembra observándose que, en la última década, los productores presentaron una tendencia cada vez mayor a la adopción de la siembra tardía del cultivo, desde noviembre a principios de enero, por una mayor disponibilidad hídrica al momento de máximos requerimientos del cultivo (15 días alrededor de floración) (Cirilo *et al.*, 2012).

La superficie sembrada en fechas tardías se estima en un 45-50% del total. Esta fecha de siembra puede traer aparejada algunas desventajas para el cultivo como la mayor incidencia de plagas (Leiva, 2014).

La “oruga cogollera” *Spodoptera frugiperda* y la “isoca de la espiga” *Helicoverpa zea* están siendo las principales preocupaciones en cuanto al daño que producen principalmente en fechas de siembra tardía (Balbi y Flores, 2015). Estos autores evaluando diferentes eventos biotecnológicos en híbridos de maíz, encontraron gran variación en el porcentaje de espigas afectadas, desde un 7,5% en materiales con buen comportamiento para la plaga, 58,75% en materiales de comportamiento intermedio y valores superiores al 80% de espigas afectadas en los materiales con eventos MaizGard, Power Core, Herculex y convencional (sin eventos).

Massoni *et al.* (2014) en Rafaela (Santa Fe), evaluando daños por *H. zea* en dos híbridos de maíz Bt (VTtriple Pro® y Maíz Gard®) y uno convencional, encontraron valores de incidencia de 60,1% (Testigo), 55,7% (MG) y 24,7% (VT Triple PRO). Swarc *et al.* (2015) evaluando diferentes eventos Bt (Maíz Gard®, Herculex®, TDmax®, VTtriple Pro® y Powercore®) incorporados a híbridos de maíz en dos fechas de siembra, una temprana (agosto) y una tardía (enero) obtuvieron como resultado en la fecha de siembra temprana, en promedio, un 82% de espigas dañadas, con un daño promedio por espiga de 3,89 cm., mientras que en la segunda fecha de siembra las variables estudiadas presentaron valores más bajos que los de las siembras tempranas, el porcentaje general de espigas dañadas disminuyó al 32% con un daño en espiga promedio de 1,14 cm, resultados que lo conducen a concluir que al atrasar la fecha de siembra escapan al ataque de la plaga.

En nuestro país, se señala que durante los últimos años se observó un incremento en el control de *H. zea* en maíces de siembra tardía, siendo bajo el impacto en los cultivos de siembra temprana, en la zona núcleo de la región pampeana. Esto se debe a que al ser una especie de origen subtropical, las larvas y pupas invernantes no toleran los fríos del invierno a la latitud de la región núcleo maicera y los adultos llegan a la zona templada a partir de fines de diciembre y enero, luego de la floración de los maíces tempranos (Flores, 2010).

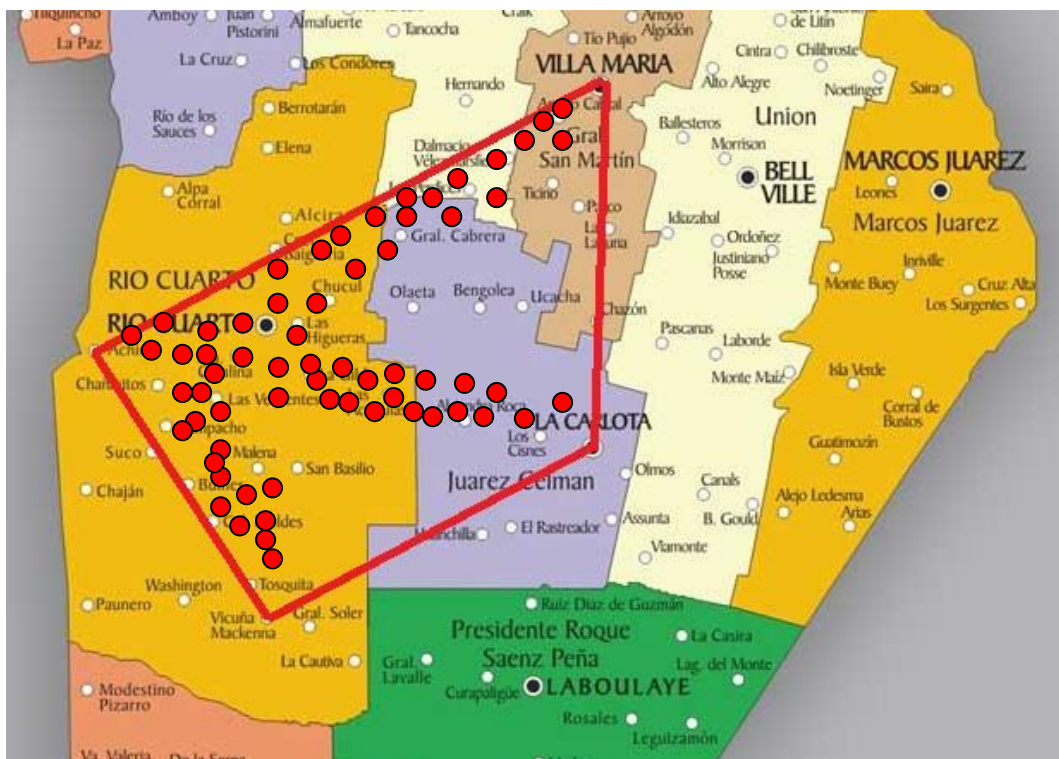
Debido a que no se cuenta con datos actuales de la intensidad de daño y las pérdidas causadas por *Helicoverpa zea* para las dos fechas predominantes en las que se siembra el cultivo de maíz en la región sudoeste de la provincia de Córdoba, se plantearon los siguientes objetivos:

## Objetivos

- 1.- Determinar la prevalencia de *H. zea* en lotes comerciales de maíz del sudoeste de la provincia de Córdoba, en dos fechas de siembra.
- 2.-Cuantificar la incidencia de *H. zea* en dichos lotes comerciales.
- 3.-Evaluar el daño ocasionado por *H. zea* en las espigas.
- 4.-Estimar las pérdidas de producción ocasionadas al cultivo por *H. zea*.

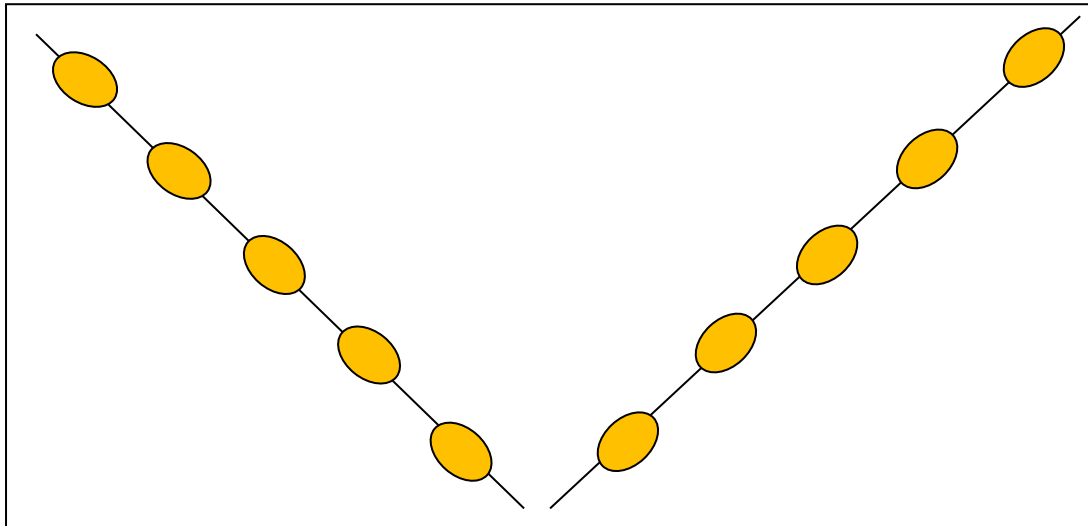
## Materiales y Método

Para determinar la importancia regional de *H. zea*, se relevaron durante las campañas agrícolas 2015/16 y 2016/17 un total de 100 lotes de producción de grano comerciales. Durante 2015/16 fueron 49 lotes, de los cuales, 26 correspondieron a fecha de siembra temprana (septiembre-octubre) y los 23 restantes a fecha de siembra tardía (noviembre-diciembre), mientras que para la campaña 2016/17 de los 51 lotes totales relevados, 25 correspondieron a fecha temprana y 26 a fecha tardía. Los lotes se ubicaron dentro en un área determinada por los siguientes puntos: Achiras (oeste), Villa María (norte), La Carlota (este) y Vicuña Mackenna (sur) (Figura 5).



**Figura 5.** Ubicación de lotes del relevamiento regional de *H. zea*, en el sudoeste de la provincia de Córdoba. Campañas 2015/16 y 2016/17.

En cada lote comercial, en el estado fenológico R6, se realizó un muestreo sistemático simple en forma de V, con 10 estaciones de diez plantas consecutivas sobre el surco (Figura 6).



**Figura 6.** Diseño de muestreo de *H. zea* sobre lotes comerciales. Campañas 2015/16 y 2016/17.

En cada estación de muestreo los parámetros evaluados fueron:

1.- Prevalencia: porcentaje de lotes con daño de *H. zea* a través de la ecuación:

$$\text{Prevalencia (\%)} = (\text{Número de lotes con daño de } H. zea / \text{número de lotes totales}) \times 100$$

2.- Incidencia: porcentaje de plantas con daño de *H. zea* a través de la ecuación:

$$\text{Incidencia (\%)} = (\text{Número de plantas con daño de } H. zea / \text{número de plantas totales evaluadas}) \times 100.$$

3.- Porcentaje de daño en espiga a través de la ecuación (Farias, 2010; Farias *et al.*, 2013; Swarc *et al.*, 2015) (Figura 7):

$$\text{Daño en espigas (\%)} = (\text{Centímetros de la espiga dañados} / \text{total de centímetros de la espiga}) \times 100.$$



**Figura 7.** Medición del daño en espigas en cada estación de muestreo del relevamiento.

#### 4.- Pérdidas

Las pérdidas ocasionadas por *H. zea* se estimaron recolectando 5 espigas totalmente sanas de cada uno de los lotes relevados, cuantificando el peso de los granos desde el ápice de cada espiga hasta los 5cm (longitud hasta donde se encontró daño en las espigas más afectadas), el mismo procedimiento se efectuó para el resto de la espiga (Figura 8). Las pérdidas de las espigas dañadas se calcularon indirectamente utilizando la longitud dañada y expresándolas como porcentaje de disminución del peso de los granos respecto a las espigas sanas.

Luego, utilizando la incidencia, se calcularon las pérdidas ponderadas de cada lote (PP) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas ponderadas} = (\text{Incidencia (\%)} \times \text{Pérdidas (\%)})/100$$





**a**

**b**

**Figura 8.** Cuantificación del peso de los granos en espigas sanas (-a- 5 cm apicales -b- resto de la espiga).

## Resultados

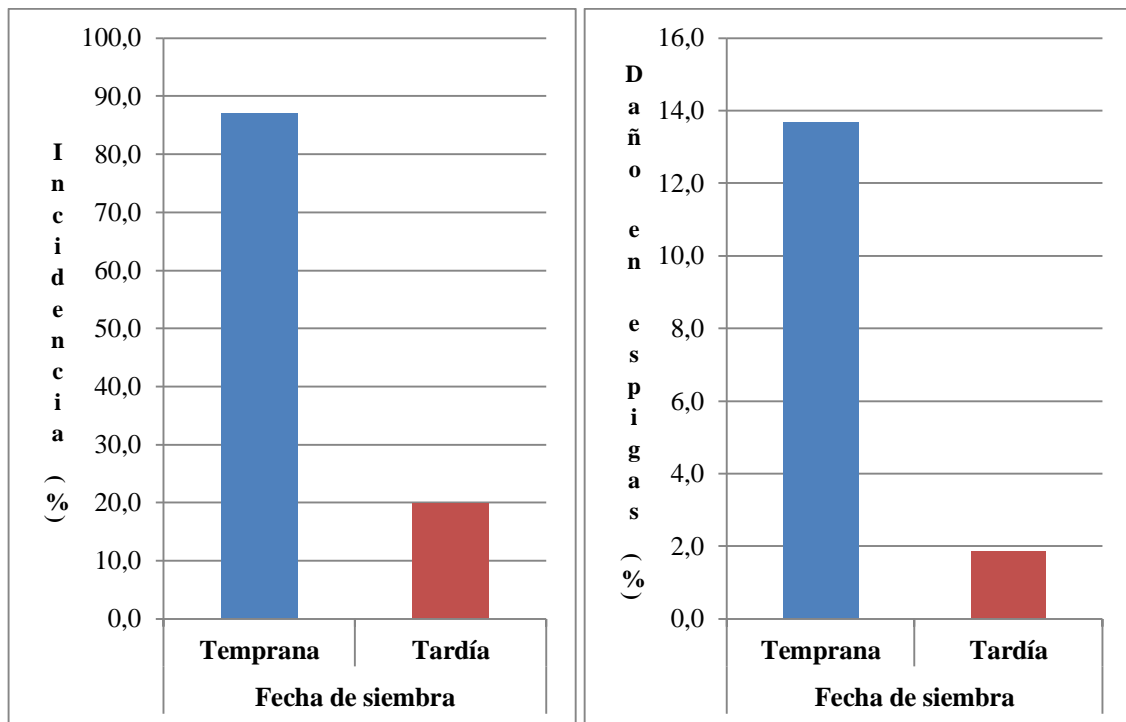
Durante los ciclos agrícolas evaluados (2015/16 y 2016/17), *Helicoverpa zea* se presentó en la totalidad de los lotes relevados (Prevalencia=100%) para las dos fechas de siembra, determinando la amplia distribución de este lepidóptero sobre los cultivos de maíz sembrados en el sudoeste de la provincia de Córdoba.

En lo que respecta a la incidencia, para la campaña 2015/16 sobre los lotes de siembra temprana (septiembre-octubre), los valores presentaron un rango entre 50 y 100%, con un promedio de 87,1 % de plantas con daño por *H. zea*. El daño medido a través de la longitud de espiga dañada (%) por *H. zea* presentó un rango entre 7,6 y 23,7%, con un promedio de 13,7%. Para los lotes de fechas de siembra tardía (noviembre-diciembre) la incidencia presentó un rango entre 5,0 y 43%, con un promedio de 20%, mientras que, el porcentaje de daño en espigas osciló entre el 0,4 y 4,2%, con un promedio de 1,9% (Tabla 1, Figura 9).

**Tabla 1:** Datos de incidencia y daño en espigas (%) producidos por *H. zea* en lotes de maíz con fecha de siembra temprana y tardía para el ciclo 2015/16, en el sudoeste de Córdoba.

LOTE	FECHA SIEMBRA	INCIDENCIA (%)	DAÑO EN ESPIGAS (%)	LOTE	FECHA SIEMBRA	INCIDENCIA (%)	DAÑO EN ESPIGAS (%)
1	TEMPRANA	96,0	18,4	27	TARDÍA	43,0	4,0
2	TEMPRANA	96,0	19,3	28	TARDÍA	19,0	1,4
3	TEMPRANA	96,0	15,1	29	TARDÍA	30,0	2,2
4	TEMPRANA	94,0	17,3	30	TARDÍA	32,0	2,5
5	TEMPRANA	93,0	17,3	31	TARDÍA	29,0	2,3
6	TEMPRANA	97,0	19,9	32	TARDÍA	11,0	0,8
7	TEMPRANA	87,0	11,8	33	TARDÍA	19,0	1,4
8	TEMPRANA	93,0	12,1	34	TARDÍA	5,0	0,4
9	TEMPRANA	77,0	8,5	35	TARDÍA	6,0	0,4
10	TEMPRANA	100,0	20,2	36	TARDÍA	8,0	0,6
11	TEMPRANA	77,0	9,8	37	TARDÍA	19,0	1,8
12	TEMPRANA	85,0	10,4	38	TARDÍA	37,0	4,1
13	TEMPRANA	100,0	23,7	39	TARDÍA	25,0	4,2
14	TEMPRANA	99,0	17,9	40	TARDÍA	15,0	1,2
15	TEMPRANA	97,0	16,4	41	TARDÍA	22,0	2,2
16	TEMPRANA	50,0	6,8	42	TARDÍA	13,0	1,4
17	TEMPRANA	83,0	12,9	43	TARDÍA	16,0	1,1
18	TEMPRANA	90,0	12,2	44	TARDÍA	29,0	2,6
19	TEMPRANA	64,0	7,6	45	TARDÍA	8,0	1,1
20	TEMPRANA	74,0	9,0	46	TARDÍA	14,0	1,2
21	TEMPRANA	85,0	9,3	47	TARDÍA	15,0	1,2

22	TEMPRANA	91,0	14,2	48	TARDÍA	30,0	3,2
23	TEMPRANA	81,0	10,7	49	TARDÍA	15,0	1,3
24	TEMPRANA	84,0	12,1	<b>PROMEDIO</b>		<b>20,0</b>	<b>1,9</b>
25	TEMPRANA	89,0	11,8				
26	TEMPRANA	86,0	10,8				
<b>PROMEDIO</b>		<b>87,1</b>	<b>13,7</b>				

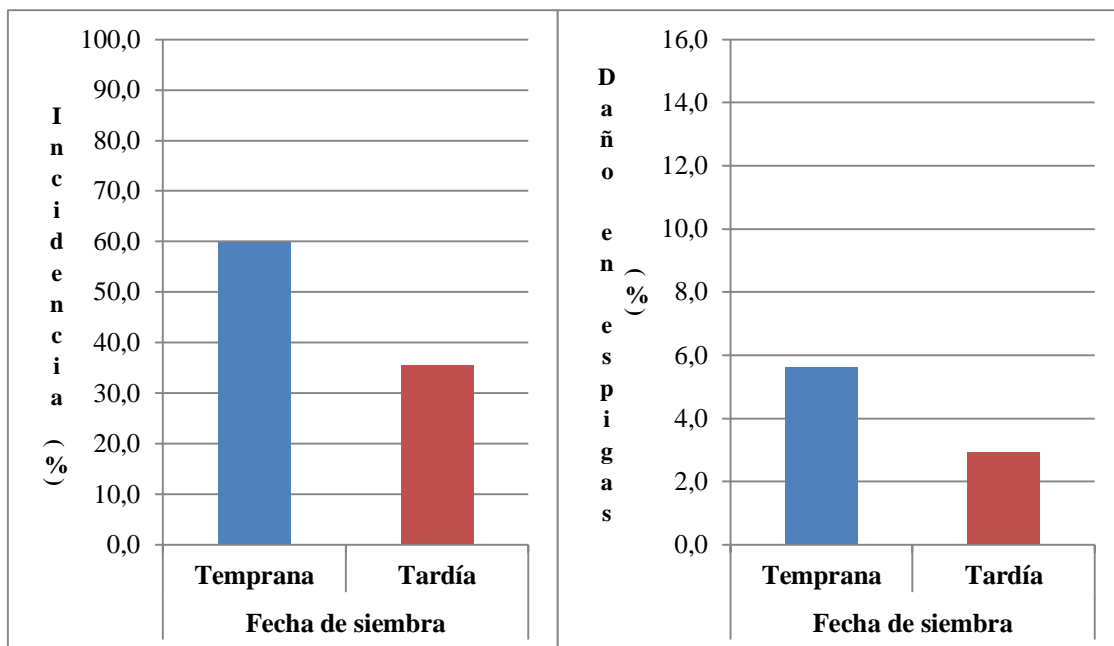


**Figura 9:** Incidencia media (%) y daño promedio en espigas (%), por *H. zea* para dos fechas de siembra en el sudoeste de Córdoba. Campaña 2015/16.

Para el ciclo 2016/17 la incidencia en los lotes de fecha temprana fue menor comparado a la campaña anterior, registrándose en promedio un 59,8% de plantas dañadas, con un rango entre 3 y 99%, mientras que en los lotes sembrados durante noviembre–diciembre se encontró mayor cantidad de plantas dañadas por *H. zea* que el ciclo anterior llegando al 35,5%, con un rango entre 4 y 72% de incidencia. En cuanto al porcentaje de daño en espigas, en las siembras tempranas se observó un daño menor al ciclo anterior, con un promedio del 5,6% y un rango entre 0,2 y 14,3%, mientras que para los lotes de siembra tardía el promedio fue del 3,0% con un rango entre 0,3 y 7,0%, levemente mayor que el ciclo anterior (Tabla 2, Figura 10).

