

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Proyecto de Trabajo Final presentado para optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**EVALUACIÓN DEL DAÑO DE *Spodoptera frugiperda* EN
UN HÍBRIDO DE MAÍZ CON DIFERENTES
EVENTOS TRANSGÉNICOS.**

Mores Valentin
DNI: 37.108.002

DIRECTOR: Giovanini Diego

Río Cuarto – Córdoba
Septiembre 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: "Evaluación del daño de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos".

Autor: Mores Valentin

DNI: 37.108.002

Director: Giovanini Diego

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

Bonamico Natalia _____

Crenna Cecilia _____

Giovanini Diego _____

Fecha de Presentación: ____/____/____

Secretario Académico

DEDICATORIA

Con cariño:

A toda mi familia, mi novia y mis amigos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mis hermanas por apoyarme y aconsejarme en todo este tiempo y hacer que nunca baje los brazos.

A mi novia y mis amigos por estar siempre, acompañándome en todo momento y ayudarme a nunca sentirme solo.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto, por toda la enseñanza brindada, por acobijarme y dejarme ser parte de la misma en estos años.

Por último, un agradecimiento muy grande a mi director de tesis, el Ing. Diego Giovanini, que desde un primer momento me dio la oportunidad de trabajar con él en esta temática. Agradecerle por su gran ayuda, compromiso, por dedicar gran parte de su tiempo a mis necesidades y por la amistad que hoy en día nos une.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
HIPÓTESIS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
CONCLUSIONES.....	16
BIBLIOGRAFÍA.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Planta de maíz	1
Figura 2: Subproductos del maíz destinados a la alimentación humana y animal	1
Figura 3: Producción mundial de maíz	2
Figura 4: <i>Spodoptera frugiperda</i> en estado de huevo, larva y adulto	3
Figura 5: Daño de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el cultivo de maíz	4
Figura 6: Imagen satelital de la ubicación de los ensayos de evaluación del daño de <i>Spodoptera frugiperda</i> en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos	7
Figura 7: Climograma de Río Cuarto.....	7
Figura 8: Ensayo de evaluación del daño de <i>Spodoptera frugiperda</i> en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos ubicado en la localidad de Chucul	8
Figura 9: Ensayo de evaluación del daño de <i>Spodoptera frugiperda</i> en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos ubicado en la localidad de La Gilda...	8
Figura 10: Escopeta para siembra manual de maíz.....	8
Figura 11: Plantas de maíz con diferentes grado de daño de <i>Spodoptera frugiperda</i> , determinado mediante la escala de Fernández y Expósito (2000)	9
Figura 12. Espigas de maíz con diferentes grados de daños de <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
Figura 13. Determinación del peso de granos de maíz en laboratorio	9
Figura 14. Rendimiento de los diferentes tratamientos. Chucul, 2016	10
Figura 15. Incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los diferentes tratamientos. Chucul, 2016.....	11
Figura 16. Severidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> en los diferentes tratamientos. Chucul, 2016.....	11
Figura 17. Rendimiento de los diferentes tratamientos. La Gilda, 2016.....	12
Figura 18. Incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> de los diferentes tratamientos. La Gilda, 2016.....	13
Figura 19. Severidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> de los diferentes tratamientos. La Gilda, 2016.....	14
Figura 20. Rendimiento obtenido por planta dependiendo del grado de daño.....	15
Figura 21. Porcentaje de pérdidas de rendimientos dependiendo del grado de daño	15

