



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo

**Efecto del daño ocasionado por *Helicoverpa zea* (Boodie) en
híbridos de maíz con diferentes eventos biotecnológicos**

Alumno: **Javier Agustín Chasco**

DNI: **37.120.111**

DIRECTORA: **Ing. Agr. Cecilia Crenna**

CODIRECTOR: **Ing. Agr. Santiago Ferrari**

Córdoba-Río Cuarto

Abril / 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Proyecto: Efecto del daño ocasionado por *Helicoverpa zea* (Boodie) en híbridos de maíz con diferentes eventos biotecnológicos

Autor: Javier Agustín Chasco

DNI: 37.120.111

Directora: Ing. Agr. Cecilia Crenna

Co-Director: Ing. Agr. Santiago Ferrari

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la
Comisión Evaluadora:

Fecha de presentación: ____/____/____

Secretario Académico

ÍNDICE

RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS.....	8
OBJETIVOS	8
General.....	8
Específicos.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFIA	28
ANEXO	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Coeficientes de determinación, coeficientes de variación y p-valor obtenidos por los análisis univariados. La Gilda. Campaña 2015/16.	19
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayos de maíz: Parcelas correspondientes a la fecha de siembra temprana en estado vegetativo.....	10
Figura 2. Alambre utilizado en la siembra de los ensayos de maíz con marcas cada 25 cm.	10
Figura 3. Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Dk 692 RR, Dk 692 MG RR y Dk VT3 Pro.	11
Figura 4. Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Ax 852 RR, Ax 852 MG RR y Ax 852 Herculex.	11
Figura 5. Cuantificación de la incidencia del daño producido por <i>Helicoverpa zea</i> en maíz durante R5 en la fecha de siembra temprana.	12
Figura 6. Ensayos de maíz: Recolección de las espigas de los 2 surcos centrales de cada parcela.....	13
Figura 7. Medición del Porcentaje de longitud y Granos dañados en espigas de maíz.....	14
Figura 8. Espigas de maíz sin daño apical por <i>Helicoverpa zea</i> marcadas en los 5 cm apicales.....	16
Figura 9. Espiga de maíz desgranada en sus 5 cm apicales.	17
Figura 10. Incidencia (%) para los diferentes híbridos sembrados en Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p<0.005$). ...	20
Figura 11: Longitud dañada (%) para los diferentes híbridos sembrados en Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p<0.005$).....	22
Figura 12. Granos dañados (%) para los diferentes híbridos. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p<0.005$).	23
Figura 13. Rendimientos medios obtenidos en las siembras de Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p<0.005$). ...	24
Figura 14. Pérdidas de rendimiento (kg/ha) ocasionadas por <i>H. zea</i> en los distintos híbridos. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p<0.005$).	25
Figura 15. Pérdida de rendimiento medio ocasionado por <i>H. zea</i> en las distintas Fechas de Siembra. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p<0.005$).....	26

RESUMEN

En Argentina, el maíz (*Zea mays*) es el segundo cultivo estival de mayor importancia. Entre sus principales problemas sanitarios se encuentran las plagas, siendo *Helicoverpa zea* una de las más importantes por el daño que efectúa sobre las espigas en etapas reproductivas. El objetivo del trabajo fue evaluar el daño ocasionado por *H. zea* en dos híbridos de maíz con diferentes eventos biotecnológicos en dos fechas de siembra (octubre y diciembre). En 2015/16 se realizaron los ensayos experimentales, en donde se probaron, en un DBCA con 4 repeticiones, los tratamientos **T1:** Dk 692 RR, **T2:** Dk 692 MG RR, **T3:** Dk 692 VT Triple Pro, **T4:** Ax 852 RR, **T5:** Ax 852 MG RR y **T6:** Ax 852 Herculex. La intensidad de la plaga fue evaluada mediante Incidencia-I (% de plantas afectadas), Longitud de daño-LD (%) (centímetros dañados de la espiga/largo total), Granos dañados-GD (% de granos dañados), Rendimiento (R) y Pérdidas de rendimiento (P). Con respecto a I y LD, el T3 sembrado en Diciembre presentó los menores valores (I: $36,12 \pm 6,62$ %, LD: $3,40 \pm 0,45$ %) diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos. En relación a GD y P, los tratamientos que registraron valores significativamente menores fueron T5 (GD: $6,64 \pm 3,83$ %, P: $404,44 \pm 252,07$ kg/ha), T3 (GD: $6,07 \pm 3,78$ %, P: $428,11 \pm 378,72$ kg/ha) y T6 (GD: $7,38 \pm 3,22$ %, P: $466,20 \pm 270,11$ kg/ha). Respecto al rendimiento, solo se observaron diferencias estadísticas entre las fechas de siembra (Octubre: 9406,62 kg/ha vs Diciembre: 5960,59 kg/ha). Estos resultados demuestran que los eventos biotecnológicos VT Triple Pro y Herculex incorporados en los híbridos evaluados presentan un mejor comportamiento para *H. zea*, mientras que los híbridos con el evento MG presentaron disparidad en los resultados motivo por el cual es necesario continuar con líneas de investigación para determinar su eficiencia de control sobre la plaga.

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

SUMMARY

In Argentina, corn (*Zea mays*) is the second summer crop in importance. Among the pests that affect this crop, *Helicoverpa zea* commonly known as the “corn earworm” is one of the most important for the damage it affects on ear of corn in reproductive stages. The objective of this project was to evaluate the combination of corn hybrids with different biotechnological events and sowing times facing the damage caused by *H. zea*. In 2015/16, two Randomized Complete Block Designs (DBCA) with 4 repetitions were made in different times (October and December) in which the treatments **T1:** Dk 692 RR, **T2:** Dk 692 MG RR, **T3:** Dk 692 VT3 Pro, **T4:** Ax 852 RR, **T5:** Ax 852 MG RR y **T6:** Ax 852 Hx. The intensity of the pest was evaluated through the incidence- I (% affected plants), damaged length- DL (%) (damaged centimeters of the spike/total length), damaged grains- DG (% grains damaged), yield (Y) and yield loss (L). Regarding I and DL, T3 sowed in December (I: 36,12 %, DL: 3,40 %) was different statistically because it showed a better performance. In relation to DG and L, T5 (DG: 6,64 %, L: 404,44 kg/ha), T3 (DG: 6,07 %, L: 428,11 kg/ha) y T6 (DG: 7,38 %, L: 466,20 kg/ha) were different because their performance was better. The variable Y did not depend on the hybrid, although it did depend on the sowing time (October: 9406,62 kg/ha, December: 5960,59 kg/ha). These results demonstrate that biotechnological events VT3 Pro and Hx display a better behavior when facing the damaged caused by *H.zea*. The behavior of the treatments MG presented disparity in the results made it difficult to arrive to a conclusion, being necessary to continue investigating to determine the effectiveness of the behavior.

Key Words: maize, *Helicoverpa zea*, biotechnological events, yields loss.

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es una gramínea perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Andropogoneae, tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Es un cereal utilizado por el hombre desde épocas remotas y una de las especies vegetales más productivas. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética, tiene el más elevado potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día y fue el primer cereal sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas (Paliwal *et al.*, 2001). Se encuentra dentro de las primeras plantas cultivadas entre 7000 y 10000 años atrás y, si bien son varias las teorías sobre su procedencia, muchos investigadores consideran que esta especie se habría originado en Tehuacán, México (MacNeish, 1985; Wilkes, 1989; Galinat, 1995; Paliwal *et al.*, 2001). Es generalmente aceptado el hecho de que el Teosinte (*Zea perennis* L.) es el antecesor silvestre y/o allegado al maíz y que ha participado directamente en el origen de este cultivo (Beadle, 1980).

El cultivo de maíz es de gran importancia económica a nivel mundial, ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de múltiples productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales se produce es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. En la actualidad es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, y el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea (Paliwal *et al.*, 2001).

La producción mundial de la campaña 2014/2015 fue de 1007 millones de toneladas sobre una superficie de 176 millones de hectáreas. Los cinco principales países productores son, en orden de importancia, Estados Unidos, China, Brasil, México y Argentina, este último con un rendimiento promedio de 76,2 qq/ha (Calzada, 2014; Fyo, 2015; Granar, 2015).

Del total producido en Argentina, aproximadamente un 60 % se destina a la exportación. De lo destinado al consumo interno, alrededor del 87 % se utiliza como alimento forrajero para la producción animal y el 13 % restante es destinado a la industrialización en la molienda húmeda y seca. Un hecho a considerar es la creciente importancia que está teniendo este *commodity* en la producción de bioenergía, fomentado principalmente por Estados Unidos (Fyo, 2014, 2015; BCR, 2015a).

En Argentina las cinco principales provincias productoras son Córdoba (con un 38 % de la producción nacional), Buenos Aires (31 %), Santa Fe (14 %) y Entre Ríos (5 %). En la

campana del 2014/2015 la superficie sembrada en la provincia de Córdoba fue de 1,06 millones de hectáreas y la producción lograda fue de 7,4 millones de toneladas (Fyo, 2013; BCR, 2015b).

Por su parte, Río Cuarto se considera uno de los departamentos más importantes del país en cuanto a su producción de maíz. En las campañas 2012/2013, 2013/2014 y 2014/2015 se produjeron 1.857.700, 1.857.900 y 2.112.500 toneladas respectivamente. Se trata de un cultivo típicamente utilizado en la rotación con soja para sostener los aportes de materia orgánica a los suelos y evitar la extracción monótona de nutrientes (SIIA, 2015).