**Tabla 2:** Datos de incidencia y porcentaje de daño en espigas producidos por *H. zea* en lotes de maíz con fecha de siembra temprana y tardía para el ciclo 2016/17, en el sudoeste de Córdoba.

LOTE	FECHA SIEMBRA	INCIDENCIA (%)	DAÑO EN ESPIGAS (%)	LOTE	FECHA SIEMBRA	INCIDENCIA (%)	DAÑO EN ESPIGAS (%)
1	TEMPRANA	22,0	1,5	26	TARDÍA	4,0	0,3
2	TEMPRANA	10,0	0,6	27	TARDÍA	56,0	4,4
3	TEMPRANA	3,0	0,2	28	TARDÍA	18,0	1,2
4	TEMPRANA	27,0	2,0	29	TARDÍA	17,0	0,9
5	TEMPRANA	20,0	1,3	30	TARDÍA	28,0	1,8
6	TEMPRANA	25,0	1,5	31	TARDÍA	18,0	1,1
7	TEMPRANA	53,0	3,3	32	TARDÍA	25,0	1,6
8	TEMPRANA	85,0	9,8	33	TARDÍA	48,0	3,6
9	TEMPRANA	61,0	4,4	34	TARDÍA	60,0	5,9
10	TEMPRANA	29,0	2,0	35	TARDÍA	35,0	2,7
11	TEMPRANA	44,0	3,0	36	TARDÍA	27,0	2,1
12	TEMPRANA	50,0	3,9	37	TARDÍA	38,0	3,2
13	TEMPRANA	69,0	5,6	38	TARDÍA	43,0	3,6
14	TEMPRANA	97,0	12,4	39	TARDÍA	38,0	3,0
15	TEMPRANA	91,0	7,1	40	TARDÍA	21,0	1,5
16	TEMPRANA	93,0	14,3	41	TARDÍA	48,0	5,7
17	TEMPRANA	88,0	8,6	42	TARDÍA	32,0	2,5
18	TEMPRANA	95,0	10,0	43	TARDÍA	30,0	2,3
19	TEMPRANA	96,0	11,2	44	TARDÍA	72,0	6,3
20	TEMPRANA	38,0	3,3	45	TARDÍA	29,0	2,1
21	TEMPRANA	90,0	9,9	46	TARDÍA	42,0	3,7
22	TEMPRANA	71,0	6,3	47	TARDÍA	68,0	7,0
23	TEMPRANA	75,0	6,3	48	TARDÍA	36,0	2,5
24	TEMPRANA	64,0	3,9	49	TARDÍA	5,0	0,3
25	TEMPRANA	99,0	8,4	50	TARDÍA	28,0	2,6
<b>PROMEDIO</b>		<b>59,8</b>	<b>5,6</b>	51	TARDIA	57,0	4,8
				<b>PROMEDIO</b>		<b>35,5</b>	<b>3,0</b>



**Figura 10:** Incidencia media (%) y daño promedio en espigas (%), por *Helicoverpa zea* para dos fechas de siembra en el sudoeste de Córdoba. Campaña 2016/17.

Cabe destacar que durante el relevamiento de los lotes de fecha de siembra tardía, en ambos ciclos agrícolas, se observó una elevada cantidad de larvas afectadas por hongos entomopatógenos (Figura 11) y la presencia de controladores biológicos como *Orius insidiosus* predando huevos y primeros estadios larvales de *H. zea*, como así también otros predadores de larvas como *Callosoma argentinensis* (Figura 12).

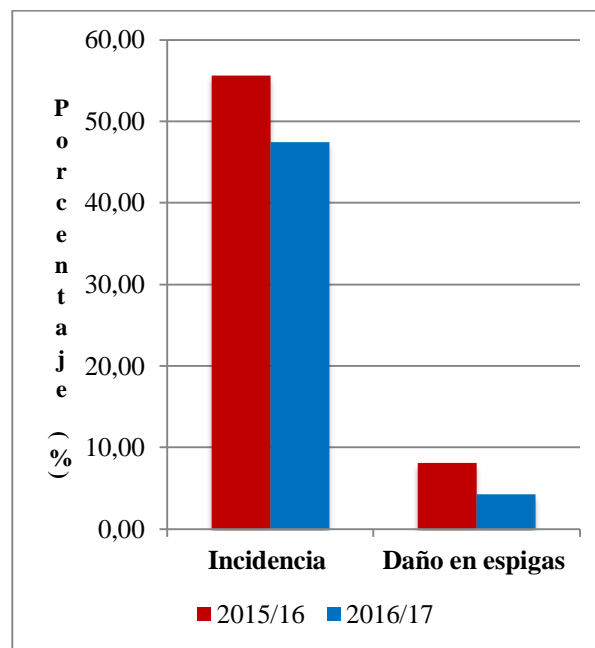


**Figura 11.** Larvas afectadas por hongos entomopatógenos.



**Figura 12.** (a) *Orius insidiosus* predando huevos (Ruberson, 2003), (b) *Callosoma argentinensis* predando larva de *H. zea*.

En resumen, la intensidad final de esta especie para el sudoeste de Córdoba fue mayor para la campaña 2015/16, con una incidencia media de 55,59% y 8,12% de daño en espigas, en relación al ciclo 2016/17, en donde hubo un 47,41% de incidencia y 4,27% de daño en espigas (Figura 13).



**Figura 13:** Intensidad de *H. zea* para el sudoeste de Córdoba durante las Campañas 2015/16 y 2016/17.

Respecto a las pérdidas causadas por *H. zea*, durante la campaña 2015/16 sobre aquellos lotes de siembra temprana relevados, las mismas presentaron un rango entre 1,24 y 8,01%, con un promedio de 3,75%. Para los lotes de fechas de siembra tardía, en cambio, los valores oscilaron entre 0,11 y 1,50%, con un promedio de 0,68% (Tabla 3).

**Tabla 3:** Incidencia (%), Pérdida (%) y Pérdida ponderada (%) por *H. zea* en lotes de maíz de fecha de siembra temprana y tardía, durante el ciclo agrícola 2015/16 en el sudoeste de Córdoba.

LOTE	FECHA SIEMBRA	INCIDENCIA (%)	PÉRDIDA (%)	PÉRDIDA PONDERADA (%)
1	TEMPRANA	96,0	2,97	2,85
2	TEMPRANA	96,0	3,90	3,74
3	TEMPRANA	96,0	4,13	3,96
4	TEMPRANA	94,0	8,01	7,53
5	TEMPRANA	93,0	3,93	3,65
6	TEMPRANA	97,0	4,97	4,82
7	TEMPRANA	87,0	2,50	2,18
8	TEMPRANA	93,0	3,60	3,35
9	TEMPRANA	77,0	1,93	1,49
10	TEMPRANA	100,0	5,71	5,71
11	TEMPRANA	77,0	2,63	2,03
12	TEMPRANA	85,0	3,31	2,81
13	TEMPRANA	100,0	4,78	4,78
14	TEMPRANA	99,0	3,00	2,97
15	TEMPRANA	97,0	5,30	5,14
16	TEMPRANA	50,0	1,24	0,62
17	TEMPRANA	83,0	4,20	3,49
18	TEMPRANA	90,0	4,29	3,86
19	TEMPRANA	64,0	1,68	1,08
20	TEMPRANA	74,0	1,86	1,38
21	TEMPRANA	85,0	2,42	2,06
22	TEMPRANA	91,0	5,50	5,01
23	TEMPRANA	81,0	2,92	2,37
24	TEMPRANA	84,0	4,85	4,07
25	TEMPRANA	89,0	5,31	4,73
26	TEMPRANA	86,0	2,56	2,20
<b>PROMEDIO</b>		<b>87,1</b>	<b>3,75</b>	<b>3,38</b>
27	TARDÍA	43,0	1,15	0,49
28	TARDÍA	19,0	0,59	0,11
29	TARDÍA	30,0	0,77	0,23
30	TARDÍA	32,0	0,75	0,24
31	TARDÍA	29,0	1,08	0,31
32	TARDÍA	11,0	0,30	0,03
33	TARDÍA	19,0	0,65	0,12
34	TARDÍA	5,0	0,11	0,01
35	TARDÍA	6,0	0,13	0,01
36	TARDÍA	8,0	0,23	0,02
37	TARDÍA	19,0	0,72	0,14
38	TARDÍA	37,0	1,28	0,47
39	TARDÍA	25,0	1,50	0,38

40	TARDÍA	15,0	0,52	0,08
41	TARDÍA	22,0	0,83	0,18
42	TARDÍA	13,0	0,49	0,06
43	TARDÍA	16,0	0,34	0,05
44	TARDÍA	29,0	1,20	0,35
45	TARDÍA	8,0	0,32	0,03
46	TARDÍA	14,0	0,42	0,06
47	TARDÍA	15,0	0,53	0,08
48	TARDÍA	30,0	1,21	0,36
49	TARDÍA	15,0	0,46	0,07
<b>PROMEDIO</b>		<b>20,0</b>	<b>0,68</b>	<b>0,17</b>

Para el ciclo 2016/17 las pérdidas cuantificadas en lotes de fecha temprana fueron menores comparadas a la campaña anterior, encontrándose un 2,02% en promedio, con un rango entre 0,05 y 11,22%, mientras que en aquellos lotes sembrados durante noviembre–diciembre se encontró un valor mayor que el ciclo anterior, llegando en promedio a 1,34%, con un rango entre 0,08 y 3,0% (Tabla 4).

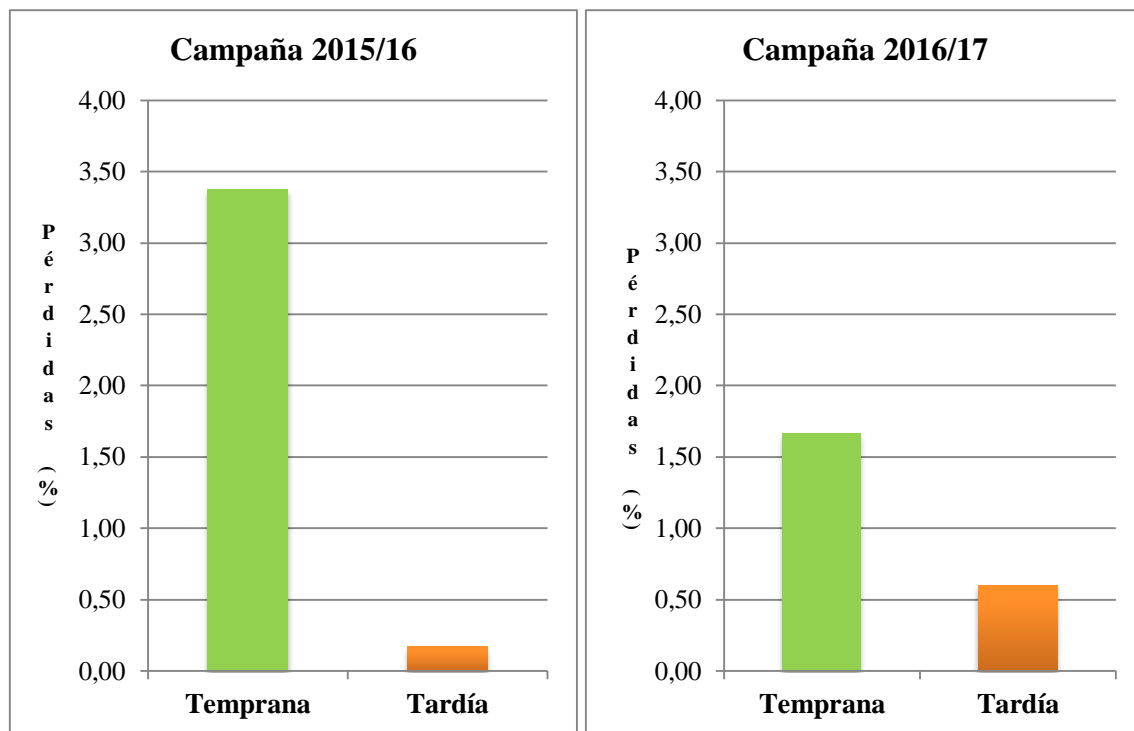
**Tabla 4:** Incidencia (%), Pérdida (%) y Pérdida ponderada (%) por *H. zea* en lotes de maíz de fecha de siembra temprana y tardía, durante el ciclo agrícola 2016/17 en el sudoeste de Córdoba.

<b>LOTE</b>	<b>FECHA SIEMBRA</b>	<b>INCIDENCIA (%)</b>	<b>PÉRDIDA (%)</b>	<b>PÉRDIDA PONDERADA (%)</b>
1	TEMPRANA	22,0	0,21	0,05
2	TEMPRANA	10,0	0,12	0,01
3	TEMPRANA	3,0	0,05	0,00
4	TEMPRANA	27,0	0,84	0,23
5	TEMPRANA	20,0	0,32	0,06
6	TEMPRANA	25,0	0,43	0,11
7	TEMPRANA	53,0	0,75	0,40
8	TEMPRANA	85,0	2,92	2,48
9	TEMPRANA	61,0	1,00	0,61
10	TEMPRANA	29,0	0,52	0,15
11	TEMPRANA	44,0	0,83	0,37
12	TEMPRANA	50,0	1,23	0,62
13	TEMPRANA	69,0	1,02	0,70
14	TEMPRANA	97,0	2,45	2,38
15	TEMPRANA	91,0	2,45	2,23
16	TEMPRANA	93,0	2,80	2,60
17	TEMPRANA	88,0	3,58	3,15
18	TEMPRANA	95,0	4,25	4,04
19	TEMPRANA	96,0	2,42	2,32
20	TEMPRANA	38,0	0,77	0,29



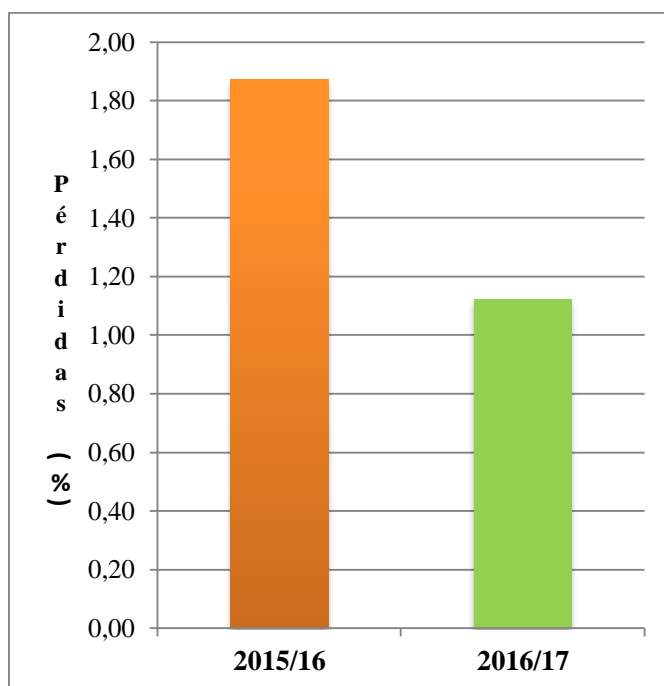
21	TEMPRANA	90,0	2,81	2,53
22	TEMPRANA	71,0	3,10	2,20
23	TEMPRANA	75,0	2,37	1,78
24	TEMPRANA	64,0	2,01	1,29
25	TEMPRANA	99,0	11,22	11,11
<b>PROMEDIO</b>		<b>59,8</b>	<b>2,02</b>	<b>1,67</b>
26	TARDÍA	4,0	0,08	0,00
27	TARDÍA	56,0	2,08	1,16
28	TARDÍA	18,0	0,28	0,05
29	TARDÍA	17,0	0,35	0,06
30	TARDÍA	28,0	1,17	0,33
31	TARDÍA	18,0	0,53	0,10
32	TARDÍA	25,0	0,85	0,21
33	TARDÍA	48,0	1,56	0,75
34	TARDÍA	60,0	2,21	1,33
35	TARDÍA	35,0	1,76	0,62
36	TARDÍA	27,0	0,73	0,20
37	TARDÍA	38,0	1,45	0,55
38	TARDÍA	43,0	1,60	0,69
39	TARDÍA	38,0	1,04	0,40
40	TARDÍA	21,0	0,81	0,17
41	TARDÍA	48,0	2,40	1,15
42	TARDÍA	32,0	0,90	0,29
43	TARDÍA	30,0	1,34	0,40
44	TARDÍA	72,0	2,92	2,10
45	TARDÍA	29,0	1,34	0,39
46	TARDÍA	42,0	1,34	0,56
47	TARDÍA	68,0	3,00	2,04
48	TARDÍA	36,0	1,51	0,54
49	TARDÍA	5,0	0,13	0,01
50	TARDÍA	28,0	1,55	0,43
51	TARDÍA	57,0	1,82	1,04
<b>PROMEDIO</b>		<b>35,5</b>	<b>1,34</b>	<b>0,60</b>

Con respecto a las pérdidas ponderadas en los lotes relevados para las dos fechas de siembra evaluadas causadas por *H. zea*, estas fueron más elevadas en siembras tempranas que tardías, observándose la mayor diferencia en la campaña 2015/16, con una pérdida promedio de 3,38% en maíces tempranos, con un rango entre 0,62 y 7,53%, mientras que en fechas de siembra tardía el promedio fue de 0,17%, con un rango entre 0,01 y 0,49% (Tabla 3, Figura 14). En el ciclo 2016/17 la diferencia entre fechas de siembra fue menor, 1,67% en maíces tempranos (entre 0,00 y 11,11%) y 0,60% en maíces tardíos (entre 0,00 y 2,10%) respectivamente (Tabla 4, Figura 14).



**Figura 14:** Pérdidas ponderadas por *H. zea* para las dos fechas de siembra, en el sudoeste de Córdoba. Campañas 2015/16 y 2016/17.

Al analizar las pérdidas ponderadas promedio de ambos ciclos agrícolas (Figura 15), las mismas se correspondieron con la intensidad de la plaga evaluada, dando como resultado una mayor magnitud para la campaña 2015/16 llegando al 1,87%, comparado con el ciclo 2016/17 en donde se cuantificó el 1,12%.



**Figura 15:** Pérdidas ponderadas promedio, causadas por *H. zea* al cultivo de maíz, en el sudoeste de Córdoba. Campañas 2015/16 y 2016/17.

## Discusión

Los resultados indican que en la región sudoeste de la provincia de Córdoba, *Helicoverpa zea* se presentó en todos los lotes de maíz en las dos campañas agrícolas evaluadas, demostrando la elevada presencia de este lepidóptero sobre los maíces sembrados en esa región, coincidiendo con lo señalado por Massoni *et al.* (2014), para la región noreste de nuestro país, y lo indicado por otros autores en otras regiones productivas del continente americano (Wiseman y Davis, 1990; Gueldner *et al.*, 1992; Buntin *et al.*, 2001; Bergvinson, 2005; Rodríguez del Bosque *et al.*, 2012).

En cuanto a la intensidad del daño producido por esta especie, para ambas campañas agrícolas, se observó mayor incidencia y porcentaje de daño sobre los lotes de fechas de siembra temprana con respecto a los de siembras tardías, comportamiento que coincide con lo señalado por Swarc *et al.* (2015), aunque otros autores manifiestan que existe una mayor incidencia y preocupación por los daños en fechas de siembra tardía del cultivo en la región este de Córdoba y sur de Santa Fe (Flores, 2010; Balbi y Flores, 2015; Leiva, 2014). Una de las posibles causas de la menor intensidad de *H. zea* encontrada en los lotes de fecha de siembra tardía, podría ser la elevada cantidad de larvas afectadas por hongos entomopatógenos y una mayor actividad de predadores de huevos como *Orius* spp. observados durante el relevamiento, los cuales se señalan como los principales reguladores de las poblaciones de *H. zea* (Vargas y Nishida, 1980; Del Rincón-Castro *et al.*, 2006; Albajes *et al.*, 2011; Acuña *et al.*, 2015; Tulli *et al.*, 2016; Rios *et al.*, 2017).