RESUMEN

En Argentina *Spodoptera frugiperda*, es polifitófaga y es una importante plaga del cultivo de maíz afectándolo durante su estado vegetativo, actuando como defoliadora o cogollera según el estado en que se encuentra la planta. El objetivo del trabajo fue evaluar la intensidad del daño causado por el “gusano cogollero” sobre un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos en cercanía de la ciudad Río Cuarto. Durante la campaña 2014/15 se realizó el ensayo en dos localidades, uno ubicado en La Gilda, y el otro en Chucul, con un DCA con tres tratamientos (T1: maíz AX 852 RR convencional, T2: AX 852 RRMG, T3: AX 852 RR herculex) y cinco repeticiones. Para la determinación del porcentaje de plantas afectadas se tomaron tres muestras al azar que consistía en 10 plantas consecutivas, de dos surcos centrales de cada parcela experimental, registrándose plantas sanas y con daño a través de la escala de Fernández y Expósito (2000). En madurez fisiológica del cultivo se cuantificó el rendimiento para determinar diferencias entre tratamientos. En el estado fenológico V8, se seleccionaron 50 plantas dentro del ensayo según grado de daño y en madurez fisiológica del cultivo se cuantificó el rendimiento para determinar diferencias entre grado de daño. En Chucul, los tratamientos presentaron diferencias estadísticas en la variable rendimiento, pero las mismas se pueden atribuir a otros factores y no al daño de la plaga ya que la intensidad fue similar para los tres tratamientos. En La Gilda los tratamientos si bien presentaron diferentes incidencias por daño de *S. frugiperda*, la severidad fue similar y en la variable rendimiento no presentaron diferencias estadísticas. Las plantas de grado de daño 1 se diferenciaron estadísticamente de los otros grados de daño y a medida que se incrementó la escala de daño, también lo hace el porcentaje de pérdidas.

Palabra Clave: *Spodoptera frugiperda*, gusano cogollero, híbrido, maíz.

SUMMARY

In Argentina, *Spodoptera frugiperda* is a polyphthia and is an important pest of the maize crop affecting it during its vegetative state, acting as defoliator or cogollera depending on the state of the plant. The objective of this work was to evaluate the intensity of the damage caused by the "worm-cogollero " on a hybrid of maize with different transgenic events in the neighborhood of Rio Cuarto City. During the 2014/15 campaign, the experiment was carried out in two locations, one in La Gilda, and the other in Chucul, with a DCA with three treatments (T1: AX 852 RR conventional maize, T2: AX 852 RRMG, T3: AX 852 RR herculex) and five replicates. For the determination of the percentage of affected plants, three random samples were taken consisting of 10 consecutive plants, of two central rows of each experimental plot, with healthy and damaged plants being recorded through the scale of Fernández and Expósito (2000). In the physiological maturity of the culture the yield was quantified to determine differences between treatments. In Phenological state V8, 50 plants were selected in the trial according to degree of damage and in physiological maturity the culture was quantified the yield to determine differences between degree of damage. In Chucul, the treatments presented statistical differences in the yield variable, but they can be attributed to other factors and not to pest damage since the intensity was similar for all three treatments. In La Gilda the treatments presented different incidences due to *S. frugiperda* damage, the severity was similar and in the yield variable there were no statistical differences. Damage grade plants 1 differed statistically from the other damage levels and as the scale of damage increased, so did the percentage of losses.

Keyword: *Spodoptera frugiperda*, cogollero worm, hybrid, maize.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas. El maíz deriva del teosinte y fue domesticado en un periodo comprendido entre 7.000 y 10.000 años atrás, en el sur de México (Goodman, 1988). A partir del descubrimiento de América, fue introducido en Europa, en donde rápidamente se convirtió en un factor clave de la alimentación humana y animal (Watson, 1988).

La planta es anual con un tallo simple macizo generalmente erguido (Figura 1), formado por ocho o más nudos regularmente distribuidos, con médula esponjosa. Es de inflorescencia monoica con panoja masculina apical y una espiga femenina cubierta con brácteas foliares separada dentro de la misma planta (Dimitri, 1979).

El grano de maíz tiene numerosos usos (Figura 2), la mayor proporción de su producción se usa en la alimentación animal (Watson, 1998). En algunos países, sobre todo de Latinoamérica, se emplea como alimento humano en cantidades significativas (Rooney y Serna-Saldívar, 1987).