Entre los insectos de mayor importancia que afectan al cultivo podemos destacar a *Diloboderus abderus* Sturm “gusano blanco”; *Agriotes* spp. y *Conoderus* spp. “gusanos alambre”; *Agrotis malefida* Guenée, *Agrotis ípsilon* Hüfnagel y *Feltia gypaetina* Guenée “orugas cortadoras”; *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith “oruga militar tardía”; *Diatraea saccharalis* Fabricius “gusano barrenador del tallo” y *Helicoverpa zea* Boddie “isoca del maíz” (Iannone y Leiva, 1994).

Helicoverpa zea es uno de los insectos plaga más importante económicamente para la agricultura mundial (Matrangolo *et al.*, 1998), atacando a más de 182 especies de plantas. Pertenece al orden Lepidoptera, familia Noctuidae y cobra importancia en los estadios reproductivos 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 (Molina Ochoa *et al.*, 2010; Westbrook y López, 2010). Es considerada como el más voraz y difícil de combatir de todos los Noctuidos (Margheritis y Rizzo, 1965; Navarro *et al.*, 2009).

En zonas templadas, esta especie tiene 3 generaciones anuales (Margheritis y Rizzo, 1965). Los primeros adultos emergen de las pupas invernantes desde mediados de Octubre y durante el mes de Noviembre. El pico de la primera generación se da en Enero, mientras que el de la segunda desde mediados de Febrero en adelante. Las poblaciones se incrementan significativamente en las sucesivas generaciones y existe superposición de generaciones a medida que avanza el verano. El ciclo completo se cumple en 42 días como valor promedio (Navarro *et al.*, 2009).

Los adultos tienen una envergadura alar de 30 a 40 mm y el cuerpo de 20 a 22 mm. Las antenas son largas, filiformes, de color castaño y los ojos tienen manchas negras. Las alas anteriores son de color pardo-oliváceo, claro u oscuro, casi negro, con una mancha reniforme pardo oscura difusa, bien visible en el envés y una banda marginal oblicua parda

clara, y otra submarginal ancha y más oscura que el resto del ala (Navarro *et al.*, 2009).

La hembra deposita alrededor de 300 huevos de color blanco perlado, cupuliformes, de 0,5 mm de diámetro, visibles a simple vista, redondeados y con estrías longitudinales convergentes hacia los polos, que son achatados. A medida que transcurre el desarrollo embrionario los huevos se tornan de color amarillo cremoso con manchas rojizas. Estos son depositados generalmente de forma aislada sobre los estigmas del maíz cuando están blancos, verdes o rosados. El período embrionario normalmente es de 3 a 5 días (Margheritis y Rizzo, 1965; Navarro *et al.*, 2009).

Las larvas eruciformes tienen una coloración general que varía desde el verdoso rosado al verde pardusco, según el tipo de alimento que consuman. Presentan una franja ancha blanco-amarillenta zigzagueante a cada costado. Los segmentos son bien marcados, encontrándose en estos, pequeñas verrugas con pelos cortos que le dan un aspecto rugoso. En su último estadio pueden alcanzar 35 a 40 mm de longitud y presentan una apariencia general robusta y un cuerpo cubierto de pelos cortos y oscuros. El período larval se completa entre 12 a 20 días. En todos los estadios, las larvas presentan un marcado canibalismo (Margheritis y Rizzo, 1965; Zerbino y Fassio, 1995; Navarro *et al.*, 2009).

La oruga, una vez que alcanzó su total desarrollo, se dirige al suelo para enterrarse unos 5 a 8 cm y empupar. 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).

Esta plaga ataca maíces en estado de floración femenina. Al eclosionar los huevos colocados en los estigmas, las larvas se alimentan de dicho órgano disminuyendo el número de granos de cada espiga por falta de polinización de los óvulos. Luego, las orugas penetran en las espigas y se alimentan de los granos y del marlo interno. En siembras tardías los daños son más frecuentes. También generan daños indirectos debido a que posibilitan la entrada de microorganismos como hongos productores de micotoxinas (Navarro *et al.*, 2009).

Según Navarro *et al.* (2009), los daños ocasionados por *H. zea* son más frecuentes en siembras tardías, aunque recientemente Ferrari *et al.* (2017) demostraron que para la región centro-sur de Córdoba durante las campañas 2014/15 y 2015/16, en las siembras tempranas se presentan los mayores porcentajes de espigas dañadas y longitud afectada. Según este último informe, durante el ciclo productivo 2014/15, el porcentaje de espigas dañadas evaluado fue de 87 % en los maíces tempranos en contraste con el 20 % de Incidencia medido en los tardíos. Durante la campaña 2015/16, en los maíces tempranos se cuantificó

un 59,8 % de mazorcas afectadas, a comparación del 35,5 % medido en los tardíos. En lo que a Porcentaje de longitud dañada respecta, Ferrari *et al.* (2017) cuantificó valores de 6,7 % (2014/15) y 5,6 % (2015/16) en los lotes sembrados tempranamente. Los cultivos tardíos presentaron valores de 1,13 % (2014/15) y 2,96 % (2015/16).

Para detectar tempranamente la presencia de esta plaga se deben observar los estigmas tres días después de su aparición. En ellos se deben buscar las oviposturas y las larvas en sus primeros estadios. Se recomienda abrir las mazorcas en la zona de los estigmas (Díaz Galárraga, 1999).

Para un manejo eficiente de esta plaga es necesario tomar medidas de control en forma temprana. Tradicionalmente, el método más usado es la aplicación de plaguicidas sintéticos. Esta técnica no es eficiente debido a la rapidez con que la larva queda protegida en el interior de la espiga. El uso desmedido de estos plaguicidas se ha debido en gran medida al poco conocimiento de la plaga y su control por parte del agricultor. Esto conlleva serios problemas ambientales al causar perturbaciones en el ecosistema, lo que provoca el incremento de resistencia, contaminación del ambiente, residualidad y problemas de salud (Chi Serrano, 2002).

Otra herramienta de manejo utilizada, consiste en realizar labranzas para exponer las pupas invernantes a las bajas temperaturas del invierno con el objetivo de disminuir la población. La siembra temprana también es una técnica que permite que el cultivo interaccione con una menor densidad poblacional. Sin embargo, la medida de manejo más utilizada en la actualidad, es la elección de genotipos con eventos biotecnológicos resistentes al ataque de isocas (Satorre, 2014).

En Argentina, los maíces genéticamente modificados crecieron en superficie desde su liberación en la campaña 1998/1999, alcanzando en los últimos registros más del 80 % de la superficie sembrada con este cereal. Esta tecnología permite un control eficiente de las plagas para las cuales han sido desarrolladas y permite reducir el número de aplicaciones de insecticidas. Su efecto está restringido a las especies plaga objetivo debido al mecanismo de acción específico que poseen las proteínas con función insecticida, por lo tanto, no ofrecen riesgo a la salud de aves y mamíferos. Esta forma de acción selectiva y su presencia prolongada en los tejidos del cultivo determinan su elevada eficacia, pero impone el riesgo de favorecer la selección natural de organismos tolerantes y/o resistentes entre las poblaciones plaga (Satorre, 2014).

Los maíces Bt, en general, poseen un gen incorporado por medio de ingeniería

genética proveniente de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. La expresión de dicho gen en la planta permite la síntesis de proteínas denominadas Cry que resultan letales para determinadas larvas de lepidópteros que las ingieren. Hay varias proteínas Cry, y por lo tanto varios genes Cry, y cada una es específica para un tipo o grupo de insectos (Flores y Parodi, 2011).

Los híbridos MG poseen las proteínas Cry1Ab. La familia de eventos denominados Herculex® se caracterizan por reunir proteínas Cry1Fa2 de *B. thuringiensis* que permiten un amplio control de insectos plaga, tales como el barrenador del tallo (*D. saccharalis*), el gusano cogollero (*S. frugiperda*), la oruga cortadora (*A. ipsilon*) y la isoca de la espiga (*H. zea*). Además incorpora un gen de tolerancia al herbicida glufosinato de amonio (Maizar, 2006).

Otra familia de eventos es la denominada VT Triple PRO® de Monsanto. Esta tecnología mediante las proteínas Cry1A105 y Cry2Ab brinda protección contra insectos lepidópteros (*D. saccharalis*, *S. frugiperda* y *H. zea*), contra larvas de coleópteros bajo el suelo (*Diabrotica speciosa*) y ofrece la segunda generación de tolerancia a glifosato (Monsanto, 2010; VTtriplePRO, 2015a; 2015b).

En los últimos años nuestro país se ha ubicado como el tercer productor de cultivos transgénicos, después de EEUU y Brasil. Se estima que la contribución del mejoramiento genético al incremento del rendimiento promedio por hectárea de maíz a nivel nacional, fue de aproximadamente un 50 % (Eyhérbide, 2012).