Con respecto a los parámetros evaluados, se determinaron mayores valores para la campaña 2015/16, con una incidencia media de 55,59% y un 8,12% de daño en espigas, en relación al ciclo 2016/17, en donde hubo un 47,41% de incidencia y 4,27% de daño en espigas, coincidiendo con los resultados obtenidos por Massoni *et al.* (2014) y Balbi y Flores (2015) en nuestro país, aunque muy superiores a los reportados en otras regiones productivas del cultivo en el hemisferio norte (Virginia Cooperative Extension, 2015, 2017).

En cuanto a las pérdidas causadas por *H. zea*, durante ambas campañas agrícolas fueron mayores sobre los maíces de siembra temprana, en contraposición a lo encontrado por Rodríguez del Bosque *et al.* (2012). Los valores de pérdidas promedios registrados de 3,75% y 2,02% para cada campaña agrícola respectivamente fueron inferiores a los encontrados por otros autores en lotes de maíz de producción temprana en EE.UU (Boyd y Bailey, 2001).

Al analizar las pérdidas ponderadas de ambos ciclos agrícolas, las mismas se correspondieron con la intensidad de la plaga evaluada, dando como resultado una mayor magnitud para la campaña 2015/16 llegando al 1,87%, comparada con la campaña 2016/17, en donde se cuantificó el 1,12%, siendo ambos valores menores a los señalados por otros autores en el cinturón maicero de EE.UU, que determinaron valores de pérdidas promedio del 2,5% anuales (Cook y Weinzierl, 2004).

Los resultados de este trabajo aportan los primeros datos de la importancia de *Helicoverpa zea* en el cultivo de maíz en la región sudoeste de la provincia de Córdoba. Esta información es la base para poder analizar la necesidad de contar con medidas de manejo de la plaga y determinar el desarrollo de las mismas. Sin los valores de prevalencia, intensidad y pérdidas causadas por una plaga es muy difícil fijar objetivos para el desarrollo de estrategias de control para la misma.

### COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CON DIFERENTES EVENTOS BIOTECNOLÓGICOS FRENTE A *Helicoverpa zea*

#### Antecedentes

El control químico de *H. zea* no es una estrategia relevante para lotes comerciales de producción de granos, debido a que los híbridos presentan una estación de crecimiento larga y un menor valor del grano, en relación a lotes de producción de maíz dulce. Además, las fechas de siembra de dichos lotes están planificadas para alcanzar el potencial agronómico, y las aplicaciones de insecticidas para controlar las larvas de *H. zea* durante la emergencia de los estigmas son logísticamente difíciles debido a la altura del cultivo, la gran superficie cultivada y el desafío de hacer contacto con las larvas una vez que eclosionan; por lo tanto, los tratamientos son poco prácticos y antieconómicos (Buntin, 2008).

En los últimos años, la búsqueda de nuevas alternativas de energía se ha profundizado debido, principalmente, a los elevados precios del petróleo, teniendo muchos países además exigencias en el uso de energías renovables, como la bioenergía obtenida a partir de cultivos, árboles y desechos. Los biocombustibles constituyen las energías renovables que más han crecido y entre ellos, el etanol, el cual representa el 90% del suministro mundial de biocombustibles líquidos proveniente principalmente de la caña de azúcar y del maíz. Esto ha conducido a que el maíz, además de fuente alimenticia, sea la fuente de energía renovable más importante del mundo. Es por ello que fue el primer cereal sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como ha sucedido con la aparición de los híbridos. El éxito en los avances tecnológicos del cultivo de maíz derivó en una revolución agrícola generalizada en muchas partes del mundo (Golik *et al.*, 2018).

El desarrollo actual de la biotecnología ha posibilitado la creación de organismos portadores de combinaciones de genes inter-específicos, generalmente no disponibles en la naturaleza, a los cuales se los denomina organismos genéticamente modificados (OGM) (Watson *et al.*, 2004). La tecnología de modificación genética se implementó en varios cultivos con diferentes grados de éxito. Una de las aplicaciones más exitosas y ampliamente utilizadas de esta tecnología fue la integración de genes de la bacteria del suelo, *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Bt), para la protección contra insectos-plaga (Roh *et al.*, 2007). Las plantas de maíz fueron modificadas genéticamente para expresar

proteínas cristalinas Bt, conocidas como proteínas “Cry” o “ $\delta$ -endotoxinas” las que, una vez ingeridas, tienen propiedades tóxicas para algunos grupos de insectos (Hegelson *et al.*, 2000). En general, la toxina Cry (toxina Bt) es producida por *B. thuringiensis* en una forma inactiva (protoxina ~130 kDa), que se procesa en su forma activa (~70 kDa) por las proteasas del intestino medio (mesenterón) del insecto. La toxina activa se une a receptores específicos en el revestimiento del mesenterón y causa la formación de poros microscópicos, a través de los cuales, el contenido alcalino del intestino medio se filtra hacia la hemolinfa. Esto perturba el equilibrio iónico normal en el cuerpo del insecto que resulta en su muerte final (Gupta y Jindal, 2014).

Las proteínas insecticidas de *Bacillus thuringiensis* expresadas de forma heteróloga en tejidos vegetales representan una estrategia de manejo relativamente nueva y han reducido las limitaciones asociadas al manejo de las plagas de maíz con insecticidas sintéticos (Rice, 2004). Esta estrategia ha avanzado rápidamente en los últimos 15 años como resultado del desarrollo competitivo y la adopción comercial de cultivos Bt transgénicos (Rule *et al.*, 2014).

Los primeros cultivos genéticamente modificados se establecieron durante 1996 en Estados Unidos, con un área total de 1,7 millones de hectáreas (ISAAA, 2017). Desde entonces, ha ocurrido un aumento constante en el uso de cultivos transgénicos durante 22 años consecutivos (Carzoli *et al.*, 2018). Con una elevada tasa de adopción y el aumento en la cantidad de superficie dedicada a los mismos, se confirma que esta tecnología ha sido la técnica agrícola más rápidamente adoptada en la historia moderna (Khush, 2012).

Entre los beneficios derivados de su introducción, y que apoyaron ese crecimiento, puede señalarse el efectivo control de las plagas objetivo para el cual habían sido desarrollados (Gatehouse, 2008). Esto impactó positivamente en varios aspectos: en el resultado productivo del cultivo (cantidad, calidad, sanidad y seguridad) (Pellegrino *et al.*, 2018); en el ambiente, a través de una reducción significativa en el uso de insecticidas sintéticos (Ferre y Van Rie, 2002), como así también sobre el impacto ambiental asociado al uso de herbicidas e insecticidas en estos cultivos, según lo mide el indicador del coeficiente de impacto ambiental (EIQ) en un 18,1% (Brookes y Barfoot, 2013); y en la sociedad, posibilitando la expansión de distintos sistemas de producción, tales como las siembras tardías, con efectos sobre la producción, la rotación y el suelo.

En Argentina, los maíces genéticamente modificados crecieron sostenidamente en superficie, desde su liberación en la campaña 1998/99, alcanzando en los últimos registros (2016/17) valores cercanos al 95% de la superficie sembrada, aproximadamente unas 5,5

millones de ha (Argenbio, 2017; ISAAA, 2017). La interacción de los eventos transgénicos combinados con la genética (con sus impactos directos e indirectos) y con mejoras en el manejo del cultivo (calidad de siembra, control de malezas y plagas, fertilización, etc.) han permitido incrementos significativos en la productividad del maíz en Argentina junto con la expansión del área maicera hacia zonas previamente consideradas marginales (Satorre, 2014).

Dentro de los materiales sembrados en nuestro país, a partir del año 2007, varios híbridos incluyeron la tecnología MaízGard® (MGRR2), con los eventos NK603 x MON810, que expresan dos proteínas: CP4 EPSPS que confiere tolerancia al glifosato (TG), y la deltaendotoxina Cry1Ab. En el año 2008 se aprobó la producción y comercialización de híbridos con un nuevo evento de transformación denominado NK603 x TC 1507 Herculex® Insect Protection (HX) (Dow AgroSciences, Indianapolis) que expresa dos proteínas: CP4 EPSPS que confiere tolerancia al glifosato (TG) y la proteína insecticida Cry1F que amplió el espectro de control de lepidópteros, incluyendo al “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*) y dos especies de “orugas cortadoras” del hemisferio norte (*Striacosta albicosta* y *Agrotis ipsilon*), además de los barrenadores de maíz que controla Cry1Ab (Buschman *et al.*, 2001; Royer *et al.*, 2003; Buntin, 2008; Siebert *et al.*, 2008). Más tarde, en 2010, se aprobó la producción y comercialización de híbridos de maíz Bt de segunda generación, bajo la marca Genuity VT Triple PRO™. Estos materiales incluyen los eventos MON89034 y MON88017, que expresan en total tres proteínas insecticidas y una proteína que confiere tolerancia a Glifosato. El MON89034 produce las proteínas Cry1A.105, que proporciona mayor actividad contra *Spodoptera frugiperda* y *Agrotis ipsilon*, y Cry2Ab2, que presenta mejor desempeño sobre *Helicoverpa zea* (Monsanto, 2009; Drury *et al.*, 2008), mientras que MON88017, produce Cry3Bb1 que confiere resistencia al gusano de la raíz del maíz (*Diabrotica* sp.) y también expresa tolerancia al glifosato (C.E.R.A, 2010).

El evento MON810 (Monsanto Co., St. Louis) expresa la proteína tóxica en hojas, tallo y granos, por lo que es biológicamente activa contra *H. zea* (Armstrong *et al.*, 1995; Sims *et al.*, 1996; Williams *et al.*, 1997). Sin embargo, muchas larvas pueden sobrevivir y completar el desarrollo en las espigas de maíz Bt (Sims *et al.*, 1996; Storer *et al.*, 2001; Buntin *et al.*, 2001), aunque pueden sufrir efectos negativos tales como afecciones físicas, desarrollo prolongado, disminución del peso larvario, fecundidad reducida (Hornby y Gardner 1987; Halcomb *et al.*, 1996; Sims *et al.*, 1996; Williams *et al.*, 1998), y una mayor exposición a enemigos naturales (Mascarenhas y Luttrell, 1997). Algunos autores señalan

que esta proteína confiere resistencia al ataque de *Diatraea saccharalis* y *Spodoptera frugiperda*, reduciendo considerablemente el daño de dichas especies (Peixoto, 1999), mientras que para *H. zea* disminuye las infestaciones (número de larvas en las espigas) y, aunque no impide su establecimiento, dichas larvas se desarrollan más lentamente y causan mucho menos daño sobre los granos en las plantas con el evento MON810 (Buntin *et al.*, 2001). Al respecto, Chilcutt *et al.* (2007), destacan que *H. zea* es más susceptible a la mencionada toxina que *S. frugiperda*. A su vez Burkness *et al.* (2001) obtuvieron más del 85% de control de *H. zea* en maíz dulce con la expresión de la mencionada toxina. Algunos autores señalan que esta proteína es altamente efectiva contra los barrenadores del tallo, mientras que para *S. frugiperda* y *H. zea* es parcialmente eficaz (Pilcher *et al.*, 1997; Storer *et al.*, 2001; Buntin *et al.*, 2004 a, b; Castro *et al.*, 2004; Buntin, 2008), debido a la menor expresión de la endotoxina en los estigmas y granos, donde se alimenta *H. zea*, en comparación con los niveles en las hojas y el tallo donde se alimenta principalmente los barrenadores (Storer *et al.*, 2001; Horner *et al.*, 2003).

Los antecedentes respecto al efecto de MON810, que expresa la proteína Cry1Ab, sobre los daños causados por las plagas son contradictorios. Algunos autores afirman que la disminución del daño por *H. zea* en las espigas de los híbridos que expresan la toxina Cry1Ab oscila en un rango del 33% al 80% (Storer *et al.*, 2001; Horner *et al.*, 2003), encontrándose también una disminución sobre la cantidad de granos consumidos en un 60% (Horner *et al.*, 2003). Buntin *et al.* (2001, 2004 b) realizaron una serie de ensayos, entre 1998-2000 en Georgia (EEUU), con híbridos que presentaban los eventos MON810 y Bt11, en diferentes fechas de siembra y observaron que estos eventos biotecnológicos disminuyeron el porcentaje de espigas infestadas, el grado de daño en las mismas y las pérdidas de rendimiento por *H. zea*, en las siembras más tardías en todas las localidades evaluadas. Farias (2010), en Brasil, afirma que los maíces *Bt* reducen en forma significativa el porcentaje de plantas afectadas por *H. zea*, encontrando un porcentaje de espigas atacadas por encima del 87% en maíz convencional, para dos fechas de siembra, mientras que en maíz *Bt* observó solo un rango del 30 al 37% en siembra temprana y de 42,5 al 57,5% en siembras tardías. En otra experiencia, el porcentaje de espigas atacadas por *H. zea* fue significativamente menor en el híbrido con MON810 en comparación con el maíz convencional, en las dos fechas de siembra (temprana y tardía), con una reducción muy significativa en el tamaño de la lesión en la espiga (cm), en un rango entre el 65% en siembra temprana al 67,8% en siembra tardía, causada por la acción de la proteína Cry1Ab (Farias *et al.*, 2013).



El evento TC1507, que expresa la proteína Cry1F, permitió expandir el espectro de control sobre otros lepidópteros plaga de maíz, incluyendo al “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*) y dos especies de orugas cortadoras del hemisferio norte (*Striacosta albicosta* y *Agrotis ipsilon*), además de los barrenadores de maíz que controla Cry1Ab. Este mayor nivel de control de plagas, fue uno de los factores clave para la satisfacción del usuario y la rápida adopción de los híbridos que contenían este evento, al igual que una menor necesidad de aplicación de insecticidas (Rule *et al.*, 2014). Buschman *et al.* (2001) en un ensayo de tres híbridos (un híbrido experimental M2395 con el evento TC1507, una isolínea no Bt M2395 y un híbrido comercial P33A14 con el evento MON810) realizado en Kansas (EE.UU), señalan que ambos híbridos transgénicos redujeron significativamente el número de granos dañados por *H. zea*, aunque no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos eventos para este parámetro. Buntin (2008) comparando híbridos transgénicos que expresan Cry1Ab (evento MON810) y Cry1F (evento TC1507) en relación a híbridos no-Bt, en Georgia durante 2006 y 2007, encontró que los híbridos con MON810 presentaron valores significativamente menores de espigas dañadas con respecto a los híbridos no-Bt, mientras que el evento TC1507 no logró reducir considerablemente las infestaciones en espigas, no obstante, ambos eventos redujeron parcialmente el daño en espigas, aunque sin diferencias consistentes entre ellos. Reisig *et al.* (2015), encontraron que los híbridos que expresan solo Cry1F, presentaron la mayor superficie (cm<sup>2</sup>) de granos dañados en espigas por *H. zea*, pero sin diferencias estadísticamente significativas en comparación con los híbridos que expresan solo Cry1Ab, coincidiendo con Buntin (2008) en que Cry1F no reduce el daño por *H. zea*.

En relación al evento MON89034, que expresa las proteínas Cry1A.105 y Cry2Ab2, su incorporación en los híbridos comerciales permitió ampliar el espectro e incrementar aún más la actividad, en el caso de la primer proteína, sobre los barrenadores y *S. frugiperda*, mientras que con la segunda proteína, sobre *H. zea* (Drury *et al.*, 2008). Se demostró en esta última especie, en ensayos de cuatro híbridos con diferentes eventos y sus respectivas isolíneas no Bt, realizados en dos localidades (Florence y Blackville, Carolina del sur, EE.UU), durante 2009 y 2010, una mayor reducción (97%) en la cantidad de granos dañados en espigas en el evento MON89034 en comparación con la isolínea no Bt, mientras que el evento TC1507 redujo el daño en promedio un 53% en ambos años y localidades (Reay-Jones y Wiatrak, 2011). Siebert *et al.* (2012) encontraron que el porcentaje de espigas afectadas, número de larvas y consumo de granos (cm<sup>2</sup>) fueron

significativamente menores en híbridos de maíz que contienen Cry1A.105 y Cry2Ab2 comparado con híbridos que expresan Cry1F y un testigo no Bt, coincidiendo nuevamente con los hallazgos de Buntin (2008), que manifiesta que aquellos híbridos que expresan solo Cry1F no redujeron las infestaciones de espigas por *H. zea* en relación a un testigo no Bt. Los híbridos de maíz que contienen Cry1A.105 y Cry2Ab2 proporcionan mejores niveles de eficacia contra *H. zea* en comparación con híbridos Bt que contienen solo la proteína Cry1Ab, ya que Cry2Ab2 es más activa contra la isoca de la espiga (Drury *et al.*, 2008). Rule *et al.* (2014) encontraron que los híbridos de maíz con el evento MON 89034 proporcionaron un mejor control de *H. zea*, que el evento TC1507 solo, manifestando que el espectro de actividad sobre lepidópteros de los eventos TC1507 y MON 89034 fueron diferentes.

Las pérdidas globales de la producción de maíz debido a plagas y malezas se estiman en 31,2% y 10,5%, respectivamente (Oerke, 2006). La liberación de los primeros eventos transgénicos con resistencia a insectos (Bt) y tolerancia a herbicidas (Schuler *et al.*, 1998; Bates *et al.*, 2005) no se diseñaron para aumentar el rendimiento directamente, pero la experiencia ha demostrado que, al reducir las pérdidas por plagas y la competencia de las malezas, estas variedades o híbridos, en muchos casos, han producido un mayor rendimiento en comparación con los cultivos convencionales (Park *et al.*, 2011). Un estudio elaborado recientemente por Pellegrino *et al.* (2018) señala que los híbridos de maíz genéticamente modificados (GM) aumentaron el rendimiento en un 10,1%, lo que corresponde a 0,7 t ha<sup>-1</sup>, valor calculado sobre el rendimiento promedio de grano de las isolíneas convencionales (No GM) o cercanas de las isolíneas, utilizando un alto número de observaciones a nivel mundial (n=276), confirmando los resultados previos que indicaban un incremento del rendimiento de maíces GM de 0,6 t ha<sup>-1</sup> (Areal *et al.*, 2013).

Se ha demostrado la capacidad de las nuevas tecnologías de maíz transgénico Bt para reducir el daño de *H. zea*, sin embargo, las respuestas directas en el rendimiento asociadas con los menores daños de la plaga han sido inconsistentes en EEUU, ya que algunos estudios demuestran que el maíz Bt aumenta el rendimiento en relación al maíz no Bt bajo ciertas condiciones en algunos años (Buntin *et al.*, 2001; Burkness *et al.*, 2001, 2002; Cantangui y Berg, 2002; Cantangui, 2003; Dillehay *et al.*, 2004; Bowen *et al.*, 2014) mientras que otros estudios muestran que dichos daños no afectan el rendimiento (Archer *et al.*, 2000; Cox y Cherney, 2001; Baute *et al.*, 2002; Buntin *et al.*, 2004b; Reay-Jones y Wiatrak, 2011; Reay-Jones y Reisig, 2014).

En nuestro país Guarino y Satorre (2015) detallando las fortalezas y debilidades de

los eventos biotecnológicos en maíz, mencionan reducciones de rendimiento por daños ocasionados por *H. zea* estimadas entre 300 a 700 kg/ha, resaltando que los eventos MG y TDMax, que no cuentan con protección contra la plaga, son los que tuvieron las mayores pérdidas. Los eventos PW y VT Triple pro cuentan con protección contra la “isoca de la espiga”, aunque la misma resulta parcial, y mostraron niveles intermedios de pérdida de rendimiento. Por último, el evento Viptera es, entre los eventos disponibles en el mercado actualmente, el que consistentemente ha mostrado los mejores controles sobre esta plaga, diferenciándose marcadamente del resto de los eventos especialmente en los cultivos tardíos.