Por otra parte, este grano es una importante fuente de materia prima para producir almidón y derivados, edulcorantes, aceites, alcoholes y otros productos que se usan en muchas aplicaciones alimentarias y no alimentarias (Leath y Hill, 1987), como fuente de materia prima en la industria química (Orthoeffter, 1987) y en algunos casos como reemplazo de los derivados del petróleo. El maíz presenta ciertas ventajas, a diferencia del petróleo ya que es un recurso renovable, los productos finales obtenidos son biodegradables y su degradación no altera el balance de anhídrido carbónico atmosférico.



Figura 1. Planta de maíz.



Figura 2. Subproductos del maíz destinados a la alimentación humana y animal.

La producción mundial de maíz en las últimas campañas agrícolas alcanza las 968.06 millones de tn (Figura 3). Estados Unidos es el principal productor, con cerca del 40% del total mundial (385 millones de tn), seguido por China con 219.554 millones de tn, Brasil con 96 millones de tn, Unión Europea con 61 millones y Argentina (40 millones de tn) con el 10% del total mundial (USDA, 2017).

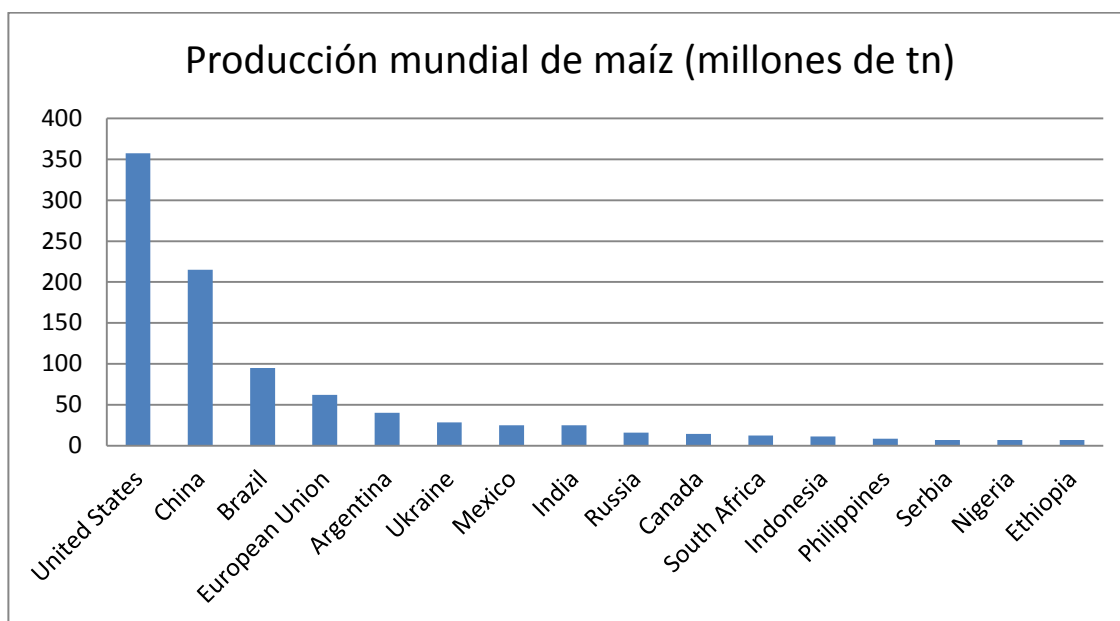


Figura 3. Producción mundial de maíz (USDA, 2017).

El maíz es de crecimiento estival y en Argentina se cultiva en toda la región pampeana, concentrándose en el norte de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe, este de la provincia de Córdoba y La Pampa, las cuales conforman la denominada "zona núcleo". Dicha zona concentra el 70% de la superficie total de maíz sembrado en el país, y contribuye con el 77% de la producción nacional. La siembra se extiende desde el mes de septiembre hasta el mes de diciembre y la cosecha se realiza, de acuerdo a las zonas agroecológicas, entre los meses de marzo-mayo aproximadamente (Pizarro, 2003).