El maíz Bt que expresa la toxina Cry1Ab confiere resistencia al ataque de *Diatraea saccharalis* y *Spodoptera frugiperda*, reduciendo considerablemente el daño de esas especies. Respecto a *Helicoverpa zea*, Chilcutt *et al.* (2007), destacan que es más susceptible a la mencionada toxina que *S. frugiperda*. Burkness *et al.* (2001) obtuvieron más del 85 % de control en el número de larvas por espigas en maíces Bt con la expresión de la toxina Cry1Ab en comparación a las isolíneas no Bt. La reducción en la alimentación de las mazorcas de maíz Cry1Ab por *H. zea* se ha observado en un rango de 33 % a 80 % (Storer *et al.* 2001; Horner *et al.*; 2003). Según Buntin *et al.* (2004) el maíz Bt ofrece potencial para reducir los daños causados por *S. frugiperda* y *H. zea*, permitiendo el aumento del área de siembra de maíz, en especial en las siembras tardías en localidades donde estos insectos plaga permanentemente causan daño.

En la provincia de Santa Fe, Massoni *et al.* (2014) evaluaron daños por *H. zea* en híbridos de maíz Bt (VT3 PRO y MG) y convencional. Dichos autores informaron que en

fechas tardías, durante el período de R5, *H. zea* tuvo altos niveles de infestación en MGR2 y el testigo, sin embargo el Porcentaje de granos dañados por espiga fue bajo en todos los híbridos. Los híbridos MGR2 tuvieron un 55,7 % de plantas con daño y un 2,4 % de granos dañados por espiga, mientras que en las plantas no Bt se encontró un 60,1 % de plantas con daño y un 3,1 % de granos dañados por espiga. En híbridos VT3 PRO el 24 % de las plantas presentaban daño, con un 0,6 % de granos dañados en las espigas. Posteriormente, Massoni *et al.* (2015) demostraron en fechas tardías que para la misma localidad y metodología de medición, Nk 900 VIP3 presentó el menor porcentaje de Incidencia (5 %) y granos dañados (0,1 %) diferenciándose estadísticamente de los tratamientos PW 510 (38 % y 1,1 %), Dk 7210 VT3 Pro (37 % y 1,0 %), Dk 500 Hx (53 % y 1,9 %) y Dk 7210 MG RR (47 % y 1,6 %), y estos a su vez del testigo Dk 7210 RR quien manifestó el mayor daño (72 % y 2,4 %).

En estudios subsiguientes, Massoni *et al.* (2016) publicaron que en Santa Fe el material sembrado tardíamente que manifestó el menor porcentaje de Incidencia medido en R5 fue el Syn 840 VIP3 (4%), seguido del Dk 7210 VT3 Pro (67 %). El híbrido PW 507 ocupó el tercer puesto con un valor de 79 %, en cuarto lugar se encontraron los materiales Dk 7210 MG RR y Baltos Hx con un 87 % y 91 % de Incidencia respectivamente y sin diferencias significativas entre ellos, mientras que el Dk 7210 RR se caracterizó por diferenciarse estadísticamente del resto por poseer el mayor valor de Incidencia (99 %).

Swarc *et al.* (2015) evaluaron diferentes eventos Bt (Maiz Gard, Herculex, TDMAX, VT3 PRO y Powercore) incorporados a híbridos de maíz en dos fechas de siembra, una temprana (Agosto) y otra tardía (Enero) y 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, en donde se destacó el evento Powercore por su menor porcentaje de espigas dañadas (38 %) respecto del resto de los eventos que no se diferenciaron estadísticamente entre sí. En cuanto al daño en centímetros, el evento PW también fue el de mejor desempeño seguido por VT3P, MG en tercer lugar, TDMAX y HX y por último el testigo sin eventos que no se diferenció estadísticamente con HX. 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 destacó el evento PW, seguido del VT3P y en tercer lugar HX. En dicho trabajo concluyeron que este comportamiento probablemente se deba a que en la fecha de siembra tardía se logra escapar al ataque de esta plaga.

Bonivardo *et al.* (2015) estudiaron el comportamiento de híbridos de maíz con el evento MaizGard® en siembras tardías al ataque de *H. zea* en Villa Mercedes, provincia de

San Luis. Los tratamientos fueron: Dekalb 747 MG RR2; Pioneer 1845 MG RR; Dekalb 670 Triple PRO y Dekalb 670 RR. Evaluaron el número de oviposturas, granos por espiga y granos faltantes por espiga. Los híbridos Dekalb 747 MG RR2 (2013/2014) y Dekalb 670 RR (2014/2015) mostraron mayor número de oviposturas; sin embargo esto no se reflejó en el número de granos faltantes por espigas. Para las variables número de granos y número de granos faltantes por espiga, los análisis no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos en ambos ciclos, concluyendo que deben continuarse los estudios sobre el grado de intensidad de *H. zea*.

Con la incorporación de plantas genéticamente modificadas a los sistemas productivos, como los genes de *B. thuringensis*, se deben modificar las estrategias de manejo integrado de las plagas de maíz en el mundo (Cruz, 2002). Estudios sobre expresión genética, espectro de acción y especificidad de las toxinas Cry, producidas por *B. thuringensis*, permitirán la disponibilidad frecuente de nuevas versiones genéticas más eficaces, específicas y con ventajas aún mayores sobre las prácticas convencionales en el control de insectos plaga (Bobrowski *et al.*, 2003).

Sin embargo, la adquisición de dichas tecnologías implica un costo adicional y, para conocer si es conveniente o no invertir en tales eventos biotecnológicos, en primera instancia es necesario evaluar los daños ocasionados por la plaga en las dos fechas de siembra comúnmente planteadas a nivel regional en que se realiza este cultivo.

HIPÓTESIS

Los híbridos de Maíz sembrados temprano y con eventos biotecnológicos incorporados para el control de larvas de Lepidópteros, tienen menor intensidad de daño con respecto a aquellos sembrados tardíamente y sin evento.

OBJETIVOS

General

Evaluar la combinación de híbridos de maíz con diferentes eventos biotecnológicos y fechas de siembra frente al daño ocasionado por *H. zea*.

Específicos

Determinar el comportamiento frente a *H. zea* de la combinación de dos híbridos de maíz con diferentes eventos biotecnológicos para dos fechas de siembra.

Cuantificar las pérdidas de producción ocasionadas por *H. zea* a los diferentes híbridos en las dos fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para comprobar la hipótesis se realizaron dos ensayos en un lote comercial ubicado a 6 km al este de la ciudad de Río Cuarto, en cercanías del paraje La Gilda (Figura 1).

La siembra se realizó en dos oportunidades durante la campaña 2015/16, una fecha temprana y otra tardía, ejecutadas el 21 de Octubre y el 12 de Diciembre respectivamente.

A la siembra, independientemente de la fecha, se aplicó 60 kg de MAP azufrado y 100 kg de urea en todos los bloques. Posterior a la siembra y en preemergencia se aplicó 1.5 kg de atrazina al 90 % y 1 lt de s-metolacloro al 96 %.

Todas las parcelas experimentales se sembraron a una misma densidad de 4 semillas cada metro lineal con bastón sembrador (Figura 2).

El tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 10 metros de largo y distanciados a 0.52 metros, con un diseño en bloques completos al azar y seis tratamientos (Figura 3 y 4): **T1:** DK 692 RR, **T2:** DK 692 MG RR, **T3:** DK 692 VT3 PRO, **T4:** AX 852 RR, **T5:** AX 852 MG RR y **T6:** AX 852 HX, con cuatro repeticiones.

Para la determinación de los objetivos se evaluaron los siguientes parámetros en cada parcela:

- 1.- El porcentaje de plantas con espiga dañada.
- 2.- El porcentaje de granos dañados en relación al número total de granos de la espiga.
- 3.- La medición en centímetros de la parte dañada de la espiga en relación al largo total de la misma.
- 4.- En madurez de cosecha del cultivo se cuantificó el rendimiento (kg/ha).
- 5.- El peso de mil semillas (PMS) de la porción apical de espigas sanas para estimar las pérdidas.

Todas las determinaciones se realizaron sobre la totalidad de las plantas de los dos surcos centrales, dejando 5 plantas como bordura en ambos extremos. A cada individuo se le evaluó una única espiga. Las mazorcas deformadas, sin granos, o con anomalías no fueron valoradas.



Figura 1. Ensayos de maíz: Parcelas correspondientes a la fecha de siembra temprana en estado vegetativo.



Figura 2. Alambre utilizado en la siembra de los ensayos de maíz con marcas cada 25 cm.



Figura 3. Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Dk 692 RR, Dk 692 MG RR y Dk VT3 Pro.



Figura 4. Semillas de los híbridos de maíz utilizados en los ensayos: Ax 852 RR, Ax 852 MG RR y Ax 852 Herculex.

El porcentaje de plantas con espiga dañada se relevó en la etapa fenológica R5 en ambas fechas de siembra. En el ensayo de fecha de siembra temprana se realizó el 12 de Febrero y en el de siembra tardía el 21 de Marzo (Figura 5).

La Incidencia se calculó como el producto porcentual de la relación entre el número de plantas con espiga dañada y el número total de plantas con espiga evaluada.

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de espigas dañada en la parcela}}{\text{Total de espigas en la parcela}} * 100$$



Figura 5. Cuantificación de la Incidencia del daño producido por *Helicoverpa zea* en maíz durante R5 en la fecha de siembra temprana.

En madurez de cosecha, tal como se ve en la Figura 6, se extrajeron las espigas para cuantificar el porcentaje de granos dañados, la longitud total y la longitud afectada. El ensayo temprano se cosechó el 30 de Marzo y el tardío el 29 de Abril.