Debido a su hábito migratorio y su preferencia por los estigmas, algunas tácticas de manejo efectivas incluyen la siembra temprana para que los estigmas maduren antes de la llegada de las hembras a los lotes (Buntin, 2008). Ermacora y col. (2018) evaluando distintos eventos en maíz para el control de *H. zea* a lo largo de ocho campañas (2010/11 a 2017/18) en la zona norte de Bs. As., observaron que, en fechas de siembra convencionales, las pérdidas de rendimiento alcanzan valores hasta 130 kg/ha, con un promedio de 60 kg/ha, donde los eventos MG y HX presentaron valores similares, mientras que VT3 pro, en comparación, mostró los menores valores de pérdidas. Ocurrió algo similar en las fechas de siembra tardía ya que los eventos MG y HX mostraron los mayores valores de pérdidas, entre 328 a 492 kg/ha, diferenciándose estadísticamente del evento VT3 pro, que mostró valores significativamente menores de pérdidas de rendimiento por *H. zea*.

En los últimos años en Argentina, varios estudios analizaron el efecto de diferentes eventos biotecnológicos para el control de lepidópteros, incluidos *H. zea*, en diferentes híbridos de maíz. En la provincia de Santa Fe, Massoni *et al.* (2014) evaluaron daños por *H. zea* en el híbrido DK692 de maíz con dos eventos Bt (VTtriple Pro® y Maíz Gard®) y convencional (sin evento para lepidópteros), encontrando la menor incidencia (24%) y daño (0,6% de granos dañados) en el híbrido con eventos apilados VT Triple pro. En cuanto al rendimiento, solo existieron diferencias significativas entre el tratamiento sin evento (no Bt) y VTtriple Pro. Massoni *et al.* (2015) evaluando cuatro híbridos con diferentes eventos biotecnológicos (DK 7210 Maiz Gard, DK 7210 VTtriple pro, DK 7210 sin eventos, Dw 560 Herculex, Dw 510 Powercore y NK 900 Vip3), encontraron diferencias estadísticas significativas para el parámetro incidencia donde el mejor comportamiento lo presentó el híbrido NK 900 Vip3 (5%). En cuanto a los granos dañados/espiga los híbridos con eventos presentaron valores entre 0,1 y 1,9%, menores al

testigo (2,4%), manifestando los autores que el daño ocasionado por *H. zea* no presenta alta incidencia en los rendimientos.

En la estación experimental del INTA Reconquista, Swarc *et al.* (2015) evaluando diferentes eventos Bt (Maíz Gard®, Herculex®, TDmax®, VTtriple Pro® y Powercore®) incorporados a híbridos de maíz en dos fechas de siembra, una temprana (agosto) y una tardía (enero), obtuvieron en la fecha de siembra temprana, en promedio, un 82% de espigas dañadas con un daño promedio por espiga de 3,89 cm. Se destacó el evento Powercore por su menor porcentaje de espigas dañadas (38%) respecto del resto de los eventos (RR:96%; MG:85%; HX:96%; TDMax:96%; VT3P:81%) que no se diferenciaron estadísticamente entre sí. En cuanto a la longitud del daño (cm), el evento PW registró un valor de 1,01 cm, siendo el de mejor desempeño seguido por VT3P (2,66 cm), MG en tercer lugar (3,93 cm), TDMAX (4,74 cm) y luego el testigo sin eventos (5,35 cm), que no se diferenció estadísticamente de HX (5,68 cm). En la segunda fecha de siembra todas las variables estudiadas presentaron valores más bajos que las siembras tempranas, el porcentaje general de espigas dañadas disminuyó al 32%, mientras que el daño promedio fue de 1,14 cm. Nuevamente se destacaron los eventos PW (0,36 cm) y VT3P (0,32 cm) para el daño de espigas, diferenciándose de TDMAX (1,02 cm), HX (1,34 cm) y MG (1,24 cm) y del testigo con mayor daño (2,59 cm). En cuanto a las espigas dañadas solo hubo diferencias estadísticas entre PW (9%), con respecto a TDMAX (41%) y MG (36%) y el testigo RR (64%), mientras que el VT3P (13%) y HX (31%) mostraron valores intermedios. Estos resultados conducen a concluir a los autores que el atrasar la fecha de siembra les permitiría escapar al ataque de esta plaga.

En Villa Mercedes (San Luis), Bonivardo *et al.* (2015) estudiaron el comportamiento de híbridos de maíz con el evento Maíz Gard® en siembras tardías frente al ataque de *H. zea*. Los tratamientos fueron: Dekalb 747 MG RR2 (1); Pionner 1845 MG RR (2); Dekalb 670 VTtriple Pro (3) y Dekalb 670 RR (4). Evaluaron el número de oviposturas, número de granos por espiga y número de granos faltantes por espiga. Los híbridos Dekalb 747 MG RR2 y Dekalb 670 RR mostraron mayor número de oviposturas, pero esto no se reflejó en el número de granos faltantes en espigas. Con respecto al número de granos y número de granos faltantes por espiga, no encontraron diferencias significativas entre tratamientos en ambos ciclos, concluyendo que deben continuarse los estudios sobre el grado de incidencia de *H. zea*, teniendo en cuenta no solo el rendimiento, sino la relación que pueda existir entre el daño y el desarrollo de hongos productores de micotoxinas.

En el campo experimental de la EEA INTA Rafaela (Santa Fe), Massoni *et al.* (2016) evaluaron maíces de siembra tardía, con las tecnologías MaizGard en dos campañas agrícolas (2014/15 y 2015/16: DK72-10 MG RR2), Herculex (2014/15: D560 HX y 2015/16 Baltos HX), VTripPro (2014/15 y 2015/16: DK72-10 VT3P), Powercore (2014/15: 510 PW y 2015/16: 507 PW) y Viptera 3 (2014/15: NK900 Viptera3 y 2015/16: SYN840 Viptera3), expuestos al daño de *S. frugiperda*, *D. saccharalis* y *H. zea*, con respecto a un maíz No-Bt (2014/15 y 2015/16: DK72-10 RR). En ambas campañas agrícolas se registró una mayor población de larvas de *H. zea* en el Testigo (No-Bt) y en los híbridos con el evento Herculex. Respecto a las plantas con daño en espigas, durante la etapa de grano dentado (R5), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos donde el evento Viptera3 presentó el menor porcentaje (5% y 4% en cada campaña) diferenciándose del resto, que igualaron o superaron el 37% en la campaña 2014/15 y el 67% en la campaña siguiente.

Si bien en otros países y/o regiones de nuestro país existen antecedentes de la intensidad del daño provocado por la “isoca de la espiga” en cultivos de maíz con distintos eventos, para la región sudoeste de la provincia de Córdoba, no se cuenta con datos actuales del comportamiento de híbridos de maíz, con diferentes eventos tecnológicos para *Helicoverpa zea*, que permitan adecuar las estrategias de manejo de esta plaga, por ello se plantearon los siguientes objetivos:

### **Objetivos**

- 1.- Evaluar la incidencia y el grado de daño por *Helicoverpa zea* en híbridos comerciales de maíz con diferentes eventos biotecnológicos de resistencia a lepidópteros, en dos fechas de siembra.
- 2.- Estimar las pérdidas producidas por *H. zea* en dichos híbridos de maíz con diferentes eventos biotecnológicos.

## Materiales y Método

Para evaluar la incidencia y el grado de daño por *Helicoverpa zea* en híbridos comerciales con diferentes eventos biotecnológicos de resistencia a lepidópteros, en cada campaña agrícola (2015/16 y 2016/2017) se plantearon dos ensayos uno en fecha de siembra temprana (octubre) y otro en fecha de siembra tardía (diciembre), con dos híbridos comerciales de maíz, en un lote de producción ubicado a 13 km al este de la ciudad de Río Cuarto, en cercanías al paraje La Gilda (Figura 16).

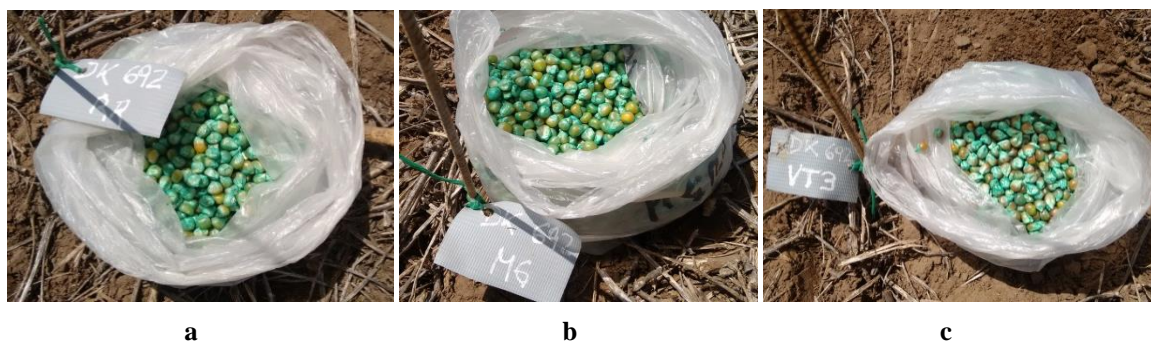


**a**

**b**

**Figura 16.** Ensayos experimentales: siembra temprana (a) y tardía (b).

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar, siendo el tamaño de cada parcela experimental de cuatro surcos de 10 metros de largo, con seis tratamientos: **T1:** Dekalb 692 RR (sin evento para el control de lepidópteros), **T2:** Dekalb 692 MGRR (con evento que codifica la proteína insecticida Cry1ab), **T3:** Dekalb 692 VT3 Pro (con evento que codifica las proteínas insecticidas Cry1a.105 y Cry2ab) (Figura 17, a, b, c), **T4:** Nidera AX 852 RR (sin evento para el control de lepidópteros), **T5:** Nidera AX 852 MGRR (con evento que codifica la proteína insecticida Cry1ab) y **T6:** Nidera AX 852 HX (con evento que codifica la proteína insecticida Cry1Fa2) (Figura 18, a, b, c); y cuatro repeticiones (bloques).



**Figura 17.** Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Dk 692 RR (a), Dk 692 MG RR (b) y Dk VT3 Pro (c).



**Figura 18.** Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Ax 852 RR (a), Ax 852 MG RR (b) y Ax 852 Hx (c).

Para la determinación del comportamiento de los diferentes híbridos frente al ataque de *Helicoverpa zea* se evaluó, en la etapa fenológica R6, en cada parcela los siguientes parámetros:

1.- Incidencia:

$$\text{Plantas con espiga dañada (\%)} = (\text{PEd/Pt}) \times 100$$

Donde: PEd= plantas con espigas dañadas; Pt= plantas totales

2.- Porcentaje de granos dañados en cada espiga:

$$\text{Granos dañados (\%)} = (\text{Gd/Gt}) \times 100$$

Donde: Gd= granos dañados; Gt= granos totales espiga

3.- Longitud dañada en cada espiga (Farias, 2010; Farias *et al.*, 2013; Swarc *et al.*, 2015)



**Longitud dañada (%) = (Cd/Ct) x 100**

Donde: Cd=centímetros de la espiga dañados; Ct=total de centímetros de la espiga.

Las determinaciones de la intensidad de la plaga se realizaron sobre las plantas de los dos surcos centrales en cada parcela (Figura 19), dejando 5 plantas como bordura en ambos extremos. A cada individuo se le evaluó la espiga principal.



**Figura 19.** Determinación de la intensidad de *H. zea* en cada parcela experimental.

#### 4.- Rendimiento

En el momento de humedad de trilla (14,5%), se cuantificó el rendimiento total de cada parcela, mediante la cosecha mecánica de las espigas recolectadas. El peso obtenido resultó de una superficie de 7,9 m<sup>2</sup> el cual se extrapolo a kg/ha. También se cuantificó el peso de 1000 granos para cada tratamiento y repetición.

#### 5.- Pérdidas

Para estimar las pérdidas de producción de los híbridos con diferentes eventos se recolectaron, de cada tratamiento y repetición, 5 espigas totalmente sanas cuantificando el peso de los granos desde el ápice de cada espiga hasta los 5cm (longitud hasta donde se encontró daño en las espigas más afectadas). El mismo procedimiento se efectuó para el



resto de la espiga (Figura 20 y 21). Las pérdidas de las espigas dañadas se calcularon indirectamente utilizando la longitud dañada, expresándolas como porcentaje de disminución del peso de los granos respecto a las espigas sanas, para cada tratamiento y repetición.



**Figura 20.** Espigas de maíz sanas marcadas en los 5 cm apicales.



**a**

**b**

**Figura 21.** Cuantificación del peso de granos en espigas sanas (-a- 5 cm apicales -b- resto de la espiga).

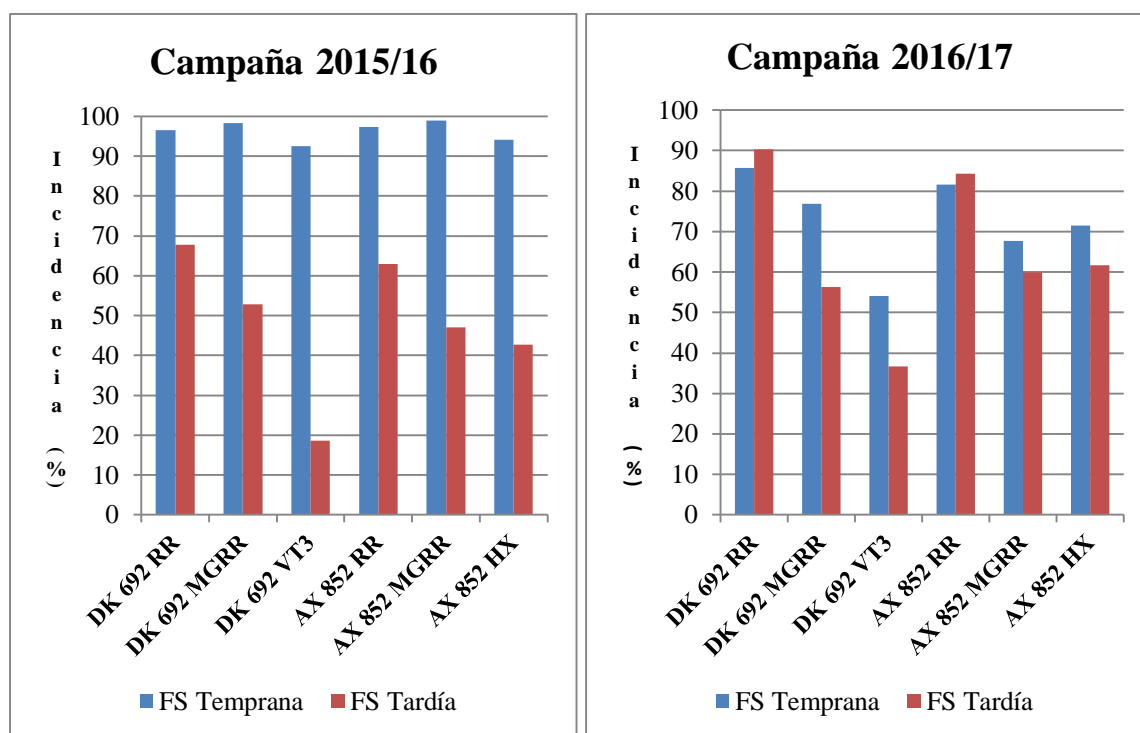
Luego, utilizando la incidencia, se calcularon las pérdidas ponderadas (PP) para cada híbrido mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas ponderadas} = (\text{Incidencia (\%)} \times \text{Pérdidas (\%)})/100$$

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y un test de comparación de medias excluyentes (DGC) utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013) para establecer si hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

## Resultados y Discusión

Los resultados de la incidencia de *Helicoverpa zea* en los híbridos con diferentes eventos biotecnológicos, en las dos fechas de siembras y campañas agrícolas, se muestran en la Figura 22. Se observa, que para el ciclo agrícola 2015/16, fue mayor en todos los híbridos sembrados temprano, ocurriendo lo mismo en la campaña siguiente solo para los híbridos con evento para el control de lepidópteros. El mejor comportamiento en ambos ciclos lo presentó el híbrido DK 692 VT3.



**Figura 22.** Incidencia (%) de *H. zea* en los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Los resultados del análisis estadístico de este parámetro se muestran en la Tabla 5.

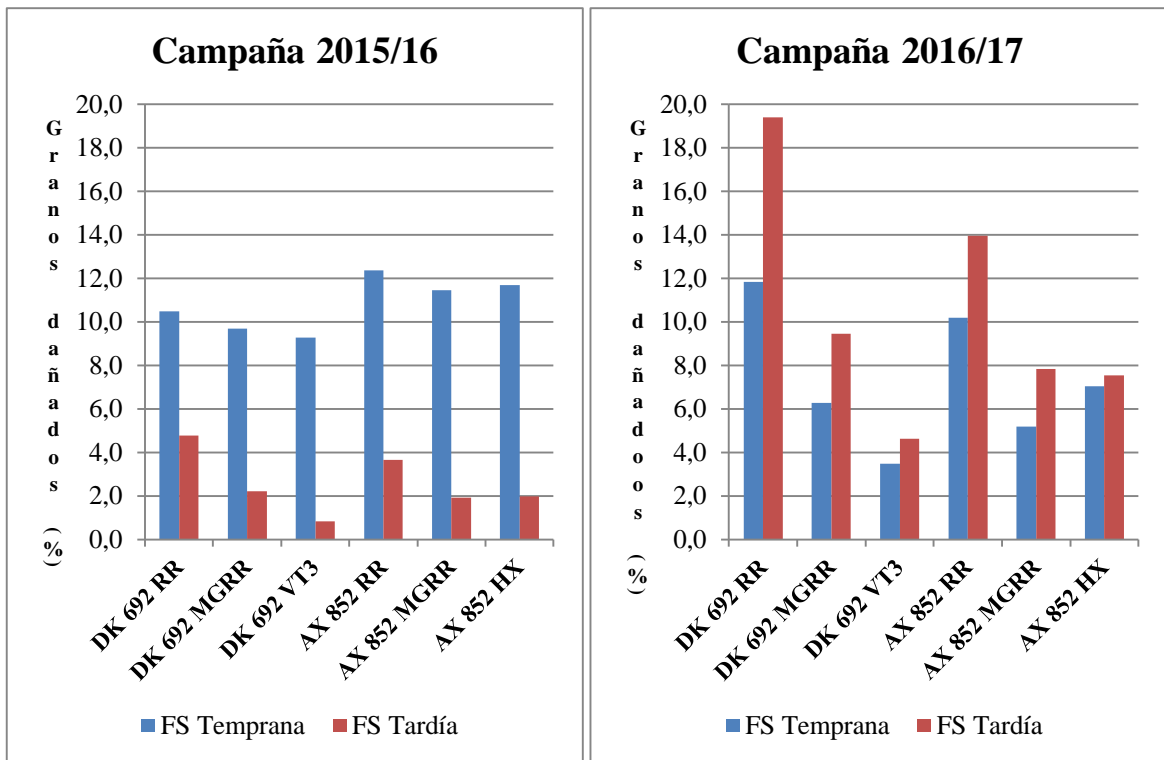
**Tabla 5.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable incidencia (%) de *H. zea* en los híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17	
	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
DK 692 RR	96,57 a	67,79 c	85,76 c	90,27 c
DK 692 MGRR	98,28 a	52,78 b	76,90 b	56,29 b
DK 692 VT3	92,48 a	18,63 a	54,12 a	36,64 a
AX 852 RR	97,36 a	62,95 c	81,57 c	84,33 c
AX 852 MGRR	98,90 a	47,03 b	67,67 b	59,90 b
AX 852 HX	94,16 a	42,75 b	71,49 b	61,73 b

Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).

Para el parámetro en estudio en el híbrido DK 692, siempre el evento VT3 pro™ presentó mejor comportamiento, con diferencias estadísticamente significativas, en relación a MaizGard® para valores menores al 90% de plantas dañadas por *H. zea*, mientras que en situaciones de alta presión de la plaga (> 90%) no se encontraron diferencias estadísticas entre ambos eventos, ni tampoco con respecto al material DK 692 RR. A su vez, se observó que MaizGard mostró valores significativamente menores, en relación al material sin evento para lepidópteros (DK 692 RR), para este parámetro coincidiendo con lo señalado por Buntin *et al.* (2001, 2004 b); Farias (2010); Farias *et al.* (2013) y Massoni *et al.* (2015). En el híbrido AX 852, con respecto al porcentaje de plantas dañadas por *H. zea*, no se encontraron diferencias estadísticas en el comportamiento entre los eventos MaizGard® y Herculex® para ninguna de las campañas agrícolas y fechas de siembra evaluadas. Resultados similares fueron señalados por Swarc *et al.* (2015) en estudios realizados en el norte de nuestro país.