En las últimas décadas el cultivo ha mantenido su importancia a pesar del avance del cultivo de soja, representando a nivel nacional el 25,4 % de la producción de los cuatro principales cultivos exportables (soja, maíz, trigo, girasol). En Córdoba, dicho indicador en el ciclo productivo 2014/15 alcanzó el 34.2%, debido principalmente a las mejoras de productividad en la provincia (Ghida Daza, 2015).

En la campaña 2012/13, en Argentina se sembraron 6.133.378 ha, obteniéndose una producción de 32.119.211 tn de maíz y un rendimiento promedio de 6.604 kg/ha. Dicha

superficie se incrementó en el último ciclo agrícola 2015/16 a 6.904.538 ha con una producción de 39.792.854 tn y un rendimiento de 7.442 kg/ha (SIIA, 2013).

En la provincia de Córdoba también se observa un incremento del área sembrada, pasando de 1.907.350 ha, con una producción de 10.789.190 tn y un rendimiento promedio de 6.814 kg/ha en el ciclo agrícola 2012/13, a una superficie de 1.935.970 ha, con una producción de 12.255.535 tn y un rendimiento de 7.657 kg/ha en 2015/16 (MINAGRI, 2014).

En lo que respecta al Departamento Río Cuarto se sembraron 355.800 ha con una producción de 1.857.700 tn y un rendimiento de 6.500 kg/ha en el ciclo agrícola 2012/13 manteniéndose en valores similares para el ciclo agrícola 2015/2016 (superficie: 340.000 ha, producción: 2.112.500 tn y rendimiento promedio de 6.500 kg/ha) (SIIA, 2013).

En América Central se estima que entre el 20 y el 35% de las pérdidas del cultivo de maíz a campo son causadas por insectos, siendo *Spodoptera frugiperda* considerada como la plaga más importante (Andrews, 1988).

Spodoptera frugiperda, denominada “gusano cogollero” (Figura 4), es polifitófaga y su nombre común se debe a que suele atacar en amplios frentes al igual que la *Pseudaletia adultera* "oruga militar verdadera", pero más tarde (Vincini y Sisti, 1984). Los adultos son mariposas de 35 a 45 mm de envergadura alar, con el primer par de alas gris oscuro con puntuaciones blancas y oscuras y con bandas transversales onduladas. Las hembras fecundadas oviponen más de 1000 huevos, en cuatro o cinco veces, generalmente de noche y en forma de bandas cubiertas de escamas en el envés de las hojas. De estos huevos, entre uno y tres días nacen larvas blanco-verdosas con una línea dorsal más oscuras (Campos, 1970; Rizzo y La Rosa, 1993). Presenta seis estadios larvales durante un periodo de 18 a 24 días tras los cuales empupa bajo tierra. Esta especie es marcadamente caníbal a partir del tercer estadio (Rizzo y La Rossa, 1993).



Figura 4. *Spodoptera frugiperda* en estado de huevo, larva y adulto.

Esta plaga afecta al cultivo de maíz en cualquier momento de su estado vegetativo y el daño lo puede ocasionar al actuar como cortadora, defoliadora o cogollera según el estado fenológico en que se encuentra la planta (Figura 5), reduciendo la capacidad fotosintética. También puede ocasionar daños a la panoja que se desarrolla dentro de la hoja bandera, pero su

importancia es relativa ya que generalmente no se pierde en su totalidad y sigue produciendo polen. Cuando la panoja emerge, las larvas se dirigen a las espigas en desarrollo donde daña los granos, reduciendo su número. Otras veces se alimentan de las hojas durante la floración y el llenado de granos, lo que puede reducir el número de granos fijados y el peso de los mismos (Willink *et al.*, 1993).



Figura 5. Daño de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz.

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 conspicuo es la incorporación al genoma del maíz del gen Bt (maíz 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 y reduciendo significativamente las pérdidas directas e indirectas de rendimiento (Eyhérabide, 2012).