Figura 6. Ensayos de maíz: Recolección de las espigas de los 2 surcos centrales de cada parcela.

La Longitud dañada se calculó como el promedio entre cuatro mediciones equidistantes de la porción afectada de cada una de las espigas. Esto se realizó debido a la heterogeneidad que poseía la variable en distintas secciones (Figura 7).

$$Long. esp. dañ. = \frac{Long. da\tilde{n}o\ 1 + Long. da\tilde{n}o\ 2 + Long. da\tilde{n}o\ 3 + Long. da\tilde{n}o\ 4}{4}$$

El porcentaje de la longitud de espiga dañada se calculó como la relación entre la longitud promedio dañada de la espiga y su largo total.

$$\% Long. espiga da\tilde{n}ada = \frac{Long. da\tilde{n}ada\ por\ espiga\ (cm)}{Long. total\ de\ espiga\ (cm)} * 100$$

Del promedio de todos los valores recopilados se obtiene el Porcentaje de longitud dañada por parcela.

$$\% \text{ Long. dañada} = \frac{\sum \% \text{ Long. espigas dañadas en parcela}}{\text{N}^\circ \text{ total de espigas en la parcela}}$$



Figura 7. Medición del porcentaje de longitud y granos dañados en espigas de maíz.

Para el cálculo del Porcentaje de granos dañados se cuantificó el total de granos sanos y afectados dentro de cada espiga.

$$\text{Granos sanos espiga} = \text{N}^\circ \text{ hilera} * \text{N}^\circ \text{ de granos sanos por hilera}$$

$$\text{Granos dañados espiga} = \text{N}^\circ \text{ hilera} * \text{N}^\circ \text{ de granos dañados por hilera}$$

Posteriormente se calculó el número total de granos sanos y dañados por parcela.

$$\text{Total Granos Sanos parcela} = \sum \text{N}^\circ \text{ Granos sanos por espiga en parcela}$$

$$\text{Total Granos Dañados parcela} = \sum \text{N}^\circ \text{ Granos dañados por espiga en parcela}$$

El Porcentaje de granos dañados se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Gr. dañ.} = \frac{\text{Total Granos Dañados parcela}}{\text{Total Granos Sanos parcela} + \text{Total Granos Dañados parcela}} * 100$$

Para la estimación de las pérdidas de rendimiento, en cada parcela se separaron 5 espigas sanas en las cuales se cuantificó el número de hileras, el número de granos por hilera y el peso de mil (PM) de los granos en los 5 cm apicales (longitud máxima de daño registrada en los testigos) (Figura 8 y 9). El PM se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$PM \text{ 5 cm espiga (g)} = \frac{1000 \times \text{peso de los granos en los 5 cm apicales (g)}}{N^\circ \text{ de hileras} \times N^\circ \frac{\text{granos}}{\text{hilera}} \text{ 5 cm apicales}} \times 100$$

Posteriormente se calculó el promedio por parcela del PMS:

$$PM \text{ 5 cm parcela (g)} = \frac{\sum PM \text{ 5 cm espiga (g)}}{5 \frac{\text{espigas}}{\text{parcela}}}$$

En base a dicho cálculo y el total de granos se estimó las pérdidas de rendimiento por parcela:

$$Pérdida \text{ Rto parcela (g)} = \frac{\text{Tot. Granos Dañados parcela} \times PM \text{ 5 cm parcela (g)}}{1000}$$

Finalmente para una mayor comprensión de los valores obtenidos se extrapoló los resultados a kilogramos por hectárea. Para ello, sabiendo que la superficie de la parcela sobre la cual se tomaron los datos fue de 8 m², se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pérdida \text{ Rto (kg/ha)} = \frac{\left(\frac{10000 \left(\frac{m^2}{ha} \right) \times Pérdida \text{ Rto parcela} \left(\frac{g}{parcela} \right)}{8 \left(\frac{m^2}{parcela} \right)} \right)}{1000 \left(\frac{g}{kg} \right)}$$



Figura 8. Espigas de maíz sin daño apical por *Helicoverpa zea* marcadas en los 5 cm apicales.



Figura 9. Espiga de maíz desgranada en sus 5 cm apicales.

La determinación del rendimiento se llevó a cabo mediante la cosecha mecánica de las espigas recolectadas en cada parcela. La cosecha se realizó con una máquina estática para ensayos. El peso obtenido resultó de una superficie aproximada de 8 m^2 , el cual se extrapoló a rendimiento en kg/ha . Los datos obtenidos de cada parcela se sometieron a un análisis estadístico univariado y posteriormente a evaluaciones para verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza. Dichos supuestos se cumplieron en todos los casos dándole veracidad a los resultados arrojados por los ANAVAs. Las comparaciones de medias se realizaron con el método DGC. Se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013) para establecer diferencias significativas entre los tratamientos. Se empleó el modelo “Arreglo factorial con bloques anidados en Ambientes” considerando al ambiente como la fecha de siembra.

Las variables de clasificación fueron los factores Fecha de Siembra, Híbrido y Bloque. Las variables dependientes fueron el Porcentaje de longitud dañada, el Porcentaje de granos dañados, la Incidencia, el Rendimiento (kg/ha) y las Pérdidas de cosecha (kg/ha).

Modelo estadístico empleado fue:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_{k(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} = La observación de la variable dependiente en la unidad experimental del bloque k donde se aplicó el nivel i de Fecha de Siembra (A) y el nivel j de Híbrido (B).

μ = Media poblacional de la variable dependiente evaluada.

α_i = Efecto del nivel i del factor Fecha de Siembra "A" sobre la variable dependiente evaluada ($i=1\dots a$, $a=2$).

β_j = Efecto del nivel j del factor Híbrido "B" sobre la variable dependiente evaluada ($j=1\dots b$, $b=6$).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción o acción conjunta del nivel i del factor fecha de siembra "A" con el nivel j del factor híbrido "B"

$\gamma_{k(i)}$ = Efecto del bloque "k" dentro del nivel "i" del factor fecha de siembra "A" ($k=1$; $k=2$; $k=3$ y $k=4$).

ε_{ijk} = Variable aleatoria debida al error entre U.E. con el mismo tratamiento con $\sim N(0; \sigma_e^2)$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de los análisis de varianza para las diferentes variables cuantificadas.

Cuadro 1. Coeficientes de determinación, coeficientes de variación y p-valor obtenidos por los análisis univariados. La Gilda. Campaña 2015/16.

Variable Dependiente	R ²	CV	p-valor Factores de Clasificación		
			F.S.	H	F.S.*H
Incidencia (%)	0,74	17,14	0,0543	<0,0001	0,0257
Long. Daño (%)	0,83	17,88	0,2351	<0,0001	0,0036
Granos dañados (%)	0,69	12,45	0,0753	<0,0001	0,0581
Rendimiento (kg/ha)	0,83	14,25	<0,0001	0,0872	0,7321
Pérdida Rto. (kg/ha)	0,56	16,39	0,0334	0,0235	0,2368

R²: coeficiente de determinación; CV: coeficiente de variación; F.S.: fecha de siembra; H: híbrido; F.S.*H: interacción entre fecha de siembra e híbrido.

La variable Incidencia presentó evidencia estadísticamente significativa de interacción entre fecha de siembra e híbrido ($p=0,0257$) (Cuadro 1 y Anexo 1). Según la metodología DGC se obtuvieron 3 categorías diferenciadas estadísticamente entre sí. El tratamiento con el mejor comportamiento que constituyó la categoría A fue el Dk 692 VT3 Pro tardío ($36,12 \pm 6,62$ %). Dentro de la categoría B se agruparon los materiales Ax 852 MG RR temprano ($59,10 \pm 16,06$ %), Ax 852 MG RR tardío ($60,26 \pm 16,78$ %), Dk 692 VT3 Pro temprano ($61,50 \pm 16,82$ %), Ax 852 Hx tardío ($62,61 \pm 7,41$ %), Dk 692 MG RR tardío ($64,21 \pm 24,17$ %), Ax 852 Hx temprano ($71,69 \pm 6,89$ %) y Ax 852 RR temprano ($73,94 \pm 15,02$ %). La categoría C quedó constituida por Ax 852 RR tardío ($83,09 \pm 4,82$ %), Dk 692 RR temprano ($85,43 \pm 8,68$ %), Dk 692 MG RR temprano ($86,91 \pm 3,94$ %) y Dk 692 RR tardío ($90,88 \pm 3,93$ %) (Figura 10 y Anexo 2).

Swarc *et al.* (2015) y Ferrari *et al.* (2017) determinaron una menor Incidencia en las siembras tardías en relación a las tempranas, sin embargo, en el presente trabajo se encontró interacción entre la fecha de siembra y el híbrido, por lo tanto no se pudo

concluir nada considerando sólo el factor fecha de siembra. En cuanto a los resultados hallados en los tratamientos tempranos, se coincide con Szwarc *et al.* (2015) al encontrar que los híbridos con los eventos VT3 Pro y Hx presentaron los menores valores de Incidencia sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, en este experimento se encontraron diferencias de comportamiento entre los híbridos Ax y Dk con el evento MG RR y RR en siembras tempranas, en donde los Ax no se diferenciaron estadísticamente de los híbridos VT3 Pro ni Hx, mientras que los Dk si lo hicieron presentando los mayores valores de Incidencia. En la fecha de siembra tardía se encontró, al igual que Szwarc *et al.* (2015) y Massoni *et al.* (2016), que el híbrido con el evento VT3 Pro presentó el mejor comportamiento, seguido de los híbridos con los eventos MG y Hx sin diferencias significativas entre sí, y por último los materiales RR.