En relación al porcentaje de granos dañados por *H. zea* para los híbridos con diferentes eventos tecnológicos se observa (Figura 23) que, para el ciclo agrícola 2015/16, fue mayor en los híbridos de siembra temprana, mientras que para la siguiente campaña ocurrió lo contrario, ya que todos los híbridos mostraron mayores valores de este parámetro para la fecha de siembra tardía. Además, durante 2016/17, los dos híbridos sin evento para lepidópteros (DK 692 RR y AX 852 RR) mostraron los valores más elevados de granos dañados, para ambas fechas de siembra, en relación a los híbridos con eventos incorporados para el control de lepidópteros.



**Figura 23.** Porcentaje de granos dañados por *H. zea* para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Al efectuar los análisis estadísticos para el parámetro granos dañados por *H. zea* (Tabla 6), se observa que en la fecha temprana del ciclo 2015/16, el híbrido DK 692 presentó porcentajes significativamente menores que el híbrido AX 852. En fecha de siembra tardía de la campaña 2015/16 y en ambas fechas de la campaña siguiente, el DK 692 VT3 presentó el mejor comportamiento.

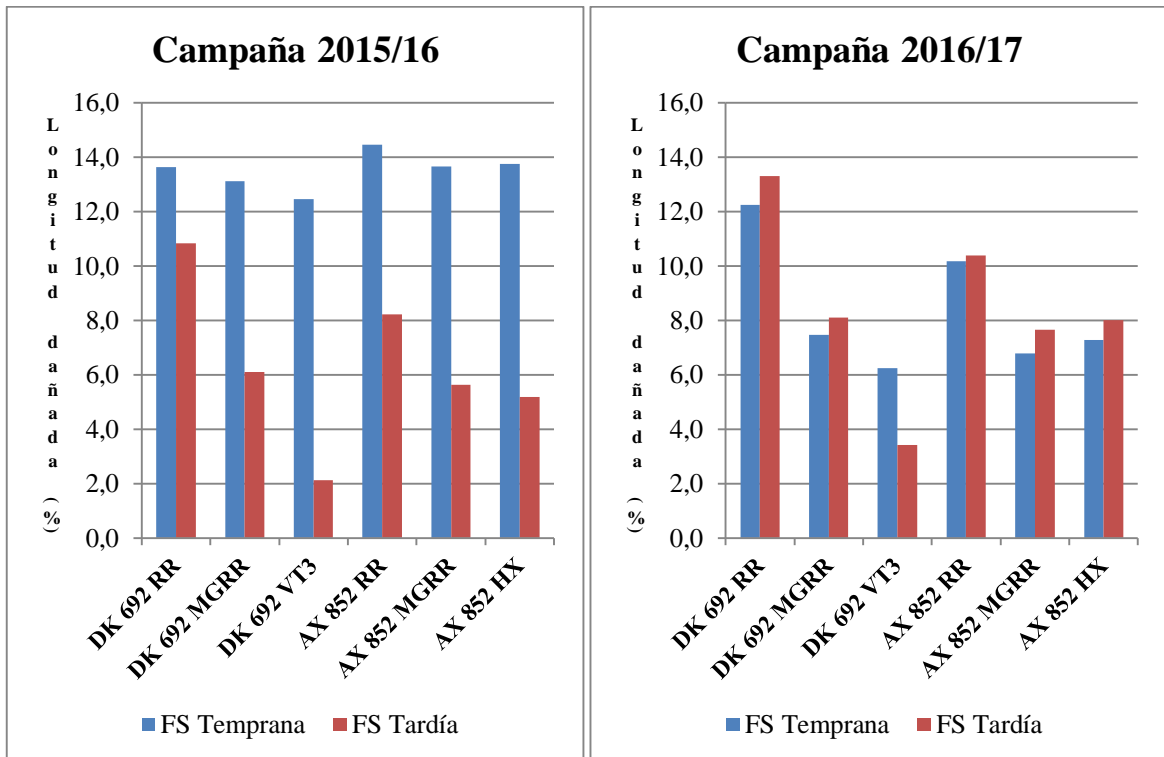
**Tabla 6.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable granos dañados (%) por *H. zea* en los híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17	
	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
<b>DK 692 RR</b>	10,48 a	4,79 d	11,83 c	19,40 d
<b>DK 692 MGRR</b>	9,69 a	2,21 b	6,27 b	9,45 b
<b>DK 692 VT3</b>	9,27 a	0,84 a	3,49 a	4,64 a
<b>AX 852 RR</b>	12,37 b	3,65 c	10,20 c	13,97 c
<b>AX 852 MGRR</b>	11,47 b	1,91 b	5,18 b	7,85 b
<b>AX 852 HX</b>	11,70 b	1,99 b	7,05 b	7,55 b

Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).

Estos resultados coinciden con lo encontrado en estudios realizados en nuestro país, por Massoni *et al.* (2014) y otros autores en el hemisferio norte, quienes registraron una menor cantidad de granos dañados en híbridos que contenían el evento MON89034 (que forma parte del VT3 Pro) (Reay-Jones y Wiatrak, 2011; Reay-Jones y Reisig, 2014). En lo que respecta al híbrido AX 852 no se encontraron diferencias en el comportamiento entre los eventos MaizGard y Herculex para ninguno de los ciclos y fechas de siembra evaluadas, al igual que lo informado por Buschman *et al.* (2001).

En cuanto a la longitud de espiga dañada por *H. zea* para los híbridos con diferentes eventos se observa (Figura 24) que, para el ciclo agrícola 2015/16, al igual que los anteriores parámetros, fue mayor en los híbridos en siembra temprana, mientras que para la siguiente campaña, todos los híbridos mostraron mayores valores de este parámetro para la fecha de siembra tardía, a excepción del híbrido DK 692 VT3. Al igual que para el porcentaje de granos dañados, los dos genotipos sin evento para lepidópteros (DK 692 RR y AX 852 RR) mostraron mayores valores de longitud dañada, en ambas fechas de siembra durante 2016/17, en relación a los híbridos con eventos incorporados para lepidópteros.



**Figura 24.** Longitud de daño (%) por *H. zea* para los diferentes híbridos evaluados, en fecha de siembra temprana y tardía durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

El análisis estadístico para el parámetro longitud de daño en espigas en la campaña 2015/16, en fecha de siembra temprana, al igual que las anteriores variables, no mostró diferencias estadísticas significativas entre los diferentes híbridos, presentando todos valores mayores al 12%. Mientras que para la fecha de siembra temprana de 2016/17, los híbridos con eventos para el control de lepidópteros se diferenciaron de los materiales sin eventos (RR). En fecha de siembra tardía, en ambos ciclos, DK 692 VT3 presentó el mejor comportamiento (Tabla 7).

**Tabla 7.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable longitud de daño (%) por *H. zea* para los híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17	
	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
<b>DK 692 RR</b>	13,65 a	10,84 d	12,24 b	13,32 d
<b>DK 692 MGRR</b>	13,13 a	6,10 b	7,48 a	8,11 b
<b>DK 692 VT3</b>	12,47 a	2,12 a	6,25 a	3,41 a
<b>AX 852 RR</b>	14,46 a	8,23 c	10,18 b	10,40 c
<b>AX 852 MGRR</b>	13,66 a	5,63 b	6,78 a	7,65 b
<b>AX 852 HX</b>	13,75 a	5,18 b	7,28 a	8,01 b

*Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).*

Estos resultados obtenidos en el híbrido DK 692, donde el evento VT3 pro presentó menores valores que MaizGard solo en fechas de siembra tardía, con diferencias estadísticas entre ellos, coinciden con lo determinado por Swarc *et al.* (2015), mientras que en siembra temprana se comportaron en forma similar. En cuanto al híbrido AX 852, se observa, al igual que las anteriores variables, que no hubo diferencias estadísticas entre los eventos MaizGard y Herculex para las fechas de siembra y campañas evaluadas.

Los híbridos de maíz con eventos de resistencia a lepidópteros incorporados en su germoplasma mostraron diferencias en el comportamiento frente a *Helicoverpa zea*, al igual que lo observado por numerosos autores en diversos ensayos (Buntin *et al.*, 2001, 2004 b; Reay-Jones y Wiatrak, 2011; Farias *et al.*, 2013; Massoni *et al.*, 2014; Reay-Jones y Reisig, 2014; Swarc *et al.*, 2015; Massoni *et al.*, 2015, 2016).

A nivel general, para el híbrido DK 692, el evento VT3 pro mostró menores valores de incidencia, granos dañados y longitud de daño en relación a MaizGard independientemente del ciclo agrícola y la fecha de siembra. Siebert *et al.* (2012) citan menores valores de incidencia, número de larvas y consumo de granos por *H. zea* en híbridos que contienen Cry1A.105 y Cry2Ab2. Mientras que para el híbrido AX 852 no se

encontraron diferencias significativas, para las variables anteriormente mencionadas, entre el evento MaizGard y Herculex en los ciclos y fechas de siembra evaluados, coincidiendo con Buntin (2008) quien manifestó que ambos eventos disminuyeron el daño de *H. zea* en las espigas en relación a la isolínea no Bt, pero sin diferencias consistentes entre ellos (MON810 y TC1507).

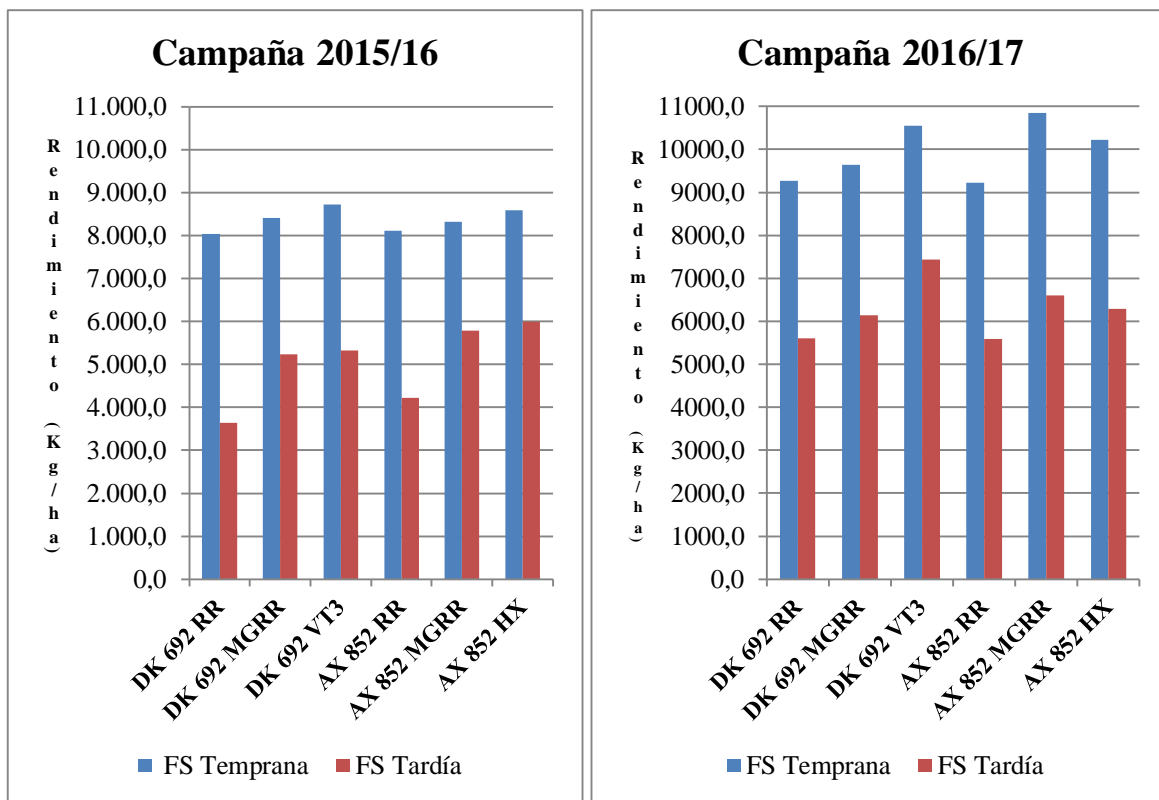
En relación a las fechas de siembra evaluadas, se encontró variación en el comportamiento de los eventos de acuerdo al ciclo agrícola, al igual que lo señalado por Reay-Jones y Wiatrak (2011) y Swarc *et al.* (2015).

Para la campaña 2015/16 en siembra temprana, de alta presión de *H. zea*, ninguno de los eventos incorporados para el control de plagas, en cada uno de los híbridos, logró reducir la incidencia, el porcentaje de granos y longitud dañada en comparación a la isolínea sin evento. En la fecha de siembra tardía de ese mismo ciclo, en cambio, los eventos mostraron disminuciones estadísticamente significativas para las variables anteriormente mencionadas, en relación a la isolínea RR para cada híbrido ensayado, pero sin diferencias entre los eventos MaizGard y Herculex para AX 852, mientras que en DK 692 el evento VT3 pro tuvo un mejor desempeño para los parámetros evaluados comparado con MaizGard, coincidiendo con lo señalado por Drury *et al.* (2008).

Durante la campaña 2016/17 en siembra temprana todos los eventos incorporados para el control de plagas, en cada uno de los híbridos, logró reducir la incidencia, el porcentaje de granos dañados y longitud dañada en comparación a la isolínea sin evento, coincidiendo con el comportamiento de los diferentes eventos encontrados por otros autores (Reay Jones y Wiatrak, 2011; Farias *et al.*, 2013). En el híbrido DK 692, el evento VT3 pro fue superior a MaizGard para los parámetros incidencia y granos dañados, mientras que para longitud de daño el comportamiento fue similar, sin diferencias estadísticas entre ellos. Para AX 852, en cambio, no hubo diferencias significativas entre el desempeño de Herculex y MaizGard para incidencia, granos y longitud dañada por *H. zea*, coincidiendo lo observado por otros autores acerca de estos dos eventos (Buntin, 2008; Reisig *et al.*, 2015).

En lo que respecta al rendimiento se puede apreciar que para todos los híbridos, en ambos ciclos agrícolas, se obtuvieron los mayores valores en fecha de siembra temprana en relación a la fecha tardía. A su vez, los híbridos con eventos incorporados para el control de lepidópteros presentaron valores de rendimiento mayores que aquellos sin eventos para ambas campañas agrícolas y fechas de siembra evaluadas (Figura 25).





**Figura 25.** Rendimiento (kg/ha) para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Al realizar los análisis estadísticos (Tabla 8) se puede comprobar que dichas diferencias no fueron significativas para la fecha de siembra temprana en ambas campañas y la fecha de siembra tardía de la campaña 2016/17, coincidiendo con lo manifestado por varios autores (Archer *et al.*, 2000; Cox y Cherney, 2001; Baute *et al.*, 2002; Buntin *et al.*, 2004 b; Reay-Jones y Wiatrak, 2011; Reay-Jones y Reisig, 2014). En la siembra tardía de la campaña 2015/16 los rendimientos de los eventos Bt de ambos híbridos también fueron superiores a las isolíneas no Bt como lo señalado por diversos autores (Buntin *et al.* 2001; Burkness *et al.*, 2001, 2002; Cantangui y Berg, 2002; Cantangui, 2003; Dillehay *et al.*, 2004; Bowen *et al.*, 2014), diferencias que resultaron estadísticamente significativas.

**Tabla 8.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable Rendimiento (kg/ha) en los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17	
	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
DK 692 RR	8029,2 a	3640,5 a	9262,5 a	5605,5 a
DK 692 MGRR	8413,0 a	5238,5 b	9634,5 a	6141,2 a
DK 692 VT3	8717,5 a	5327,0 b	10556,2 a	7433,0 a
AX 852 RR	8110,5 a	4216,2 a	9224,0 a	5592,5 a

<b>AX 852 MGRR</b>	8316,5 a	5781,2 b	10851,7 a	6596,2 a
<b>AX 852 HX</b>	8593,5 a	5991,5 b	10226,2 a	6296,5 a

*Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).*

Los híbridos que incorporan algún evento para control de *H. zea* mostraron valores de rendimiento superiores a la isolínea sin evento, esto ocurrió para ambas fechas de siembra y campañas agrícolas, coincidiendo con lo expresado por Park *et al.* (2011).

Con respecto al peso de mil granos, para las fechas de siembra tempranas de ambos ciclos (2015/16 y 2016/17), se observaron diferencias estadísticas entre los materiales evaluados, presentando los híbridos AX 852 valores significativamente mayores, con un rango entre 375,3 hasta 381,1 g (2015/16) y entre 366,1 y 381,4 g (2016/17), en relación a los materiales DK 692, que oscilaron entre 329,4 a 336,5 g (2015/16) y entre 330,2 y 336 g (2016/17). Para la fecha de siembra tardía del ciclo 2015/16, los materiales AX 852 RR, MG y HX siguieron teniendo valores significativamente mayores conjuntamente con DK 692 VT3, diferenciándose de DK 692 RR y MGRR que presentaron valores de 181,4 y 181,7 g respectivamente. Mientras que para la fecha tardía del ciclo 2016/17, no se observaron diferencias estadísticas entre los híbridos, con valores entre 263,7 y 287,6 g (Tabla 9).

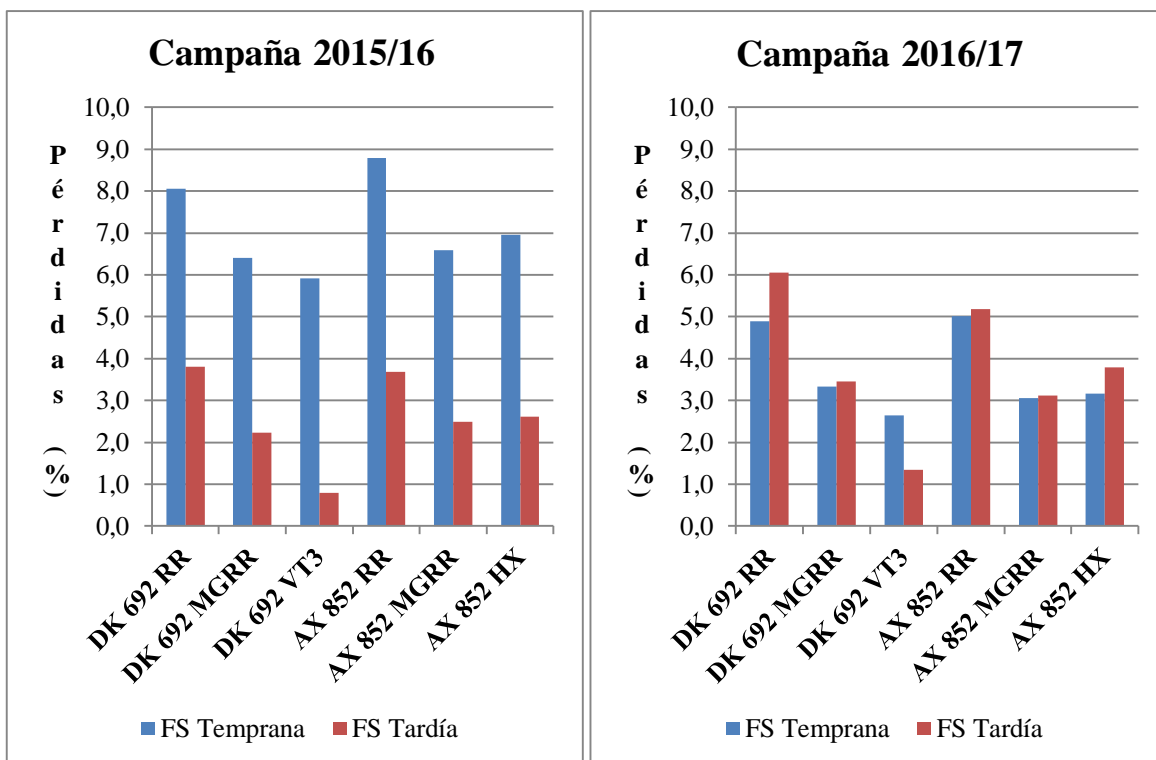
**Tabla 9.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable peso de mil granos (g) para los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17		
	Híbrido/Fecha Siembra	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
<b>DK 692 RR</b>		330,6 a	181,4 a	330,2 a	274,3 a
<b>DK 692 MGRR</b>		336,5 a	181,7 a	336,0 a	263,7 a
<b>DK 692 VT3</b>		329,4 a	209,3 b	330,2 a	270,4 a
<b>AX 852 RR</b>		378,5 b	243,8 b	381,4 b	287,7 a
<b>AX 852 MGRR</b>		375,3 b	210,5 b	373,6 b	274,9 a
<b>AX 852 HX</b>		381,1 b	223,4 b	366,1 b	285,9 a

*Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).*

En cuanto a las pérdidas ocasionadas por *H. zea*, durante 2015/16 se determinaron valores mayores para la fecha de siembra temprana, coincidiendo con los elevados valores de intensidad de la plaga (incidencia, granos dañados y longitud dañada) encontrados, en relación a la fecha de siembra tardía. Para el ciclo 2016/17, en cambio, las pérdidas fueron mayores para la fecha de siembra tardía, a excepción del híbrido VT3 pro que mostró las mayores pérdidas en fecha de siembra temprana. Se puede observar que

independientemente del ciclo y fecha de siembra, los híbridos con eventos incorporados para el control de lepidópteros presentaron menores valores de pérdidas que los materiales AX 852 y DK 692 RR (Figura 26).