Bacillus thuringiensis es una bacteria que habita el suelo y cuyas esporas contienen proteínas (Cry) tóxicas para ciertos insectos. Estas proteínas se activan en el sistema digestivo del insecto y se adhieren a su epitelio intestinal, alterando el equilibrio osmótico del intestino, provocando la parálisis del sistema digestivo del insecto, que deja de alimentarse y muere a los pocos días. Estas poseen una toxicidad selectiva alta debido a su estrecho rango de especificidad (miembros de los ordenes lepidópteros, dípteros y coleópteros) por lo que son consideradas inocuas para mamíferos, pájaros e insectos “no-blanco”. Los beneficios que presenta el maíz Bt se centran en la posibilidad que tiene el agricultor de controlar plagas con menos aplicaciones de insecticidas, lo que constituye, además, un beneficio directo para el medio ambiente. Otra característica muy importante que posee es que los únicos insectos expuestos a las toxinas son aquellos que se encuentran alimentándose del cultivo. En particular, el control eficiente de las plagas permite una máxima expresión del potencial de rendimiento, un manejo más flexible de las fechas de siembra y cosecha, una mejor calidad del grano, y el hecho de evitar el daño de la plaga, la cual al alimentarse de los tallos, hojas y espigas, dejan galerías que dañan a la planta y

son vías de entradas para hongos, cuya toxinas (micotoxinas) son muy peligrosas para la salud humana y animal, le adjudica un beneficio más a esta tecnología (Argenbio, 2017).

Desde 1998 en Argentina se cuenta con la posibilidad de utilizar varietales de maíz transgénicos (genéticamente modificado) resistente a insectos lepidópteros, particularmente efectivos para el control del barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*). Uno de los primeros eventos transgénicos Bt fue el "MON 810" conocido como "MG", desde ese entonces una decena de eventos diferentes se han aprobado para su cultivo y comercialización, los mismos no solo controlan al barrenador del tallo sino también a otros lepidópteros plaga, aunque con control parcial, como la isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*), las orugas cortadoras (*Agrotis spp*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Flores y Parodi, 2011).

Tirado Pacheco (2002), realizó una evaluación agronómica en Honduras de 20 híbridos de maíz (*Zea mays*) transgénico con el gen Bt (*Bacillus thuringiensis*) y sus contrapartes sin el gen, determinando que los híbridos transgénicos Bt, generaron plantas vigorosas, obtuvieron mayor rendimiento y granos de mejor calidad que los híbridos sin Bt. Otro estudio fue realizado en el norte santafesino en Argentina, donde se evaluaron doce materiales Bt y uno convencional, en siembra directa. La conclusión obtenida de este estudio es que todos los materiales Bt fueron afectados por *S. frugiperda*, aunque con menor intensidad que el material convencional (Sosa y Vitti Scarel, 2004).

En Argentina en el año 2005 se aprobó la producción y comercialización de un nuevo evento transgénico denominado TC 1507 Herculex I (HXI) que expresa una proteína insecticida, Cry1F, que posee un amplio espectro de control para lepidópteros plagas, incluyendo al gusano cogollero (Levitus, 2006; Ridner *et al.*, 2008; García Degano *et al.*, 2009; Murúa *et al.*, 2009). Estudios realizados a campo con maíz HXI demostraron un elevado nivel de protección del cultivo frente a esa especie (Siebert y Buntin, 2008).