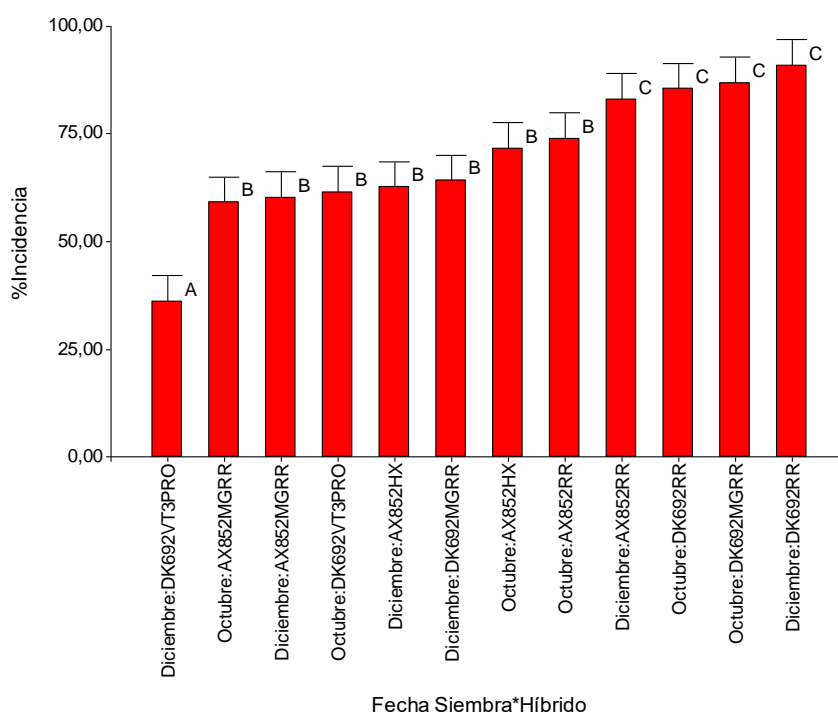


Figura 10. Incidencia (%) para los diferentes híbridos sembrados en Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0.005$).

La variable Longitud de daño (%) presentó interacción entre la fecha de siembra y los diferentes híbridos ($p = 0,0036$) (Cuadro 1 y Anexo 3). Según la metodología DGC se obtuvieron 3 categorías diferenciadas estadísticamente entre sí. El tratamiento con el mejor comportamiento que constituyó la categoría A fue el Dk 692 VT3 Pro tardío ($3,40 \pm 0,45$ %). Dentro de la categoría B se agruparon Ax 852 MG RR temprano ($6,52 \pm 2,24$ %), Dk 692 VT3 Pro temprano ($7,18 \pm 2,33$ %), Ax 852 Hx temprano ($7,45 \pm 1,87$ %), Ax 852 MG RR tardío ($7,69 \pm 2,15$ %), Ax 852 Hx tardío ($8,03 \pm 1,20$ %), Ax 852 RR temprano ($8,41 \pm 1,57$ %), Dk 692 MG RR tardío ($8,87 \pm 1,64$ %) y Ax 852 RR tardío ($9,48 \pm 1,53$ %). La categoría C quedó constituida por los materiales Dk 692 MG RR temprano ($12,16 \pm 0,81$ %), Dk 692 RR temprano ($12,17 \pm 1,58$ %) y Dk 692 RR tardío ($13,15 \pm 0,95$ %) (Figura 11 y Anexo 4).

Swarc *et al.* (2015) y Ferrari *et al.* (2017) concluyen en sus trabajos que la Longitud dañada es menor en las siembras tardías que en las tempranas, sin embargo en el presente estudio al encontrarse interacción entre los factores fecha de siembra e híbrido no se puede realizar ninguna comparación teniendo en cuenta sólo la fecha de siembra. En cuanto a los resultados obtenidos en los tratamientos de siembra temprana, no se coincide con Swarc *et al.* (2015), ya que en el presente trabajo los materiales con el evento VT3 Pro y Hx no se diferenciaron entre sí ocupando ambos la categoría B. En este experimento hubo diferencia de comportamiento entre los híbridos Ax y Dk con el evento MG RR y RR, en donde los Ax no se diferenciaron de los híbridos Dk 692 VT3 Pro ni Ax 852 Hx, mientras que los Dk si lo hicieron presentando los mayores valores de Longitud de daño. Para la fecha de siembra tardía se encontró un mejor comportamiento del Dk 692 VT3 Pro, diferenciándose de los híbridos con los eventos Hx y MG RR los cuales no poseen diferencias estadísticas entre ellos coincidiendo con lo reportado por Swarc *et al.* (2015).

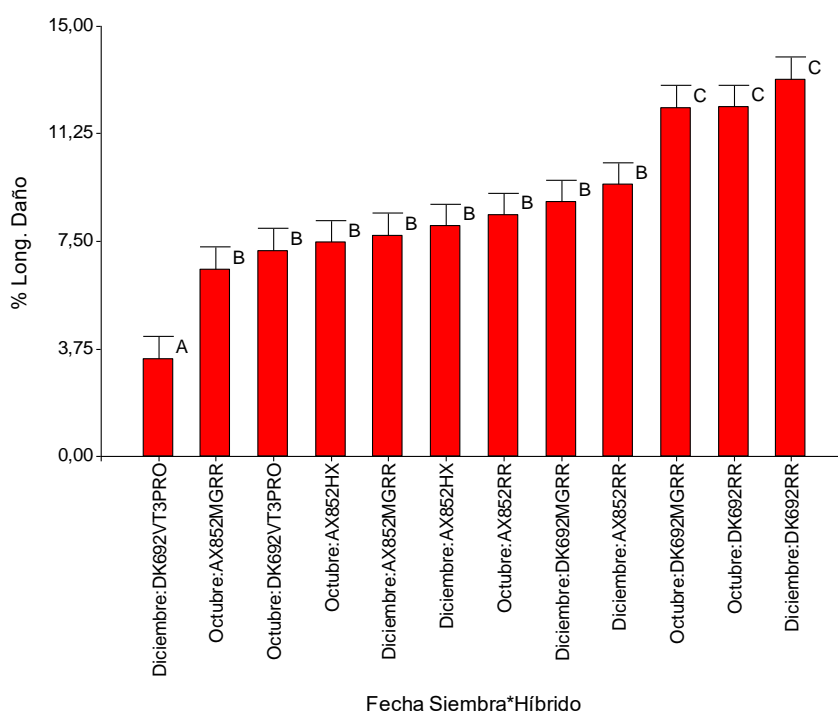


Figura 11: Longitud dañada (%) para los diferentes híbridos sembrados en Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0.005$).

La variable Porcentaje de granos dañados presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) para el factor híbrido (Cuadro 1 y Anexo 5). Del análisis de comparación de medias quedaron determinados dos grupos: dentro del A, con el menor valor de Porcentaje de granos dañados, se encuentran los materiales Dk 692 VT3 Pro ($6,07 \pm 3,78$ %), Ax 852 MG RR ($6,64 \pm 3,83$ %) y Ax 852 Hx ($7,38 \pm 3,22$ %), mientras que en el grupo B los híbridos Dk 692 MG RR ($12,44 \pm 4,61$ %), Dk 692 RR ($15,51 \pm 5,06$ %) y Ax 852 RR ($11,13 \pm 3,96$ %) presentaron valores de daño más elevados (Figura 12, Anexo 6).

Se demuestra que para la variable Porcentaje de granos dañados existe dependencia con el híbrido. Esto difiere de lo publicado por Bonivardo *et al.* (2015), quien no encuentra diferencias significativas entre los híbridos. Por otro lado, se coincide con los resultados encontrados por Massoni *et al.* (2014) al evidenciarse que el material VT3 Pro presenta valores de daños inferiores y distintos estadísticamente de aquellos híbridos sin evento. Estas conclusiones se asemejan a los encontrados posteriormente por Massoni *et al.* (2015), quienes demuestran que el híbrido VT3 Pro y Hx poseen un comportamiento semejante entre sí, pero superior al testigo RR. Sin embargo queda sin esclarecer la posición que ocupan los materiales MG RR en relación a los tratamientos restantes ya que en el presente estudio se revela que el híbrido Ax 852 MG RR manifiesta un comportamiento indistinto a los VT3 Pro

y Hx, mientras que Dk 692 MG RR se comporta de manera semejante estadísticamente a los tratamientos testigos. Vale destacar que los materiales que expresan las proteínas Cry1Ab, tal como ocurre en los híbridos MG, manifestaron una reducción en el consumo de sus granos con respecto a los tratamientos no Bt entre el 20% (híbrido Dk) y el 40 % (híbrido Ax), coincidiendo con los valores determinados por Storer *et al.* (2001) y Horner *et al.* (2003).