**Figura 26.** Pérdidas (%) para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía, durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

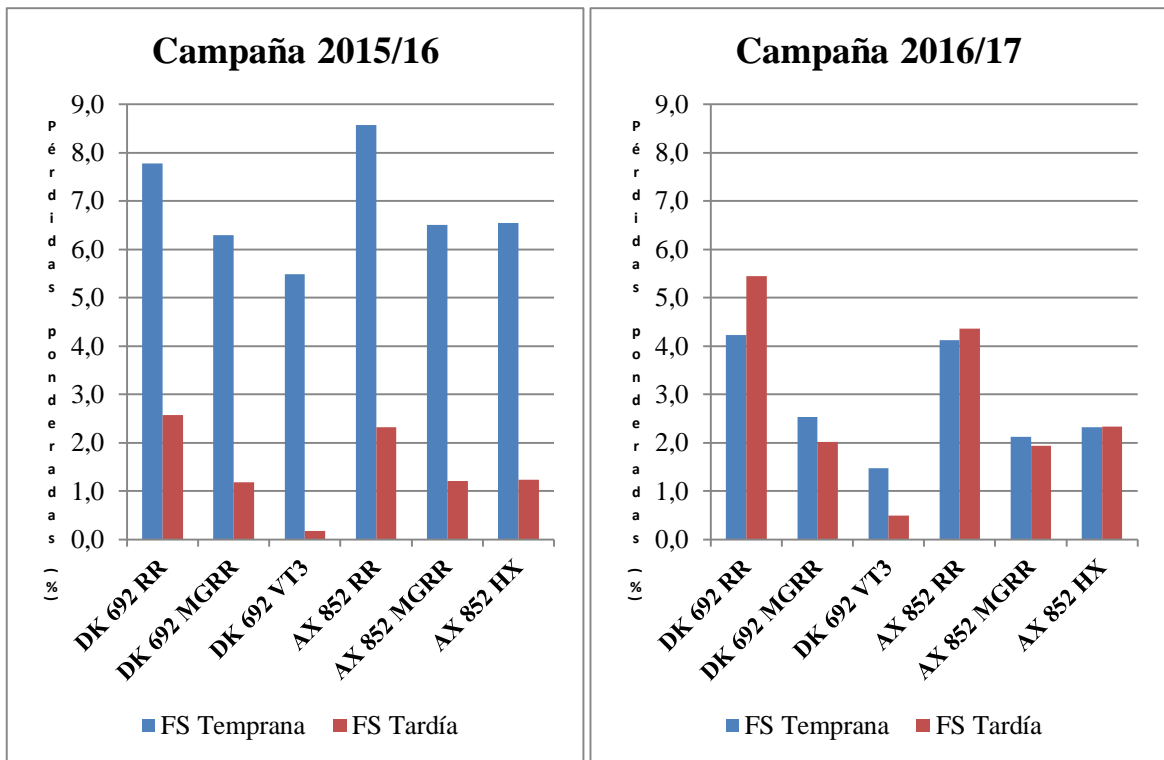
De los análisis estadísticos realizados, surgen diferencias entre los materiales, con valores de pérdidas por *H. zea* significativamente mayores en los materiales sin eventos para el control de lepidópteros (DK 692 RR y AX 852 RR) para ambas fechas de siembra y ciclos agrícolas, en relación a los demás híbridos. Para la fecha de siembra tardía, en ambos ciclos, se observa un mejor comportamiento del híbrido DK 692 VT3, que el resto de los materiales, con solamente un 0,8% (2015/16) y 1,35% (2016/17) de pérdidas por la plaga (Tabla 10).

**Tabla 10.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable pérdidas (%) por *H. zea* para los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17	
Híbrido/Fecha Siembra	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
<b>DK 692 RR</b>	8,06 b	3,80 c	4,89 b	6,05 d
<b>DK 692 MGRR</b>	6,40 a	2,23 b	3,33 a	3,46 b
<b>DK 692 VT3</b>	5,92 a	0,80 a	2,64 a	1,35 a
<b>AX 852 RR</b>	8,79 b	3,68 c	5,02 b	5,18 c
<b>AX 852 MGRR</b>	6,58 a	2,49 b	3,06 a	3,11 b
<b>AX 852 HX</b>	6,95 a	2,61 b	3,17 a	3,79 b

*Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).*

Al analizar las pérdidas ponderadas, el comportamiento es similar a las pérdidas evaluadas del ciclo 2015/16, donde se observan mayores valores para la fecha de siembra temprana, en coincidencia con la elevada incidencia de este lepidóptero, en relación a la fecha de siembra tardía. Para el ciclo 2016/17, en cambio, las pérdidas fueron levemente mayores para la fecha de siembra temprana en los híbridos DK 692 MGRR, DK 692 VT3 y AX 852 MGRR, mientras que, los híbridos DK 692 RR, AX 852 RR y AX 852 HX mostraron un mayor valor de pérdidas ponderadas en fecha de siembra tardía. Se puede observar que independientemente del ciclo y fecha de siembra, los híbridos con eventos incorporados para el control de lepidópteros presentaron menores valores de pérdidas ponderadas que los materiales AX 852 y DK 692 RR (Figura 27).



**Figura 27.** Pérdidas ponderadas (%) por *H. zea* para los diferentes híbridos evaluados en fecha de siembra temprana y tardía durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Los análisis estadísticos en ambos ciclos agrícolas, en fecha de siembra temprana, muestran que los híbridos DK 692 RR y AX 852 RR arrojaron porcentajes de pérdidas ponderadas significativamente mayores, entre 7,78 y 8,57% (2015/16) y entre 4,23 y 4,12% (2016/17) respectivamente, diferenciándose del resto de los materiales que tuvieron pérdidas entre 5,49 y 6,55% (2015/16) y de 1,48 a 2,54% (2016/17), sin diferencias estadísticas entre ellos. En fecha de siembra tardía, en ambos ciclos, las pérdidas ponderadas fueron significativamente mayores, al igual que en fecha temprana, en los materiales sin eventos para lepidópteros (AX 852 RR y DK 692 RR), seguido por AX 852 HX, AX 852MGRR y DK 692 MGRR, con valores entre 1,18 y 1,23% (2015/16) y entre 1,94 y 2,34% (2016/17), sin diferencias estadísticas entre ellos en ambos ciclos y luego DK 692 VT3, que mostró valores significativamente menores que el resto de los materiales, con solamente un 0,17% (2015/16) y 0,50% (2016/17) de pérdidas por la plaga (Tabla 11).

**Tabla 11.** Test de comparación de medias excluyente (DGC) para la variable pérdidas ponderadas (%) por *H. zea* para los diferentes híbridos y fechas de siembra evaluadas durante las campañas 2015/16 y 2016/17. La Gilda.

Campaña	2015/16		2016/17	
	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
<b>DK 692 RR</b>	7,78 b	2,57 c	4,23 b	5,45 d
<b>DK 692 MGRR</b>	6,29 a	1,18 b	2,54 a	2,02 b
<b>DK 692 VT3</b>	5,49 a	0,17 a	1,48 a	0,50 a
<b>AX 852 RR</b>	8,57 b	2,32 c	4,12 b	4,36 c
<b>AX 852 MGRR</b>	6,51 a	1,21 b	2,12 a	1,94 b
<b>AX 852 HX</b>	6,55 a	1,23 b	2,32 a	2,34 b

*Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ).*

Se registraron diferencias para las dos fechas de siembra evaluadas en relación a las pérdidas y pérdidas ponderadas (PP) producidas por *H. zea*, aunque no se observó variación en el comportamiento de los eventos en ambos ciclos agrícolas.

En las siembras tempranas, en ambas campañas e híbridos, los eventos para el control de plagas mostraron menores valores de pérdidas y PP en relación a la isolínea RR. En ambos híbridos el comportamiento de los eventos fue similar, sin diferencias estadísticas. En las fechas de siembra tardías, también se encontraron menores valores de pérdidas y PP en relación a la isolínea RR, sin diferencias en la performance de los eventos HX y MG en el híbrido AX 852, mientras que, en el híbrido DK 692, el evento VT3 pro tuvo mejor desempeño, con valores de pérdidas significativamente menores que MaizGard, en ambos ciclos agrícolas, coincidiendo con lo observado por Ermacora y col. (2018).

A nivel general, en fechas de siembra temprana, en el híbrido DK 692, el evento MaizGard redujo las pérdidas por *H. zea* un 30% y VT3 pro un 47% en relación a la isolínea sin eventos, mientras que en el híbrido AX 852, MaizGard redujo un 36,5% y Herculex un 34% las pérdidas en relación a la isolínea RR, comportamiento similar a lo obtenido por Guarino y Satorre (2015) quienes señalan menores niveles de pérdidas en el evento VT3 pro, comparado con los eventos MG y HX, ya que estos últimos no cuentan con protección contra la plaga. En fecha de siembra tardía, en cambio, el comportamiento de los eventos fue mejor, encontrándose para DK 692 en el evento MaizGard un 58,5% de reducción de pérdidas y en VT3 pro un 92% en relación a la isolínea RR, mientras que, en el híbrido AX 852 en MaizGard la disminución en las pérdidas por *H. zea* fue del orden del 52% y en Herculex del 46,5% en relación a la isolínea sin eventos para lepidópteros.

## Conclusiones

- En el híbrido DK 692, el evento VT3 pro mostró menores valores de incidencia, granos dañados y longitud de daño en relación a MaizGard, independientemente del ciclo agrícola y la fecha de siembra.
- En el híbrido AX 852 no se encontraron diferencias significativas, para las variables anteriormente mencionadas, entre el evento MaizGard y Herculex en los ciclos y fechas de siembra evaluados.
- En fechas de siembra temprana, en DK 692, el evento MaizGard redujo las pérdidas por *H. zea* un 30% y VT3 pro un 47% en relación a la isolínea sin eventos, mientras que en el híbrido AX 852, MaizGard redujo un 36,5% y Herculex un 34% las pérdidas en relación a la isolínea RR.
- En fecha de siembra tardía, para DK 692, el evento MaizGard disminuyó las pérdidas por *H. zea* un 58,5% y VT3 pro un 92% en relación a la isolínea RR, mientras que, en AX 852 para MaizGard la disminución fue del orden del 52% y en Herculex del 46,5% en relación a la isolínea sin eventos para lepidópteros.
- En cuanto al rendimiento, los híbridos que incorporan algún evento para control de *H. zea* mostraron valores superiores a la isolínea sin evento, aunque dichas diferencias, en la mayoría de los ensayos, no fueron estadísticamente significativas.

**CONSIDERACIONES GENERALES**

La “isoca de la espiga” *Helicoverpa zea* (Boddie) es considerada una especie importante dentro del grupo de lepidópteros que afectan al cultivo de maíz en Argentina y en otras regiones productivas del mundo. Debido a que el daño de las larvas se limita típicamente a los granos de la punta de las espigas, actualmente solo es considerada una plaga económica de calidad en la producción de maíz dulce para consumo humano, sin encontrarse hasta el momento, información que muestre la importancia de la plaga en los lotes de producción de grano comerciales de maíz.

El manejo integrado de plagas (MIP) es el paradigma dominante que guía la mayoría de los aspectos de la investigación actual. Dentro de esta filosofía, resulta elemental conocer la importancia de la plaga (intensidad y pérdidas producidas) en el cultivo y en base a ello, poder implementar las diversas herramientas de manejo, dentro de las cuales se encuentra el uso de cultivos genéticamente modificados (Bt).

Los resultados de este trabajo aportan los primeros datos acerca de la intensidad de *H. zea* en el cultivo de maíz en la región sudoeste de la provincia de Córdoba, para las dos fechas de siembra actualmente planteadas en la producción del mismo en esta área. Se pudo determinar que, en la región bajo estudio, *H. zea* se presentó en todos los lotes de maíz durante las dos campañas agrícolas evaluadas, observando, a diferencia de trabajos realizados en otras regiones, una mayor incidencia (% de plantas afectadas) y porcentaje de daño sobre los lotes de fecha de siembra temprana con respecto a los de siembra tardía. Si bien esta especie presenta una elevada prevalencia, los valores de pérdidas regionales cuantificados en lotes de fecha de siembra temprana fueron menores al 4%, mientras que en los lotes de fechas de siembra tardía, fueron menores al 1,5%, considerados valores relativamente bajos.

Una de las estrategias, relativamente nuevas, adoptadas para el manejo de los lepidópteros que afectan al cultivo, es el uso de híbridos de maíz transgénicos que expresan proteínas *Cry* insecticidas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en los diferentes tejidos vegetales. Debido a la importancia de nuestro país en la adopción de cultivos genéticamente modificados en la agricultura, ya que actualmente más del 95% de la superficie de maíz se siembra con estos materiales, resultó de gran relevancia evaluar el comportamiento que presentan diferentes eventos biotecnológicos incorporados al cultivo, frente a esta especie.



Los resultados obtenidos en los ensayos de híbridos con diferentes eventos de resistencia a lepidópteros planteados en las dos fechas de siembra en las que se realiza el cultivo, mostraron diferencias en el comportamiento frente a la plaga, al igual que lo observado por diversos autores en otras regiones productivas. A nivel general, los eventos evaluados presentaron, para las dos fechas de siembra, menores valores de incidencia, granos dañados y longitud de daño en comparación a la isolínea sin eventos, demostrando la capacidad de los mismos de reducir las lesiones causadas por el insecto, a pesar de no lograr un control total del mismo. Este mejor comportamiento de los híbridos con eventos frente a lepidópteros y la elevada superficie de siembra de los mismos en nuestra región, es una de las principales variables que explica porque, aunque la plaga se presenta en elevada prevalencia, la misma registra bajos valores de incidencia y daño en las espigas.

Además se comprobó, que los híbridos que incorporan algún evento, mostraron valores estadísticamente menores de pérdidas por *H. zea* para ambas fechas de siembra y campañas agrícolas. A pesar de que estos materiales presentaron un mayor rendimiento, al realizar los análisis estadísticos se encontró que dichas diferencias no fueron significativas, sin embargo, con los valores de pizarra actuales que presenta el maíz, dicho incremento productivo adquiere importancia económica para el productor.

La información recabada en este trabajo constituye la base para poder analizar la necesidad y el desarrollo de medidas de manejo para este lepidóptero. Sin la cuantificación de la prevalencia, intensidad y pérdidas causadas por una plaga es muy difícil plantear el desarrollo de medidas de control para la misma. A su vez, la evaluación de una de las estrategias adoptadas actualmente, como son los eventos biotecnológicos que expresan diferentes toxinas Cry en los híbridos sembrados en nuestra región, permiten valorar económicamente si la adopción de este paquete tecnológico resulta conveniente para el manejo de esta plaga y afianza la toma de decisiones por parte de los productores y técnicos que llevan adelante la producción en lotes comerciales de este importante cultivo en la región sudoeste de la provincia de Córdoba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, W. y Medina, A. (2002). *El cultivo de maíz amiláceo*. Artículo técnico para capacitación. Estación experimental Baños del Inca. Cajamarca. Perú. 8p.
- Abendroth, L. J., Elmore, R. W., Boyer, M. J., y Marlay, S. K. (2011). Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State University Extension, Ames, IA. 50 p.
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales*: 30:113-120.
- Acuña, J. M., García, G. C., Rosas, G. N. M., López, M. M. y Saíenz, H. J. C. (2015). Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Rev. Inter. Contam. Amb*: 31(3), 219-226.
- Agrositio. (2015). *Exportaciones Nacionales de Trigo, Maíz y Soja en 2014*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2016 en: <http://www.agrositio.com/vertext/vertext.asp?id=164519&se=1>.
- Akkawi, M. y Scott, D. (1984). The effect of age of parents on the progeny of diapaused and non-diapaused *Heliothis zea*. *Entomol. Exp. Appl*: 35: 235–239.
- Albajes R., Lumbierres B., Pons X. (2011). Two heteropteran predators in relation to weed management in herbicide-tolerant corn. *Biological Control*: 59, 30–36.
- Aldemita, R. R., Reaño, I. M. E., Solis, R. O. y Hautea, R. A. (2015). Trends in global approvals of biotech crops (1992–2014). *GM crops & food*: (6), 150–166.
- Andrade F.H., Cirilo, A. G., Uhart S. A. y Otegui M. E. (1996). *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Editorial La Barrosa-EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press, Buenos Aires. 292p.
- Ángel-Ríos, M. D., Pérez-Salgado, J. y Morales, F. J. (2015). Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), del maíz en el estado de Guerrero. *Entomol. Mex*: 2, 260-265.
- Aragon, J. R. (1991). Desarrollo e implementación de un sistema de alarma con trampas de luz para orugas cortadoras y defoliadoras. INTA Marcos Juárez. Córdoba. 7p.
- Aragon, J. R. (2002). Guía de reconocimiento y manejo de plagas tempranas relacionadas a la siembra directa. EEA INTA Marcos Juárez Agroediciones. 60 p.
- Aragón, J. y Vázquez, J. (2002). Infestación de chinches de maíz. Información para Extensión nº 74. *Maíz: Actualización técnica 2002*: Pág 2.
- Areal, F. J., Riesgo, L. y Rodríguez-Cerezo, E. (2013). Economic and agronomic impact of commercialized GM crops: a meta-analysis. *Journal of Agricultural Science*. 151, 7–33.
- Arendt, E. K. y Emanuele, Z. (2013). *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing Ltd. Elsevier. Cambridge, UK, 512 pp.
- Archer, T. L., Schuster, G., Patrick, C., Cronholm, G., Bynum, E. D. y Morrison, W. P. (2000). Whorl and stalk damage by European and southwestern corn borers to four events of *Bacillus thuringiensis* maize. *Crop Protection*: 19, 181-190.
- ArgenBio (2014). *Tecnologías para una agricultura sustentable*. Biotecnología Agrícola. 72 p.
- ArgenBio (2017). La biotecnología, cultivos aprobados y su adopción, Cuadro Argentina: cultivos GM campaña 2016/2017. Recuperado el 10 de Julio de 2019 en:

[http://www.argenbio.org/adc/uploads/2017/Cuadro\\_Argentina\\_cultivos\\_GM\\_2016-017.pdf](http://www.argenbio.org/adc/uploads/2017/Cuadro_Argentina_cultivos_GM_2016-017.pdf)

- Armstrong, C. L., Parker, G. B., Pershing, J. C., Brown, S. M., Sanders, P. R., Duncan, D. R., Stone, T., Dean, D. A., Deboer, D. L., Hart, J., Howe, A. R., Morrish, F. M., Pajean, M. E., Peterson, W. L., Reich, B. J., Rodriguez, R., Santino, C. G., Sato, S. J., Schuler, J., Sims, S. R., Stehling, S., Taro-Chione, L. J., y Fromm, M. E. (1995). Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 trans- genic corn events expressing an insecticidal protein for *Bacillus thuringiensis*. *Crop Science*: 35, 550-557.
- Artigas, J. N. (1994). Entomología Agrícola. Ediciones Universidad de Concepción. Vol. 2. 848 p.
- Balbi, E I. y Flores, F. M. (2015). Evaluación del daño causado por el “Cogollero de maíz” (*Spodoptera frugiperda*) y la presencia de la “Isoca de la espiga” (*Helicoverpa zea*) en diferentes híbridos de maíz transgénico. Maíz Actualización 2015. INTA Ediciones. ISSN 1851-9245. Informe de actualización Técnica N°34: 21–26.
- Barber, G. W. (1936). The cannibalistic habits of the corn earworm. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 49: 1-19.
- Barber, G. W. (1943). Oviposition habits of the earworm moth in relation to infestation in the ears and to control. *Journal of Economic Entomology*: 36: 611–618.
- Barragán, M. S., Serrato Recio, A. J. y Barajas López, J. D. (2010). Biotecnología de las plantas C4 y expresión de sus genes, En: C4 y CAM Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas, Eds: J. L. González Rebollar y A Ch. Sancho. Consejo superior de investigaciones científicas, Fundación Ramón Areces, Madrid. ISBN 978-84-00-09213-9. 57-71 p.
- Baute, T. S., Sears, M. K. y Schaafsma, A. W. (2002). Use of transgenic *Bacillus thuringiensis* (Berliner) corn hybrids to determine the direct economic impact of the European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on field corn in eastern Canada. *Journal of Economic Entomology*: 95, 57-64.
- Bates, S., Zhao, J. Z., Roush, R.T. y Shelton, A.M. 2005. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nature Biotechnology*: 23, 57–62.
- Bell, J. C. y Mc Geoch, M. A. (1996). An evaluation of the pest status and research conducted on phytophagous Lepidoptera on cultivated plants in South Africa. *African Entomology*: 4 (2): 161-170.
- Bergvinson, D. J. (2005). *Heliothis/Helicoverpa* problem in the Americas: biology and management, pp. 7-37. In H. C. Sharma (ed.), *Heliothis/Helicoverpa* Management Emerging Trends and Strategies for Future Research. Science Publishers Inc., Plymouth, UK.
- Betz, F., Hammond, B. y Fuchs, R. (2000). Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-Protected plants to control insect pests. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*: 32, 156-173.
- Bibb, J. L., Cook, D., Catchot, A., Musser, F., Stewart, S. D., Leonard, B. R., Buntin, G. D., Kerns, D., Allen, T. W. y Gore, J. (2018). Impact of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on field corn (Poales: Poaceae) yield and grain quality. *Journal of Economic Entomology*: 111, 1249–1255.