Siebert *et al.* (2008) en el Sur de Estados Unidos y Brasil evaluaron en diez localidades, isolíneas de Cry1F y de maíz sin Bt, determinando que las variedades que producen la proteína Cry1F proveyeron altos niveles de control. En la Universidad de Georgia (Estados Unidos) en la campaña 2006-2007 se evaluaron híbridos sin Bt con los híbridos que contienen el evento MON810 que expresa la proteína Cry1Ab y el evento TC1507, que expresa la proteína Cry1F. Los eventos MON810 y TC1507 proporcionaron niveles similares de protección contra el daño por gusano cogollero en niveles bajos a moderados de infestación. Sin embargo, los híbridos con el evento MON810 tenían mayor daño con respecto a los híbridos con el evento TC 1507 cuando los niveles de infestación eran altos (Buntin, 2008)

En Argentina, provincia de Santa Fe, Massoni *et al.* (2014) evaluaron daños por *S. frugiperda* en híbridos de maíz Bt (VT TRIPLE PRO y MG) y convencional. Dichos autores informaron que durante el estado de V4 las plantas de maíz VT Triple PRO, permanecieron casi sin daño de larvas de *S. frugiperda*. Los híbridos MGRR2 tuvieron un 15% de daño, mientras que en las plantas no Bt el daño fue del 34%.

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

Actualmente, el 96% del maíz cultivado en Argentina es transgénico. En la campaña 2015/2016 más del 75% fueron híbridos con dos características combinadas; la resistencia a insectos y la tolerancia a herbicidas, y una fracción menor con resistencia a insectos únicamente (Argenbio, 2017). Por lo expresado anteriormente y al considerar la importancia del cultivo de maíz para la provincia de Córdoba, resulta importante evaluar el daño producido por *Spodoptera frugiperda* en maíz con diferentes eventos transgénicos.

HIPOTESIS

El daño producido por *Spodoptera frugiperda* en maíz, varía según los eventos transgénicos utilizados.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de un híbrido comercial de maíz con diferentes eventos transgénicos, frente al ataque de *Spodoptera frugiperda*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el daño de *Spodoptera frugiperda*, en un híbrido de maíz con distintos eventos transgénicos para el control de lepidópteros plagas.
- Cuantificar las pérdidas de rendimiento ocasionado por los distintos grados de daño foliar.
- Adquirir conocimiento y experiencia en el manejo de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de evaluación del daño de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos se realizaron en dos localidades, una ubicada en cercanía del paraje La Gilda, a 13 km al sureste de la ciudad de Río Cuarto, y otra ubicada en la localidad de Chucul, a 17 km al noreste de dicha ciudad (Figura 6).



Figura 6. Imagen satelital de la ubicación de los ensayos de evaluación del daño de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos.

Dichas localidades se encuentran en el departamento Río Cuarto el que posee un clima templado con cuatro estaciones, una temperatura media que oscila entre los 9,5 °C y los 24,0 °C y temperaturas extremas registradas son -10,6 °C y + 45,3 °C. El verano suele ser caluroso con noches templadas. La zona presenta precipitaciones de 700 a 900 milímetros anuales (CLIMATE-DATA. ORG, 2017).

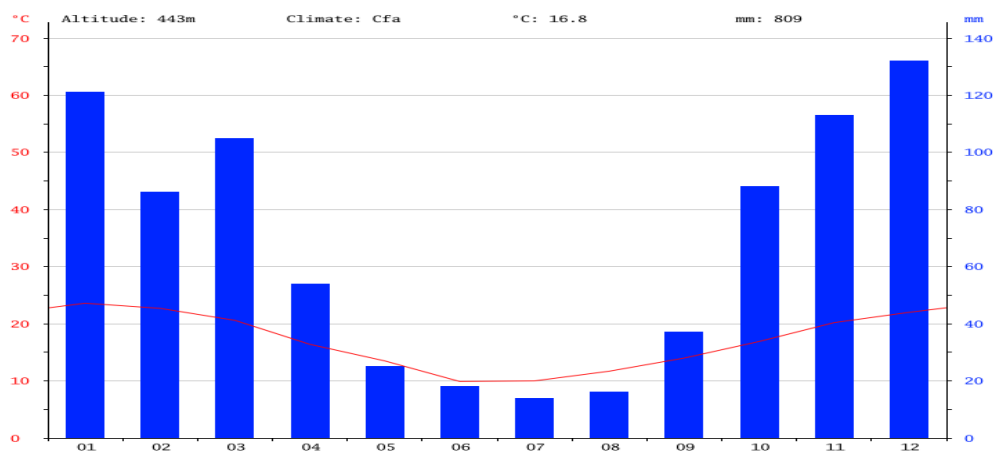


Figura 7. Climograma de Río Cuarto (CLIMATE-DATA. ORG, 2017).