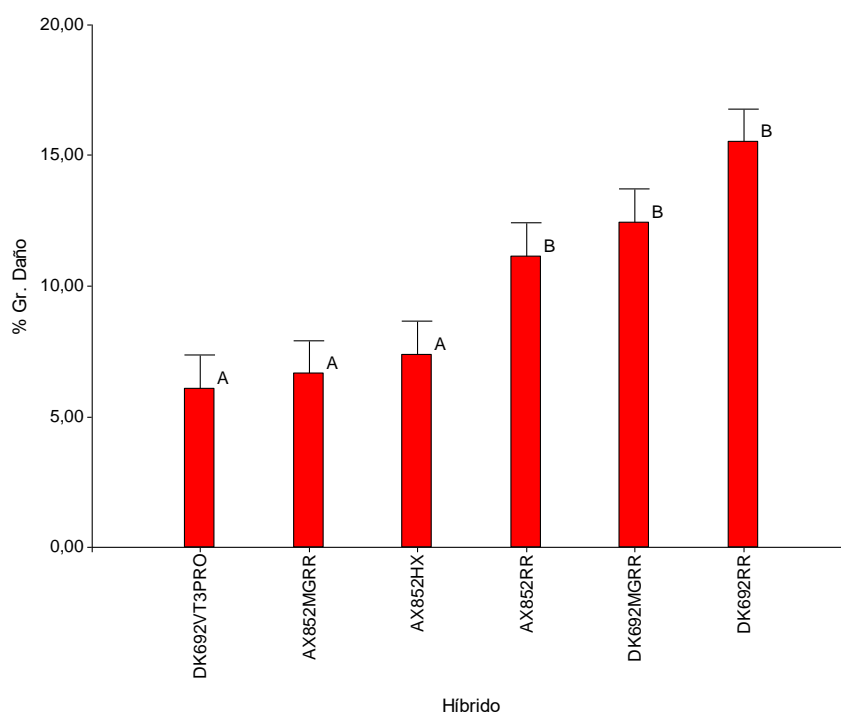


Figura 12. Granos dañados (%) para los diferentes híbridos. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0.005$).

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) en el Rendimiento para las diferentes Fechas de Siembra (Cuadro 1 y Anexo 7). Se demostró que las siembras tempranas, independientemente del híbrido, determinaron los mayores rendimientos ($9406,62 \pm 1211,68$ kg/ha) diferenciándose estadísticamente de las tardías ($5960,59 \pm 1243,92$ kg/ha) (Figura 13, Cuadro 8 del anexo). A diferencia con Massoni *et al.* (2016), quienes sí demuestran diferencia significativa entre los híbridos sembrados en Diciembre, en el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas.

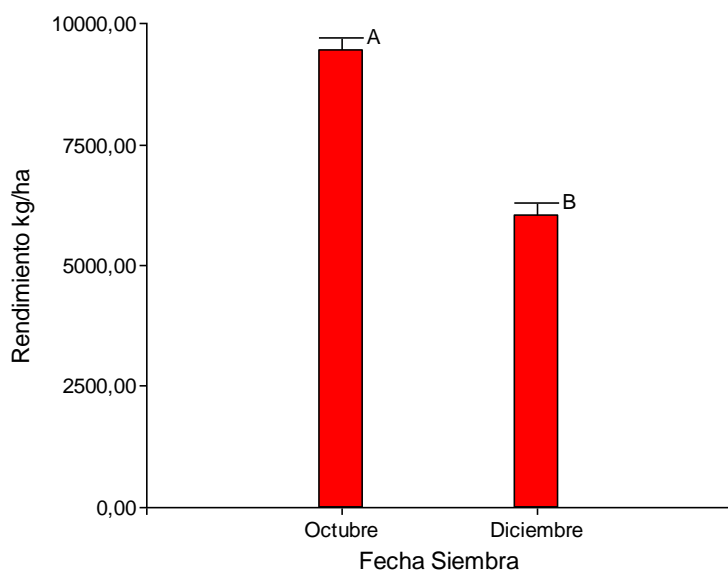


Figura 13. Rendimientos medios obtenidos en las siembras de Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0.005$).

Para la variable Pérdida de rendimiento (kg/ha), se comprobó que existe independencia entre los factores híbrido y fecha de siembra ($p = 0,2368$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0235$) para los diferentes híbridos (Cuadro 1 y Anexo 9), en donde los menores valores se determinaron en los materiales Ax 852 MG RR ($404,44 \pm 252,07$ kg/ha), Dk 692 VT3 Pro ($428,11 \pm 139,41$ kg/ha) y Ax 852 Hx ($466,20 \pm 143,50$ kg/ha), mientras que las mayores pérdidas ocurrieron en los híbridos Ax 852 RR ($629,51 \pm 307,96$ kg/ha), Dk 692 MGRR ($735,58 \pm 385,26$ kg/ha) y Dk 692 RR ($818,05 \pm 264,36$ kg/ha) (Figura 14, Anexo 10).

Si bien Massoni *et al.* (2014 y 2015) concluyen que el Porcentaje de granos dañados en siembras tardías es insignificante en su incidencia sobre las pérdidas de rendimiento, en esta investigación se revelan valores superiores a partir de los cuales se estiman pérdidas de rendimiento que promedian entre 404,44 kg/ha (Ax 852 MG RR) y 818,05 kg/ha (Dk 692 RR) (Anexo 10). Por otro lado, se comprobó que existe un comportamiento similar entre el Porcentaje de granos dañados y las pérdidas de rendimiento. Los híbridos que presentan el menor consumo de granos son los que se diferencian significativamente por poseer las menores mermas. Tal es el caso de los materiales VT3 Pro, Hx y Ax 852 MG RR. Los materiales RR y el híbrido Dk 692 MG RR se caracterizan por poseer los mayores Porcentajes de granos dañados y pérdidas de rendimiento.

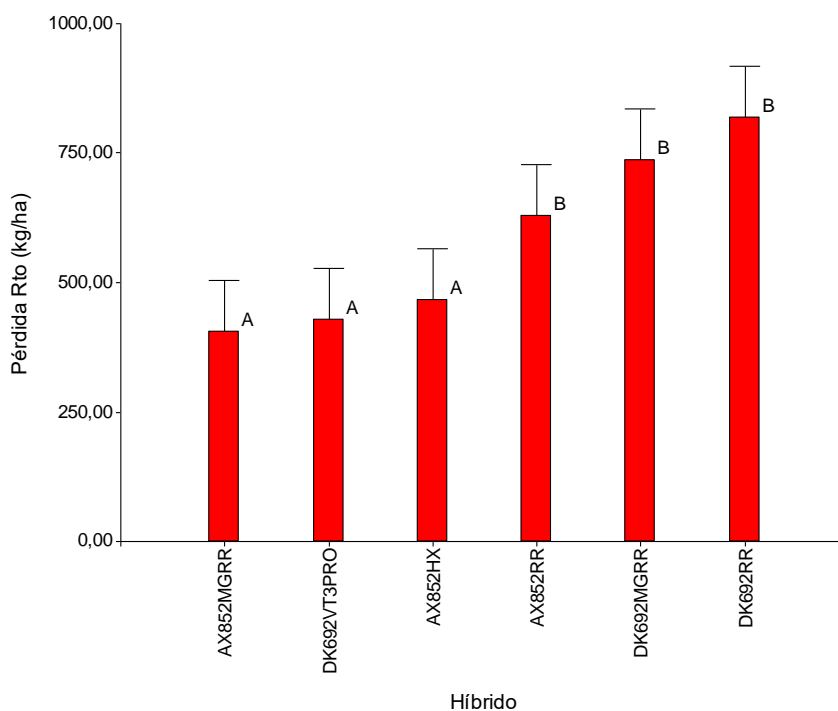


Figura 14. Pérdidas de rendimiento (kg/ha) ocasionadas por *H. zea* en los distintos híbridos. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0.005$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0334$) entre las fechas de siembra para la variable Pérdida de rendimiento. Las menores pérdidas se dieron en las fechas tardías ($490,28 \pm 299,60$ kg/ha) mientras que en fecha de siembra temprana los valores fueron más elevados ($670,35 \pm 355,05$ kg/ha) (Figura 15, Anexo 11). Una posible explicación de porqué las pérdidas son estadísticamente diferentes entre fechas de siembra cuando el Porcentaje de granos dañados no presentó diferencias estadísticamente significativas, es que el PMS de los 5 cm apicales de las espigas tempranas es estadísticamente superior al de las espigas tardías (228,99 g vs 174,68 g), determinando que bajo similar cantidad de granos dañados, las pérdidas fuesen mayores (Anexos 12 y 13).