- Blanchard, R. A., Satterthwait, A. F. y Snelling, R. O. (1942). Manual infestations of corn strains as a method of determining differential earworm damage. *Journal of Economic Entomology*: 35, 508–511.
- Bonivardo, S. L., Martinez, N. A., Colombino, M. A., Funes, M. B., Alfageme, J., Ledesma, R. y Suarez, A. (2015). Comportamiento de híbridos de maíz MG en siembras tardías, frente al ataque de *Helicoverpa zea*. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe, Argentina. p: 181.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2017) a. Argentina en el mercado mundial de granos y subproductos. Recuperado el 20 de Octubre de 2018 en: [www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal\\_noticias.aspx?pIDNoticia=693](http://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?pIDNoticia=693).
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2017) b. Anuario Estadístico 2017, Dirección de Informaciones y Estudios Económicos. Rosario, Santa Fe, Argentina. Pág 25.
- Bolsa de Cereales de Córdoba. 2017. Datos finales de producción, cultivos estivales estadísticas de hectáreas, producción y rendimiento Maiz, recuperado el 06 de mayo de 2019 en: <http://www.bccba.com.ar/maiz-6970.html>.
- Bowen, K. L., Flanders, K. L., Hagan, A. K., y ORTIZ, B. (2014). Insect damage, aflatoxin content, and yield of Bt corn in Alabama. *Journal of Economic Entomology*: 107,1818–1827.
- Boyd, M. y Bailey, W. (2001). Corn earworm in Missouri, State Extension Entomology Specialist. Insects and diseases Agricultural MU guide. MU extensión University of Missouri-Columbia. 4 p.
- Brooks, G. y Barfoot, P. (2013). Key environmental impacts of global genetically modified (GM) crop use 1996–2011. *GM crops & food*: 4, 109–119.
- Buntin, G. D., Lee, R. D., Wilson, D. M., Mcpherson, R. M. (2001). Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera:Noctuidae) on corn. *Florida Entomologist*: 84, 37–42.
- Buntin, G. D., Flanders, K. L. y Lynch, R. E. (2004)a. Assessment of experimental Bt events against fall armyworm and corn earworm in field corn. *Journal of Economic Entomology*: 97: 259–264.
- Buntin, G. D., All, J. N., Lee, R. D. y Wilson, D. M. (2004)b. Plant-incorporated *Bacillus thuringiensis* resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. *Journal of Economic Entomology*. 97:1603–1611.
- 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. *Floridaa. Entomol.* 91: 523-530.
- Burkness, E. C., Hutchison, W. D, Bolin, P. C., Bartels, D. W., Warnock, D. y Davis, D. W. (2001). Field efficacy of sweet corn hybrids expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin for management of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of economic entomology*: 94(1): 197-203.
- Burkness, E. C., Hutchison, W. D., Weinzierl, R. A., Wedberg, J. L., Wold, S. J. y Shaw, J. T. (2002). Efficacy and risk efficiency of sweet corn hybrids expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin for Lepidoptera pest management in the Midwestern U.S. *Crop Protection*: 21,157-169.

- Buschman, L., Sloderbeck, P. y Witt, M. (2001). Efficacy of Cry1F corn for the control of southwestern corn borer and corn earworm, 2000. *Arthropod Manage. Tests* 26: M2.
- Cantangui, M. A., y Berg, R. K. (2002). Comparison of *Bacillus thuringiensis* corn hybrids and insecticide-treated isolines exposed to bivoltine European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in South Dakota. *Journal of economic entomology*: 95,155-166.
- Cantangui, M. A. (2003). Transgenic *Bacillus thuringiensis* corn hybrid performance against univoltine ecotype European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in South Dakota. *Journal of Economic Entomology*: 96, 957-968.
- Cantelo, W. W., y Jacobson, M. (1979). Corn silk volatiles attract many pest species of moths. *Journal of Environmental Science, Health Part Environmental*: (14) 695-707.
- Cantero, J. J., Nuñez C. O.; Bernardello, G., Amuchastegui, A., Mulko, J., Brandolin, P., Palchetti, M. V., Iparraguirre, J., Virginil, N. y Espinar, L. A. (2019). Las plantas de importancia económica en Argentina. 1° Ed. –Rio Cuarto: UniRio Editora, 2019. Libro digital, PDF (Académico científica). Archivo Digital: descarga y online. ISBN 978-987-688-332-0.
- Capinera, J. L. (2008). Corn earworm, *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). University of Florida. EENY-145 (IN302): 1-7.
- Carrière, Y., Fabrick, J. A., y Tabashnik, B. E. 2016. Can Pyramids and seed mixtures delay resistance to Bt crops? *Trends Biotechnology*: 34, 291–302.
- Carzoli, A. K., Aboobucker, S. I., Sandall, L. L., Lübberstedt, T. T. y Suza, W. P. (2018). Risks and opportunities of GM crops: Bt maize example. *Global food security*: 19, 84-91.
- Castro, B. A., Leonard, B. R. Y Riley, T. J. (2004). Management of feeding damage and survival of southwestern corn borer and sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) with *Bacillus thuringiensis* transgenic field corn. *Journal of Economic Entomology*: 97, 2106-2116.
- C.E.R.A. (2010). Center for Environmental Risk Assessment G.M. Crop Database. *International Life Sciences Institute*. Washington D. C. United states of America.
- Chilcutt, C. F. (2006). Cannibalism of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) from *Bacillus thuringiensis* (Bt) Transgenic Corn Versus Non-Bt Corn. *Journal of Economic Entomology*: 99 (3), 728-732.
- Chilcutt, C. H. F., Odvody, G. N., Correa, J. C. y Remmers, J. (2007). Effects of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn on corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) densities. *Journal of Economic Entomology*: 100 (2), 327-334.
- Cirilo, A., Andrade, F., Otegui, M., Maddoni, G., Vega, C. y Valentinuz, O. (2012). Ecofisiología del cultivo de maíz. En: *Bases para el manejo del cultivo de maíz*, Ed: Ing. Agr MSc. PhD. Guillermo H. Eyherabide. INTA, Pergamino, Argentina. Pág 34-36
- Cox, W. J., y Cherney, D. J. R. (2001). Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. *Agronomy Journal*. 93: 790-796.
- Cook, K. y Weinzierl, R. (2004). Corn Earworm (*Helicoverpa zea*) Insect Fact Sheet. University of Illinois, Integrated pest management. Department of Crop Sciences. 2 p.
- Coop, L. B., Drapek, R. J., Croft, B. A. y Fisher, G. C. (1992). Relationship of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) pheromone catch and silking to infestation levels in Oregon sweet corn. *Journal of Economic Entomology*: (85) 240-245.

- Coop, L. B., Croft, B., Aroft, A. y Drapek, R. J. (1993). Model of corn earworm (Lepidoptera:Noctuidae) development, damage, and crop loss in sweet corn. *Journal of Economic Entomology*: 86 906–916.
- Cruz, I. A. (2002). Atualização em MIP. *Revista Cultivar*: año:4, n:43, pág:36-39.
- Cruz, I. A. (2007). Broca da Cana-de-Açúcar, *Diatraea saccharalis*, em Milho, no Brasil. *Embrapa Milho e Sorgo*: Circular técnica 90, 12 pág.
- Cruz, I. A. (2008). Manejo de pragas da cultura do milho. *Embrapa Milho e Sorgo*: 12, 303-362.
- Datos Abiertos Agroindustria (DAA). (2018). Datos agroindustriales, Estimaciones agrícolas, Dataset. Recuperado 10 de Noviembre de 2018 en <https://datos.agroindustria.gov.ar/dataset/estimaciones-agricolas/archivo/95d066e6-8a0f-4a80-b59d-6f28f88eacd5>.
- Del Rincón-Castro, M. C., Méndez-Lozano, J. e Ibarra, J. E. (2006). Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomol. Mex.*: 45(2), 157-164.
- Depew, L. J. (1966). Evaluation of insecticides for corn earworm control on sweet corn. *Journal of Economic Entomology*: 59 518–520.
- Dial, C. I. y Adler, P. H. (1990). Larval behavior and cannibalism in *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*: 83: 258-263.
- Dillehay, B. L., Roth, G. W., Calvin, D. D., Kratochvil, R. J., Kuldau, G. A. y Hyde, J. A. (2004). Performance of Bt corn hybrids, their near isolines, and leading corn hybrids in Pennsylvania and Maryland. *Agron. J.* 96: 818-824.
- Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo, C. W. (2013). InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Drury, S. M., Reynolds, T. L., Ridley, W. P., Bogdanova, N., Riordan, S., m. a. Nemeth, M. A., Sorbet, R., Trujillo, W. A., y Breeze, M. L. (2008). Composition of forage and grain from second-generation insect-protected corn MON 89034 is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: (56) 4623-4630.
- Ermacora, M., Gandino, E., y Reyes M. (2018). Ensayos zonales de maíz y ensayos comparativos de híbridos y fecha de siembra: convencional vs. tardío. Campaña 2017/18, Zona Norte de Buenos Aires. Informes CREA. Recuperado el 01 de Mayo de 2019 en: <https://www.crea.org.ar/wp-content/uploads/2018/08/Informe-Ensayos-Norte-Bs-AS-HibrxFSbra-17-18.pdf>
- Eyhéabide, G. (2012). *Mejoramiento genético de Maíz*. En: Bases para el manejo del cultivo de Maiz, Editorial INTA Pergamino. 57p.
- FAO (1993). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *El maíz en la nutrición humana*. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N° 25. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Roma. 172p.
- Farias, J. R. (2010). *Milho Bt e inseticidas no manejo de lepidopteros-praga*. Tesis de maestria. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de ciências rurais, Programa de Pós-graduação em agronomia, Santa Maria, Brasil. 118 p.

- Farias, J., Costa Ervandil C., Guedes J. V., Arbage A. P., Neto A. B., Bigolin M., y Pinto Felipe F. (2013). Managing the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*, and corn earworm, *Helicoverpa zea*, using Bt corn and insecticide treatments. *Journal of Insect Science: 13* (109): 1-10.
- Ferre, J. y Van Rie, J. (2002). Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*. 47, 501–533.
- Fischer, R.A., Byerlee D., Edmeades G.O. (2014). Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world? ACIAR Monograph, No. 158, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Flath, R. A., Forrey, R. R., John, J. O. y Chan, B. G. (1978). Volatile components of corn silk (*Zea mays* L.): possible *Heliothis zea* (Boddie) attractants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry: (26)* 1290–1293.
- Flores, F. (2010). Manejo de plagas en el cultivo de Maíz. Recuperado 20 de Febrero de 2019 en: [www.inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-manejo\\_de\\_plagas\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_maiz.pdf](http://www.inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-manejo_de_plagas_en_el_cultivo_de_maiz.pdf).
- Flood, B. R., Foster, R., Hutchison, B., y Pataky, S. (2005). Sweet corn, en: R. Foster and B. Flood [eds.], *Vegetable insect management*. Meister Media World-wide, Willoughby, OH. pp.38-63.
- Fyo. (2014). La cadena de maíz. Recuperado el 11 de Octubre de 2018 en <http://news.agrofy.com.ar/especiales/maiz13-14/comercializacion.php>.
- Fyo. (2015). Especial Maíz 2014/2015 – Estimaciones. Recuperado el 11 de Octubre de 2018 en: <http://www.fyo.com/especiales/maiz14-15/siembra-maiz>.
- Gatehouse, J.A. (2008). Biotechnological prospects for engineering insect-resistant plants. *Plant Physiology* 146, 881–887.
- Golik S., Larran, S., Gerard, G. y Fleitas, M. C. (2018). Maíz: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química, en: Cereales de verano, Eds: Golik, S. I. y Simón M. R., 1a edición para el alumno, Universidad Nacional de La Plata; La Plata. Libro digital, PDF - (Libros de cátedra) ISBN 978-950-34-1658-7. Pág. 10.
- Guarino, G. y Satorre, E. (2015). Eventos biotecnológicos para el control de plagas en maíz: fortalezas y debilidades. Area tecnología agrícola. Cultivar Conocimiento Agropecuario S.A. N°82. 4 pág. En: [www.cultivaragro.com.ar](http://www.cultivaragro.com.ar).
- Gueldner, R. C., Snook, M. E., Widstrom, N. W. y Wiseman, B. R. (1992). TLC screen for maysin, chlorogenic acid, and other possible resistance factors to the fall armyworm and the corn earworm in *Zea mays*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry: 40*, 1211-1213.
- Gupta, V.K. y Jindal, V. (2014). Biotechnological Approaches for Insect Pest Management. En Abrol, D. P. (Ed.) *Integrated Pest Management – Current Concepts and Ecological Perspective* (pp 316.) Academic Press (Elsevier).
- Halcomb, J. L., Benedict, J. H., Cook, B. y Ring, D. R. (1996). Survival and growth of bollworm and tobacco budworm on nontransgenic and transgenic cotton expressing a CryIA insecticidal protein (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology: (25)* 250-255.



- Hamilton, W. D. (1970). Selfish and spiteful behavior in an evolutionary model. *Nature (Lond.)* 228: 1218-1220.
- Hardwick, D. F. (1965). The corn earworm complex. *Entomological Society of Canada Memoirs* 40: 3-246.
- Helgason, E., Okstad, O. A., Caugant, D. A., Johansen, H. A., Fouet, A., Mock, M., Hegna I. y Kolsto, A. B. (2000). *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, and *Bacillus thuringiensis*-One species on the basis of genetic evidence. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 2627-2630.
- Horner, T. A., Dively, G. P. y Herbert, D. A. (2003). Development, survival and fitness performance of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in MON810 Bt field corn. *Journal of Economic Entomology*: (96) 914–924.
- Hornby, J. A., y Gardner, W. A. (1987). Dosage/mortality response of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and other Noctuid larvae to beta-exotoxin of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Economic Entomology*: (80) 925-929.
- Huang, F., Leonard, B. R., y Baldwin, J. (2006)a. Managing Corn Borers with transgenic Bt Corn Technology in Louisiana, vol. 49. LSU AgCenter, Baton Rouge, LA. 25–26.
- Huang, F., Leonard, B. R., Cook, D. R., Lee, D. R., Andow, D. A., Baldwin, J. L., Tindall, K. V. y Wu, X. (2006)b. Frequency of alleles conferring resistance to *Bacillus thuringiensis* maize in Louisiana populations of southwestern corn (Lepidoptera: Crambidae). *Entomol. Exp. Appl.* 122: 53–58.
- Hutchison, W. D., Burkness, E. C., Jensen, B., Leonard, B. R., Temple, J., Cook, R. A., Weinzierl, R. E., Flood, B. R. (2007). Evidence for decreasing *Helicoverpa zea* susceptibility to pyrethroid insecticides in the Midwestern United States. *Plant Health Progress*: 8 (1), 57.
- Iannone, N. y Leiva, P. (1994). *Manejo de insectos plaga del cultivo de Maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Pergamino, 1ra Ed. EEA INTA Pergamino, Buenos Aires. 73p.
- Iannone N. y Leiva, P. (1995). Bioecología y control de la isoca de la espiga *Heliothis zea*. Información Técnica N° 129, Área Agronomía EEA INTA, Pergamino. 4 p.
- Iannone, N. (2002). Servicio técnico *Diatraea* en maíz. INTA Pergamino. Recuperado el 10 de Octubre de 2018 en: [www.elsitioagricola.com/plagas/intapergamino/diatraea20020502.asp](http://www.elsitioagricola.com/plagas/intapergamino/diatraea20020502.asp).
- Iannone, N. (2011). Isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*). INTA Estación Experimental Pergamino. Sistema de Alerta de plagas. 2p.
- Internacional Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2016). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. *ISAAA Brief No. 52*. ISAAA: Ithaca, NY.
- Internacional Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). 2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. *ISAAA Brief No. 53*. ISAAA: Ithaca, NY.
- Istock, C. (1966). Distribution, coexistence, and competition among whirligig beetles. *Evolution* 20: 211-234.
- Johnson, M. W., Stinner, R. E. y Rabb, R. L. (1975). Ovipositional response of *Heliothis zea* (Boddie) to its major hosts in North Carolina. *Environmental Entomology*: (4) 291–297.