Para los ensayos de evaluación del daño de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos se usó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos (T1: maíz AX 852 RR convencional, T2: AX 852 RRMG y T3: AX 852 RR hercules) y cinco repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de cuatro surcos a 0.525 centímetros entre líneas, de 10 metros de largo (Figura 8 y 9).



Figura 8: Ensayo de evaluación del daño de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos ubicado en la localidad de Chucul.



Figura 9: Ensayo de evaluación del daño de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos ubicado en la localidad de La Gilda.

Las siembras de los ensayos se realizaron el día 20/01/2015 en el primer establecimiento y el día 27/12/14 en el segundo, mediante instrumentos denominados escopetas manuales (Figura 10), con una distribución uniforme de semillas en la parcela, a una distancia de 30 cm dentro del surco. Se colocaron tres semillas por metro lineal por lo que se logró una densidad de 60.000 plantas por ha aproximadamente.



Figura 10. Escopeta para siembra manual de maíz.

Para la determinación del porcentaje de plantas afectadas se tomaron, en los dos surcos centrales de cada parcela, tres muestras al azar de 10 plantas consecutivas, registrándose plantas sanas y plantas con daño de *S. frugiperda*. Los muestreos se realizaron hasta la etapa fenológica V8 debido a la notable disminución de las poblaciones larvales por efecto de la temperatura (Fernández, 1998 y 2001), ya que luego de ese período y teniendo en cuenta que es la última etapa del cultivo, el gusano puede causar daño a la panoja que se desarrolla dentro de la hoja bandera, pero su importancia es relativa ya que no se pierde toda la panoja y el polen puede ser producido por la misma o plantas vecinas (Sosa, 2002). En madurez fisiológica del cultivo se cuantificó el rendimiento para determinar si existían diferencias entre tratamientos.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza y un test de comparación de medias (LSD Fisher) utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al*, 2016) para establecer diferencias significativas entre los tratamientos. Además se determinó mediante la escala de Fernández y Expósito (2000), el grado de daño sobre 50 plantas en forma individual para cuantificar pérdidas de rendimiento. Dicha escala utiliza un rango visible de grados que van del 1 al 5.

Grado 1: ningún daño visible, o solamente de 1-3 daños en forma de ventana; Grado 2: más de 3 daños en forma de ventana, y/o 1-3 daños menores de 10 mm; Grado 3: más de 3 daños menores de 10 mm, y/o 1-3 daños mayores de 10 mm; Grado 4: de 3-6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo destruido más del 50 %; Grado 5: más de 6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo totalmente destruido (Figura 11).

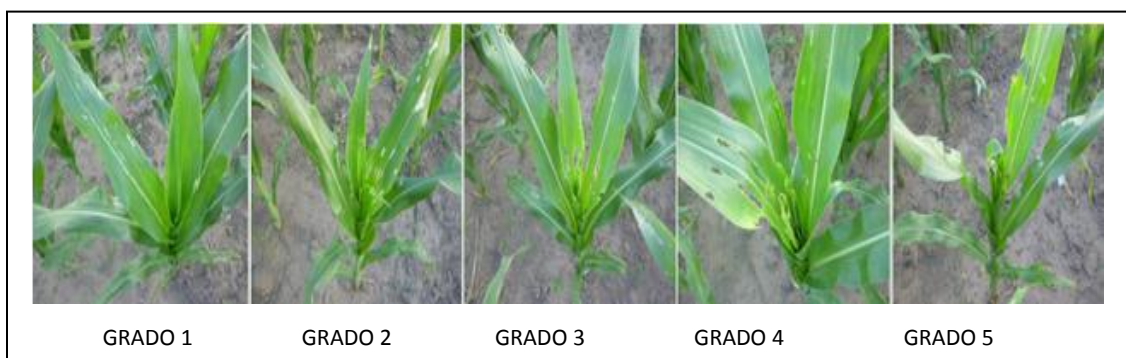


Figura 11. Plantas de maíz con diferentes grado de daño de *Spodoptera frugiperda*, determinado mediante la escala de Fernández y Expósito (2000).