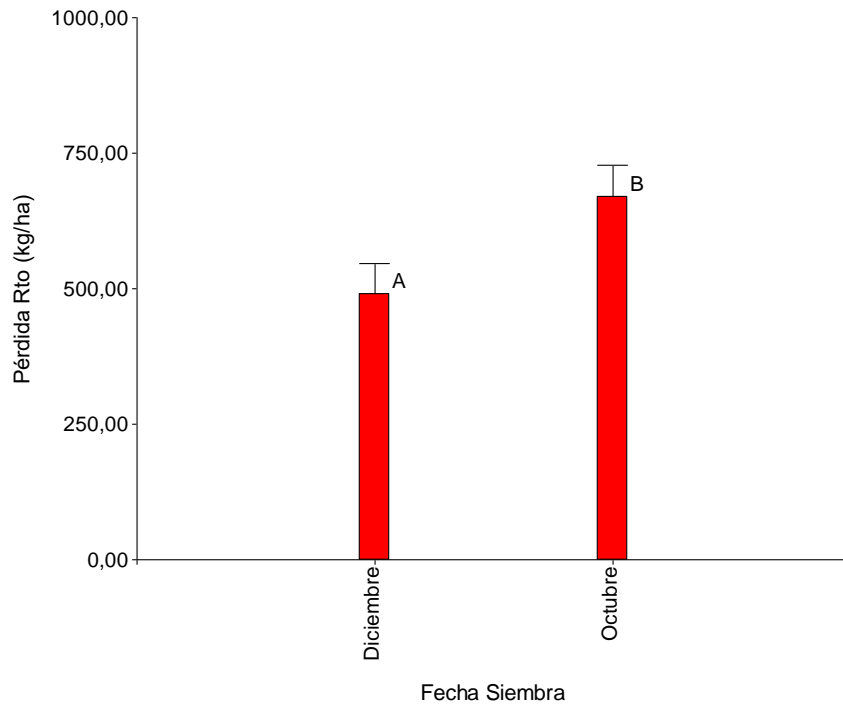


Figura 15. Pérdida de rendimiento medio ocasionado por *H. zea* en las distintas Fechas de Siembra. La Gilda. Campaña 2015/16. Letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0.005$).

CONCLUSIONES

- En siembra temprana, los híbridos con mejor comportamiento frente a las variables Incidencia y Porcentaje de longitud dañada fueron el Dk 692 VT3 Pro y Ax 852 Hx. El comportamiento de los materiales con evento MG RR y RR fue dispar y dependió del híbrido del cual se trate.
- En siembra tardía, el híbrido con menor Incidencia fue el Dk 692 VT3 Pro, seguido de los materiales con el evento MG RR y Hx sin diferencias estadísticas entre ellos, y por último los híbridos RR (sin eventos para el control de plagas).
- En siembra tardía, el híbrido con menor Longitud dañada fue el Dk 692 VT3 Pro, diferenciándose de los materiales con evento Hx y MG RR que presentaron un comportamiento intermedio.
- Los híbridos con mejor comportamiento frente a las variables Porcentaje de granos dañados y Pérdida de rendimiento fueron el Dk 692 VT3 Pro, Ax 852 Hx y Ax 852 MG RR, diferenciándose de los materiales Dk 692 MG RR, Dk 692 RR y Ax 852 RR quienes presentaron los mayores valores.
- Se comprobó estadísticamente la relación entre fecha de siembra y las pérdidas de rendimiento: las pérdidas de producción por *H. zea* son mayores en siembras tempranas que en las siembras tardías del cultivo de maíz.

BIBLIOGRAFIA

- BCR. 2015a. Estimaciones de producción. *En:* <https://www.bcr.com.ar/Pages/gea/estimaProd.aspx>. Consultado: 11-10-15.
- BCR. 2015b. 22.4 Millones de toneladas de Maíz. 2014/2015. *En:* <https://www.bcr.com.ar/Pages/GEA/infDetalle.aspx?idInforme=521>. Consultado: 16-10-15.
- BEADLE, G.W. 1980. The Ancestry of Corn. *Scientific American* 242: 112-119.
- BOBROWSKI, V. L., M. L. FIUZA, G. PASQUALI y M. H. BODANESE-ZANETTINI. 2003. Genes de *Bacillus thuringiensis*: una estrategia para conferir resistencia a insectos en plantas transgénicas. *Ciencia Rural* 34(1): 843-850.
- BONIVARDO, S. L., A. N. MARTINEZ, M. A. COLOMBINO, M.B. FUNES, J. ALFAGEME, R. LEDESMA y A. SUAREZ. 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.
- BUNTIN, G. D., K. L. FLANDERS y R. E. LYNCH. 2004. Assessment of experimental Bt events against fall armyworm and corn earworm in field corn. *Journal of Economic Entomology* 97: 259–264.
- BURKNESS, E. C., W. D. HUTCHISON, P. C. BOLIN, D. W. BARTELS, D. WARNOCK y D. W. DAVIS. 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.
- CALZADA, J. 2014. Comparación entre USA y Argentina: áreas sembradas con cereales y semillas oleaginosas. *En:* Informativo semanal Bolsa de Comercio de Rosario, Santa Fe 1668: 4-7.
- CHILCUTT, C. H. F., G. N. ODVODY, J. C. CORREA y J. REMMERS. 2007. Effects of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn on corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) densities. *Journal of Economic Entomology* 100(2): 327-334.
- CHI SERRANO, L. 2002. Manejo integrado de plagas para *Helicoverpa zea* y *Euxesta major* en Maíz dulce (*Zea mays* L. var. rugosa) en Zamorano. Trabajo de grado. Universidad de Zamorano, Honduras. 8 p.

- CRUZ, I. 2002. Manejo de plagas da cultura do Milho. *En*: Cruz, J. C.; Karam, D.; Monteiro, M. A. R.; Magalhaes, P. C. (Ed.). *A cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Cap. 12: 303-362.
- DI RIENZO, J. A., F. CASANOVE, M. G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA y C. W. RABLEDO. 2013. InfoStat, versión 2011, grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DÍAZ GALÁRRAGA, R. 1999. Control biológico del gusano elotero (*Helicoverpa zea* Boddie) en Maíz dulce producido en Zamorano. Tesis Ingeniería Agronómica. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 47 p.
- EYHÉRABIDE G. 2012. Mejoramiento genético de Maíz. *En*: *Bases para el manejo del cultivo de Maíz*, Editorial INTA Pergamino. 57 p.
- FERRARI, S., D. GIOVANINI, C. CASSANO, C. CRENNNA, J.A. GIUGGIA, C.M. ODDINO y U.A. GERARDO. 2017. Los insectos lepidópteros que tienen en jaque a los productores cordobeses. *XXIV Congreso Aapresid*. Rosario, Santa Fe, Argentina. *Red de innovadores* 156: 135-142.
- FLORES, F. y B. PARODI. 2011. Maíces Bt: manejo de la resistencia de los insectos blanco y nuevos eventos disponibles. *Informe de actualización técnica*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Marcos Juárez. p: 1-4.
- FYO. 2013. Campaña de Maíz 2012/2013 – El Maíz en la Argentina y el mundo. *En*: <http://portal.fyo.com/especiales/maiz/mapa.html>. Consultado: 11-10-15.
- FYO. 2014. Campaña de Maíz 2012/2013 – Comercialización - El Cereal tiene varios demandantes que agilizan la comercialización. *En*: <http://www.fyo.com/especiales/maiz13-14/comercializacion.php>. Consultado: 11-10-15.
- FYO. 2015. Especial Maíz 2014/2015 – Estimaciones. *En*: <http://www.fyo.com/especiales/maiz14-15/siembra-maiz>. Consultado: 11-10-15.
- GALINAT, W. C. 1995. The origin of maize: grain of humanity. *Economic Botany* 49: 3-12.
- GRANAR. 2015. Informes USDA – Informe del USDA - Octubre. *En*: <http://www.granar.com.ar/nota.asp?cid=43285>. Consultado: 11-10-15 y 15-10-15.

- HORNER T. A., G. P. DIVELY y D. A. HERBERT. 2003. Development, survival and fitness performance of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in MON810 Bt field corn. *Journal of Economic Entomology* 96: 914–924.
- IANNONE, N. y P. LEIVA. 1994. *Manejo de insectos plaga del cultivo de Maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Pergamino, 1ra ed. EEA INTA Pergamino, Buenos Aires. 73 p.
- MACNEISH, R.S. 1985. The archaeological record on the problem of the domestication of Corn. *Maydica* 30: 171-178.
- MAIZAR. 2006. Protección contra insectos en Maíz. Ventajas del evento HX (Hérculex 1). *En*: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=134>. Consultados: 16-10-15.
- MARGHERITIS, A.E. y H. F. E. RIZZO. 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.
- MASSONI, F.A., G. SCHILE y J. E. FRANA. 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. 180 p.
- MASSONI, F.A., M.A. TROSSERO y J.E. FRANA. 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”. *XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas*. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral. Rosario, Santa Fe, Argentina. 219 p.
- MASSONI, F.A., M. A. TROSSERO y J. E. FRANA. 2016. Maíces Bt expuestos al daño de lepidópteros. XXIV Congreso Aapresid. Rosario, Santa Fe, Argentina. *Red de innovadores*. 123 p.
- MATRANGOLO, W. J. R., I. CRUZ y T. M. C. DELLA LUCIA. 1998. Densidade populacional de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) nas Fases de Ovo, Larva e Adulto em Milho. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil. Jaboticabal* 27(1): 21-28.
- MOLINA OCHOA, J., W. D. HUTCHINSON y C. A. BLANCO. 2010. Current status of *Helicoverpa zea* and *Heliiothis virescens* within a echanging landscape in the southern United States and Mexico. *Southwest Entomologist* 35(3): 347–354.