- Kato, T. A., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A. y Bye, R. A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ed. Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. 116 pp.
- Khush, G. S. (2012). Genetically modified crops: the fastest adopted crop technology in the history of modern agriculture. *Agricultural and Food Security: 1*, 12.
- Koziel, M. G., Beland, G. L., Bowman, C., Carozzi, N. B. R., Crenshaw, L., Crossland, J., Dawson, N., Desai, M., Hil, S., Kadwell, L. (1993). Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Nat. Biotech: 11*, 194–200.
- Leiva, P. (2014). “Oruga militar tardía” *Spodoptera frugiperda*, una plaga de los maíces tardíos. INTA Estación Experimental Pergamino. Sección Entomología. Recuperado el 07 de Febrero de 2018 en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-mpinta\\_pergamino\\_oruga\\_militar\\_tarda\\_spodoptera\\_frugipe.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-mpinta_pergamino_oruga_militar_tarda_spodoptera_frugipe.pdf).
- Maizar (2011). El maíz, primero en el mundo. recuperado el 15 de mayo de 2018 en: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=392>.
- Maizar, (2013). La Cadena del maíz y las oportunidades para desarrollo en la Argentina. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. Buenos Aires. 138 p.
- Margheritis, A. E. y Rizzo, H. F. E. (1965). *Lepidópteros de interés agrícola; orugas, isocas y otras larvas que dañan a los cultivos*. Colección “El Mundo Agrícola”; Serie Plagas y Enfermedades. Ed. Sudamericana, Buenos Aires. p: 119-122.
- Mascarenhas, V. J. y Luttrell, R. G. (1997). Combined effect of sublethal exposure to cotton expressing the endotoxin protein of *Bacillus thuringiensis* and natural enemies on survival of bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Environmental Entomology: (26)* 939-945.
- Massoni, F. A., Schlie, G. y 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. X Congreso Nacional de Maíz. Área Protección Vegetal. Rosario, Santa Fe, Argentina. Pág. 180.
- Massoni, F.A., Trossero, M. A., y Frana, J. E. (2015). Evaluación del daño de lepidópteros en híbridos de maíz *Bt* (Maísgard, Hérculex, VT Triple Pro, Powercore, Agrisure Viptera 3), y determinación del impacto sobre el rendimiento. Libro de resúmenes de las XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Pág 219.
- Massoni, F.A., Trossero, M. A. y Frana, J. E. (2016). Maíces Bt expuestos al daño de lepidópteros. RESILIAR XXIV Congreso Aapresid. Rosario, Santa Fe, Argentina. Red de innovadores. 123 p.
- Mc Millian, W. W., Wilson, D. M. y Widstrom, V. (1985). Aflatoxin contamination of preharvest corn in Georgia: A six-year study of insect damage and visible *Aspergillus flavus*. *Journal of Environmental Quality: (14)* 200–203.
- Metcalf, C. L. y Flint, W.P. (1985). *Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control*. Editorial Continental S.A, México. 1208p.

- Molina Ochoa, J., Hutchinson, W. D. y Blanco, C. A. (2010). Current status of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* within a changing landscape in the southern United States and Mexico. *Southwest Entomologist*: 35(3): 347–354.
- Monsanto (2009). Genuity VT Triple Pro Corn. Recuperado el 01 de julio de 2018 en: <http://www.genuity.com/corn/Pages/Genuity-VT-Triple-PRO.aspx>.
- Navarro, F. R., Saini, E. D. y Leiva, P. D. (2009). *Clave pictórica de polillas de interés agrícola agrupadas por relación de semejanza*. Primera edición. Ed. INTA, EEA Pergamino, IMyZA y CNIA Castelar. Buenos Aires, Argentina. Cap. 5. p:29 y 72.
- Naqvi, S., Ramessar, K., Farré G., Sabalza M., Miralpeix B., Twyman R., Capell T., Zhu C. y Christou, P. (2011). High-value products from transgenic maize. *Biotechnology Advances*: (29) 40–53.
- Obermeyer, J. (2016). Corn earworm adult. Vegetable insects - Management of insects pest on fresh market tomatoes. Purdue University. Extension Entomology. En: <https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-97/E-97.html>.
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*: 144, 31–43.
- Olmstead, D. L. (2015). New perspectives on the management of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in united states sweet corn: implications for 21st century production and integrated pest management practices. Thesis Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science. 85p.
- Olmstead, D. L., Nault, B. A. y Shelton, A. M. (2016). Biology, Ecology, and Evolving Management of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sweet Corn in the United States. *Journal of Economic Entomology*: 109, 1667–1676.
- Ortega-Paczka, R. (2003). La diversidad del maíz en México. En: Esteva, G., y C. Marielle (Coord.). Sin maíz no hay país. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, D. F. pp: 123-154.
- Ostlie, K., Hutchison, W. D. y Hellmich, R. L. (1997). Bt Corn and European Corn Borer: Long-term Success Through Resistance Management. Cooperative Extension Service. Extension Publication 602. University of Minnesota, St. Paul, MN.
- Park, J. R., McFarlane, I., Hartley Phipps, R. y Ceddia, G. (2011). The role of transgenic crops in sustainable development. *Plant Biotechnology Journal*: (9): 2-21.
- Pascucci, J. I. (2013). Bioecología y daños de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), en cultivos de maíz dulce con diferente manejo del hábitat. [Tesis de Grado]. Balcarce: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 37 p.
- Pastrana, J. A. (2004). Los lepidópteros argentinos. Sus plantas hospedadoras y otros sustratos alimenticios. Braun K., Logarzo, G., Cordo, H. A., Di Iorio O., (eds). Sociedad Entomológica Argentina ediciones. Buenos Aires, Argentina. 334 p.
- Pedigo, L. P. (2002). *Entomology and pest management, Fourth Edition*. Prentice Hall Int'l. Upper Saddle River. 150p.
- Peixoto, C. M. (1999). Tudo o que voce gostaria saber sobre OGMs. *Revista Cultivar*. Pág. 8-10.

- Pellegrino, E., Bedini, S., Nuti, M.; Ercoli, L. (2018). Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: A meta-analysis of 21 years of field data. *Scientific Report*: 8, 3113.
- Pinto, A. S., Parra, J. R. y Oliveira, H. N. (2004). Guia ilustrada de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo. Ribeirão Preto. 108p.
- Pilcher, C. D., Rice, M. E., Obrycki, J. J., y Lewis, L. C. (1997). Field and laboratory evaluations of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn on secondary lepidopteran pest (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*: 90 669-678.
- Raina, A. K., Kingan, T. G. y Matoo, A. K. (1992). Chemical signals from host plant and sexual behavior in a moth. *Science, New Series*. 255: 592–594.
- Reay-Jones, F. P. F., Wiatrak, P. y Greene, J. K. (2009). Evaluating the performance of transgenic corn producing *Bacillus thuringiensis* toxins in South Carolina. *J. Agric. Urban Entomol*: 26, 77–86.
- Reay-Jones, F. P. F. y Wiatrak, P. (2011). Evaluation of new transgenic corn hybrids producing multiple *Bacillus thuringiensis* toxins in South Carolina. *Journal of Entomological Science*: 46,152–164.
- Reay-Jones, F. P. F. y Reising, D. D. (2014). Impact of corn earworm injury on yield of transgenic corn producing Bt toxins in the Carolinas. *Journal of Economic Entomology*: 107, 1001–1009.
- Reay-Jones, F. P., Bessin, R. T., Brewer, M. J., Buntin, D. G., Catchot, A. L., Cook, D. R., Flanders, K. L., Kerns, D. L., Porter, R. P. y Reising, D. D. (2016). Impact of Lepidoptera (Crambidae, Noctuidae, and Pyralidae) Pests on Corn Containing Pyramided Bt Traits and a Blended Refuge in the Southern United States. *Journal of Economic Entomology*: 109, 1859–1871.
- Reay-Jones, F. P. F. (2019). Pest Status and Management of Corn Earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Field Corn in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*: 10(1): 19; 1–9.
- Reising, D. D., Akin, D. S., All, J. N., Bessin, R. T., Brewer, M. J., Buntin, D. G., Catchot, A. L., Cook, D., Flanders, K. L., Huang, F. N., Johnson, D. W., Leonard, B. R., Mcleod, P. J., Porter, R. P., Reay-jones, F. P. F., Tindall, K. V., Stewart, S. D., Troxclair, N. N., Youngman, R. R., y Rice, M. E. (2015). Lepidoptera (Crambidae, Noctuidae, and Pyralidae) Injury to Corn Containing Single and Pyramided Bt Traits, and Blended or Block Refuge, in the Southern United States. *Journal of Economic Entomology*: 108 (1): 157–165.
- Rice, M. E. (2004). Transgenic rootworm corn: assessing potential agronomic, economic, and environmental benefits. *Online Plant Health Progress*. (doi:10.1094/PHP- 2004-0301-01RV).
- Ríos, V. C., Bustillos, R. J. C., Ordoñez, G. M., Ruiz, C. M. F., Berlanga, R. D. I., Ornelas, P., J. J., Zamudio, F. P. B., Acosta, M. C. H., Olivás, O. G. I., Sepúlveda, A. D. R., Salas, M. M. A., Jacobo, C. J. L., Cambero, C. O. J. y Gallegos, M. G. (2017). Manual de uso y aplicación de bioinsecticidas microencapsulados para el manejo de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea*. Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, A.C. Unidad Cuauhtémoc. 56 p.

- Rodriguez del Bosque, L. A., Leos Martinez, J. y Dowd, P. F. (1998). Effect of ear wounding and cultural practices on abundance of *Carpophilus freeman* (Coleoptera: Nitidulidae) and other microcoleopterans in maize in northeastern Mexico. *Journal of Economic Entomology*: 91, 796–801.
- Rodriguez del Bosque, L. A., Cantu-Almaguer, M. A. y Reyes-Mendez, C. A. (2012). Corn hybrids and planting dates affect yield losses by *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) feeding on ears in Mexico. *Journal of Entomological Science*: 47 (2), 177-184.
- Roh, J.Y., Choi, J.Y., Li, M.S., Jin, B.R., Je, Y.H. (2007). *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *Journal of Microbiological Biotechnology*: 17, 547–559.
- Royer, T. A., Giles, K. L., Kastl, D., Kochenower, R. y Langston, V. B. (2003). Evaluation of transgenic Bt-corn hybrids for control of southwestern corn borer, 2002. *Arthropod Management*. Tests 28: M3.
- Ruberson J. (2003). Insidious flower bug (*Orius insidiosus*). Kansas State University, Bugwood.org. En: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=2666062>.
- Rule, D. M., Nolting, S. P., Prasifka, P. L., Storer, N. P., Hopkins, B. W., Scherder, E. F, Siebert, M. W. M y Hendrix, W. H. (2014). Efficacy of Pyramided Bt Proteins Cry1F, Cry1A.105, and Cry2Ab2 Expressed in SmartStax Corn Hybrids Against Lepidopteran Insect Pests in the Northern United States. *Journal of Economic Entomology*: 107(1), 403–409.
- Satorre, E. H. (2014). Manejo de insectos en Maíz: oportunidades y desafíos de la biotecnología para el manejo de *Diatraea saccharalis* (Barrenador del tallo) y *Spodoptera frugiperda* (Isoca del cogollo). Resumen talleres de trabajo organizados por DuPont Pioneer. Rosario, Santa Fe, Argentina. p: 2-3.
- Schuler, T.H., Poppy, G.M., Kerry, B.R. y Denholm, I. (1998). Insect-resistant transgenic plants. *Trends Biotechnology*: 16, 168– 175.
- Serna-Saldivar, S. O., Amaya Guerra, C. A., Herrera Macias, P., Melesio Cuellar, J. L., Preciado Ortiz, R. E., Terron Ibarra, A. D., y Vazquez Carrillo, G. (2008). Evaluation of the lime-cooking and tortilla making properties of quality protein maize hybrids grown in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition*: 63 119-125.
- Serra, G. y Trumper, E. (2006). Estimating the incidence of corn stem damage produced by *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larva through assessment of external infestation signs. *Agriscientia*: XXIII (1) 1-7.
- Serratos-Hernández, J. A. (2009). El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México para Greenpeace México. 33 pp.
- Sharma, H.C., Kumar, P.A., Seetharama, N., Hariprasad, K.V., Singh, B.U. (1999). Role of transgenic plants in pest management in sorghum. En: Symposium on Tissue Culture and Genetic Transformation of Sorghum, 23–28 Feb 1999. ICRISAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh, India.
- Shelton, A. M., Olmstead, D. L., Burkness, E. C., Hutchison, W. D., Dively, G., Welty, C. y Sparks, A. N. (2013). Multi-state trials of Bt sweet corn varieties for control of the corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*: 106 2151–2159.

- Shelton, A. M., Nault, B. A., Hoffmann, M. P., Reiners, S. y Petzoldt, C. (2014). Chapter 25-Sweet corn, en: 2014 Cornell Integrated Pest Management Guidelines for Commercial Vegetable Production. Ithaca, NY, Cornell University Cooperative Extension.
- Siebert, M. W., Babcock, J. M., Nolting, S., Santos, A. C., Adamczyk, J. J., Neese, P. A., King, J. E., Jenkins, J. N., McCarty, J., Lorenz, G. M. (2008). Efficacy of Cry1F insecticidal protein in maize and cotton for control of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomology*: 91,555-565.
- Siebert, M. W., Nolting, S. P., Hendrix, W., Dhavala, S., Craig, C., Leonard, B. R., Stewart, S. D., All, J., Musser, F. R., Buntin, G. D. y Samuel, L. (2012). Evaluation of corn hybrids expressing Cry1F, cry1A.105, Cry2Ab2, Cry34Ab1/Cry35Ab1, and Cry3Bb1 against southern United States insect pests. *Journal of Economic Entomology*: 105 1825–1834.
- Sikand, S., y Ranade, D. (1975). Some observations on the cannibalistic tendencies in the *Odontopus nigricornis* (Pyrrhocoridae, Heteroptera). *Journal of animal morphology and physiology*: 22 (1) 9-12.
- Sims, S. R., Pershing, J. C. y Reich, B. J. (1996). Field evaluation of transgenic corn containing a *Bacillus thuringiensis* (Berliner) insecticidal protein gene against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Science*: (31) 340-346.
- Sloderbek P. (2007). Corn earworm egg. Insect gallery, Corn Insects. Department of entomology, Kansas State University. En: <https://entomology.k-state.edu/extension/insect-photo-gallery/Corn-Insects.html>.
- Smeltzer, D. G. (1958). Relationship between Fusarium ear rot and corn earworm infestation. *Agronomy Journal*: 51 53–54.
- Stadelbacher, E.A. (1980). Oviposition preference of the bollworm for species of early-season host plants in the delta of Mississippi. *Environmental Entomology*: (9) 542-545.
- Steffey, K. L., Rice, M. E., All, J., Andow, D. A., Gray, M. E. y Vanduyn, J. W. (1999). Identification of insects and diagnosis of injury, en: Steffey, K. L., Rice, M. E., All, J., Andow, D. A., Gray, M. E. and Van Duyn, J. W. [eds.]. *Handbook of corn insects*. Entomological Society of America, Lanham, MD. p: 26.
- Stinner, R. E., Rabb, R. L., y Bradley, J. R. (1976). Natural factors operating in the population dynamics of *Heliothis zea*, in North Carolina, pp. 622-642. In Proceedings, 15<sup>th</sup> International Congress of Entomology, Entomological Society of America, College Park, MD.
- Stinner, R. E., Jones, J. W., Tuttle E. C. y Caron, R. E. (1977). Population mortality and cyclicity as affected by intraspecific competition. *The Canadian Entomologist*: 109 879-890.
- Storer, N. P., Van Duy, J. W. y Kennedy, G. G. (2001). Life history traits of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) on non-Bt and Bt transgenic corn hybrids in eastern North Carolina. *Journal of Economic Entomology*: 94 1268–1279.
- Storer, N. P., Thompson, G. D. y Head, G. P. (2012). Application of pyramided traits against Lepidoptera in insect resistance management for Bt crops. *GM Crops Food*: 3, 154–162.
- Swarc, D., Vitti, D. y Almada, M. (2015). Daños de gusanos “cogollero” y “de la espiga” en maíces Bt, en dos fechas de siembra. *Revista voces y ecos* Año XVI. ISSN 0328-1582. 34: 42-44.

- Taylor, S. (2017). Corn Earworm Survey. Extension Entomologist Virginia Tech Tidewater. Recuperado el 10 de Abril de 2019 en: [https://blogs.ext.vt.edu/ag-pest-advisory/files/2017/08/CEW\\_survey\\_results\\_2017.pdf](https://blogs.ext.vt.edu/ag-pest-advisory/files/2017/08/CEW_survey_results_2017.pdf).
- Tejada, T. (1992). *Control de los gusanos de la mazorca del maíz*. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Lima, Perú. 12p.
- Tillman, G. P. y Mullinix, G. B. (2004). Grain Sorghum as a Trap Crop for Corn Earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Cotton. *Environmental Entomology*: 33 1371-1380.
- Trigo, E y Cap, E. (2006). Ten Years of Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture. Documento para el Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología (ArgenBio). Pág. 35.
- Trigo, E. J. (2011). Quince Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina. 52p.
- Trigo, E. (2016). Veinte años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina. Documento para el Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología (ArgenBio). Pág. 7.
- Tschinkel, W. (1978). Dispersal behavior of the larval tenebrionid beetle *Zoophobas rugipes*. *Physiological Zoology*: 51 300-313.
- Tulli, M. C., Vincini, A. M., Pascucci, J. I., Carmona, D. M., Baquero, V. G. (2016). Bioecología de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de maíz dulce con diferente manejo de hábitat. *Entomotropica*, 31(3): 23-35
- Uddin M. A., Jahan M. y Uddin M. M. (2009). Study on nature and extent of damage or corn earworm, *Helicoverpa zea* (Boddie) in maize. *Progress. Agric.* 20(1 & 2): 49 – 55.
- USDA (Department of Agriculture, U.S) (2017)a. Foreign agricultural service. Grains: World markets and trade. Recuperado el 10 de Marzo de 2018 en: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>.
- USDA (Department of Agriculture, U.S) (2017) b. Informes USDA 2017. Recuperado el 14 de Abril de 2018 en: [www.granar.com.ar/listado.asp?tid=8](http://www.granar.com.ar/listado.asp?tid=8).
- Van Frankenhuyzen, K. (2009). Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*: 101(1):1–16.
- Vargas R. y Nishida T. (1980). Life table of corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie), in sweet corn in Hawaii. *Hawaiian Entomological Society*: 23(2): 301-307.
- Vivek, B. S., Krivanek, A. F., Palacios Rojas, N., Twumasi-Afriyie, S. y Diallo, A. O. (2008). Mejoramiento de maíz con calidad de proteína (QPM): Protocolos para generar variedades QPM. CIMMYT. México, 56 pp.
- Virginia Cooperative Extension. (2015). Corn Earworm Survey 2015. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. Recuperado el 10 de Abril de 2019 en: <https://blogs.ext.vt.edu/ag-pest-advisory/annual-corn-earworm-field-corn-survey-2015>.
- Virginia Cooperative Extension. (2017). Corn Earworm Survey 2017. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. Recuperado el 10 de Abril de 2019 en: <https://blogs.ext.vt.edu/ag-pest-advisory/results-of-the-2017-field-corn-survey-for-corn-earworm>.
- Watson, J. D., Baker, T. A., Bell, S. P., Gann, A., Levine, M. y Losick, R. (2004). *Molecular Biology of the Gene* (Five edition). Cold Spring Harbor Laboratory Press. 732 pp.

- White, S.M., y Scott, D. R. (1983). Corn earworm (Lepidoptera:Noctuidae) in Idaho: Corn kernel compensation for larval damage. *Journal of Economic Entomology*: 76 1374–1376.
- Wiseman, B. R. y Davis, F. M. (1990). Plant resistance to insects attacking corn and sorghum. *Florida Entomologist*: 73 446-458.
- Williams, W. P., Sagers, J. B., Hanten, J. A., Davis, F. M., y Buckley, P. M. (1997). Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and southwestern corn borer. *Crop Science*: 37, 957-962.
- Williams, W. P., Buckley P. M., Sagers, J. B., y Hanten, J. A. (1998). Evaluation of transgenic corn for resistance to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in a laboratory bioassay. *Journal of Agricultural Entomology*: 14 105-112.
- Wilkes, G. (1988). Teosinte and the Other Wild Relatives of Maize. Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of The Global Maize Germplasm Workshop. CIMMYT, México. D.F, 70-80.
- Westbrook, J. K. y López, J. D. (2010). Long-distance migration in *Helicoverpa zea*: What we know and need to know. *Southwestern Entomologist*: 35(3): 355–360.
- Xinzhi, N., Wenwei, X. M., Krakowsky, G. D., Buntin, S., Brown, R., Lee, D. y Coy, A. (2007). Field screening of experimental corn hybrids and inbred lines for multiple ear-feeding insect resistance. *Journal of Economic Entomology*: 100 1704-1713.
- Zúñiga Álvarez A. H. (2005). Determinación etárea en *Heliothis zea* (Boddie) a través de la medición de las setas frontales: una herramienta para la gestión de recursos agrícolas. [Tesis de Grado] Temuco: Universidad Católica de Temuco. Chile. 54 p.