- MONSANTO. 2010. Nuevo Maíz de Monsanto: Genuity VT Triple PRO. *En:* <http://www.monsanto.com/global/ar/noticias-y-opiniones/pages/20100410.aspx>. Consultado: 17-10-15.
- NAVARRO, F.R., E.D. SAINI y P.D. LEIVA. 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, pág. 29 y 72.
- PALIWAL, R.L., G. GRANADOS, H.R. LAFITTE y A.D. VIOLIC. 2001. *El Maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal N° 28. Roma, Italia. Primera edición. 378 p.
- 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). Talleres de trabajo organizados por DuPont Pioneer. Rosario, Santa Fe, Argentina. p: 2-3.
- SIIA. 2015. Producción de maíz del Departamento Río Cuarto. Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. *En:* http://www.sii.gov.ar/_apps/siia/arb/consultaA_pcia.php?codigo=Ag61&pcia=P14. Consultado: 27-10-15.
- STORER, N. P., J. W. VAN DUY y G. G. KENNEDY. 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.
- SWARC, D., D. VITTI y M. ALMADA. 2015. Daños del “gusano cogollero” y “gusano de la espiga” en diferentes híbridos de maíz transgénicos Bt. *Red de innovadores Aapresid, Revista técnica de maíz* 22: 37-39.
- VTTRIPLEPRO. 2015a. Control aéreo. *En:* <http://www.vttriplepro.com.ar/control-aereo>. Consultado: 17-10-15.
- VTTRIPLEPRO. 2015b. Control subterráneo. *En:* <http://www.vttriplepro.com.ar/control-subterraneo>. Consultado: 17-10-15.
- WESTBROOK, J. K. y J. D. LÓPEZ. 2010. Long-distance migration in *Helicoverpa zea*: What we know and need to know. *Southwestern Entomologist* 35(3): 355–360.
- WILKES, H.G. 1989. Maize: domestication, racial evolution and spread. *En:* D.R. Harris & G.C. Hillman (eds.) *Forage and Farming*, Unwin Hyman, London. p: 440-454.

ZERBINO, M.S. y A. FASSIO. 1995. Insectos Plagas en Maíz. Boletín de Divulgación 51. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA, Montevideo, Uruguay. p: 2-16.

ANEXOS

Anexo 1. ANAVA del porcentaje de Incidencia de daño por *H. zea*. La Gilda. Campaña 2015/16.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Incidencia	48	0,74	0,60	17,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12335,46	17	725,62	5,09	0,0001
Fecha Siembra	571,67	1	571,67	4,01	0,0543
Fecha Siembra>Bloque	1654,61	6	275,77	1,94	0,1073
Híbrido	7966,98	5	1593,40	11,19	<0,0001
Fecha Siembra*Híbrido	2142,21	5	428,44	3,01	0,0257
Error	4273,64	30	142,45		
Total	16609,10	47			

Anexo 2. Comparación de medias del porcentaje de Incidencia para diferentes híbridos en dos fechas de siembra. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test: DGC Alfa=0,05 PCALT=18,2851

Error: 142,4547 gl: 30

Fecha Siembra	Híbrido	Medias	n	E.E.	
Diciembre	DK692VT3PRO	36,12	4	5,97	A
Octubre	AX852MGRR	59,10	4	5,97	B
Diciembre	AX852MGRR	60,26	4	5,97	B
Octubre	DK692VT3PRO	61,50	4	5,97	B
Diciembre	AX852HX	62,61	4	5,97	B
Diciembre	DK692MGRR	64,21	4	5,97	B
Octubre	AX852HX	71,69	4	5,97	B
Octubre	AX852RR	73,94	4	5,97	B
Diciembre	AX852RR	83,09	4	5,97	C
Octubre	DK692RR	85,43	4	5,97	C
Octubre	DK692MGRR	86,91	4	5,97	C
Diciembre	DK692RR	90,88	4	5,97	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3. ANAVA del porcentaje de la Longitud dañada por *H. zea*. La Gilda. Campaña 2015/16.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Long. Daño	48	0,83	0,73	17,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	353,35	17	20,79	8,58	<0,0001
Fecha Siembra	3,56	1	3,56	1,47	0,2351
Fecha Siembra>Bloque	22,43	6	3,74	1,54	0,1986
Híbrido	272,96	5	54,59	22,52	<0,0001
Fecha Siembra*Híbrido	54,39	5	10,88	4,49	0,0036
Error	72,71	30	2,42		
Total	426,06	47			

Anexo 4. Comparación de medias del porcentaje de Longitud dañada para diferentes Híbridos sembrados en Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3851

Error: 2,4238 gl: 30

Fecha Siembra	Híbrido	Medias	n	E.E.	
Diciembre	DK692VT3PRO	3,40	4	0,78	A
Octubre	AX852MGRR	6,52	4	0,78	B
Octubre	DK692VT3PRO	7,18	4	0,78	B
Octubre	AX852HX	7,45	4	0,78	B
Diciembre	AX852MGRR	7,69	4	0,78	B
Diciembre	AX852HX	8,03	4	0,78	B
Octubre	AX852RR	8,41	4	0,78	B
Diciembre	DK692MGRR	8,87	4	0,78	B
Diciembre	AX852RR	9,48	4	0,78	B
Octubre	DK692MGRR	12,16	4	0,78	C
Octubre	DK692RR	12,17	4	0,78	C
Diciembre	DK692RR	13,15	4	0,78	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 5. ANAVA del porcentaje de Granos dañados por *H. zea*. La Gilda. Campaña 2015/16.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Gr. dañado	48	0,69	0,52	12,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,01	17	0,12	3,97	0,0005
Fecha Siembra	0,10	1	0,10	3,39	0,0753
Fecha Siembra>Bloque	0,26	6	0,04	1,45	0,2282
Híbrido	1,29	5	0,26	8,65	<0,0001
Fecha Siembra*Híbrido	0,36	5	0,07	2,43	0,0581
Error	0,89	30	0,03		
Total	2,90	47			

Anexo 6. Comparación de medias del porcentaje de granos dañados de los Híbridos. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,8352

Error: 13,1446 gl: 30

Híbrido	Medias	n	E.E.	
DK692VT3PRO	6,07	8	1,28	A
AX852MGRR	6,64	8	1,28	A
AX852HX	7,38	8	1,28	A
AX852RR	11,13	8	1,28	B
DK692MGRR	12,44	8	1,28	B
DK692RR	15,51	8	1,28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 7. ANAVA del Rendimiento (kg/ha) de los Híbridos evaluados en la siembras de Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg/ha	48	0,83	0,73	14,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	175881419,45	17	10345965,85	8,63	<0,0001
Fecha Siembra	142501404,21	1	142501404,21	118,83	<0,0001
Fecha Siembra>Bloque	17183840,18	6	2863973,36	2,39	0,0526
Híbrido	12858376,48	5	2571675,30	2,14	0,0872
Fecha Siembra*Híbrido	3337798,58	5	667559,72	0,56	0,7321
Error	35976585,44	30	1199219,51		
Total	211858004,89	47			

Anexo 8. Comparación de medias del Rendimiento (kg/ha) en las distintas Fechas de Siembra. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=636,3264

Error: 1199219,5148 gl: 30

Fecha Siembra	Medias	n	E.E.	
Diciembre	5960,59	24	223,53	A
Octubre	9406,62	24	223,53	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 9. ANAVA de la pérdida de rendimiento (kg/ha) ocasionada por *H. zea*. La Gilda. Campaña 2015/16.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PerdidaRto	48	0,56	0,31	16,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,93	17	0,11	2,26	0,0247
Fecha Siembra	0,25	1	0,25	4,97	0,0334
Fecha Siembra>Bloque	0,55	6	0,09	1,81	0,1307
Híbrido	0,77	5	0,15	3,07	0,0235
Fecha Siembra*Híbrido	0,36	5	0,07	1,45	0,2368
Error	1,51	30	0,05		
Total	3,44	47			

Anexo 10. Comparación de medias de las Pérdidas de Rendimiento (kg/ha) de los distintos Híbridos. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=294,7987

Error: 78235,7426 gl: 30

Híbrido	Medias	n	E.E.	
AX852MGRR	404,44	8	98,89	A
DK692VT3PRO	428,11	8	98,89	A
AX852HX	466,20	8	98,89	A
AX852RR	629,51	8	98,89	B
DK692MGRR	735,58	8	98,89	B
DK692RR	818,05	8	98,89	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 11. Comparación de medias de las Pérdidas de Rendimiento (kg/ha) en las distintas Fechas de Siembra. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=162,5299

Error: 78235,7426 gl: 30

Fecha Siembra	Medias	n	E.E.	
Diciembre	490,28	24	57,09	A
Octubre	670,35	24	57,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 12. ANAVA de PMS 5 cm (gr). La Gilda. Campaña 2015/16.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMS 5CM	48	0,79	0,66	10,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	51524,63	17	3030,86	6,46	<0,0001
Fecha Siembra	35403,06	1	35403,06	75,48	<0,0001
Fecha Siembra>Bloque	10164,84	6	1694,14	3,61	0,0082
Híbrido	4348,28	5	869,66	1,85	0,1324
Fecha Siembra*Híbrido	1608,45	5	321,69	0,69	0,6378
Error	14071,29	30	469,04		
Total	65595,92	47			

Anexo 13. Comparación de medias de PMS 5 cm (gr) entre las siembras de Octubre y Diciembre. La Gilda. Campaña 2015/16.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=12,5845

Error: 469,0428 gl: 30

Fecha Siembra	Medias	n	E.E.
Octubre	228,99	24	4,42 A
Diciembre	174,68	24	4,42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)