A madurez de cosecha se recolectaron las espigas de cada planta identificada y se procedió a su trilla manual para determinar el rendimiento y establecer las pérdidas porcentuales en cada grado de daño (Figuras 12 y 13).



Figura 12. Espigas de maíz con diferentes grados de daños de *Spodoptera frugiperda*.



Figura 13. Determinación del peso de granos de maíz en laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar el ensayo ubicado en la localidad de Chucul, podemos observar que los tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas en relación al rendimiento obtenido. A diferencia de lo encontrado por Tirado Pacheco (2002), que los híbridos transgénicos Bt, generaban plantas vigorosas, mayor rendimiento y granos de mejor calidad que los híbridos sin Bt, en este caso se observa que el tratamiento 1, con un peso de 1063,69 gr, tuvo un rendimiento intermedio al tratamiento 2 (1189,38 gr), y al tratamiento 3 (924,17 gr).

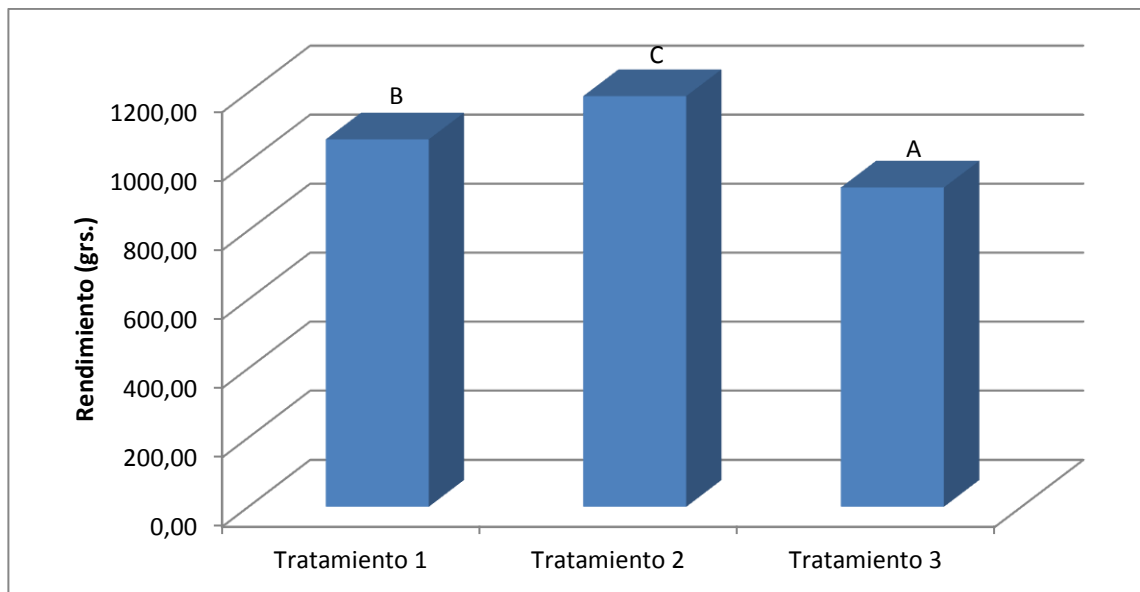


Figura 14. Rendimiento de los diferentes tratamientos. Chucul, 2016.
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Al analizar la incidencia de *Spodoptera frugiperda* en un híbrido de maíz con diferentes eventos transgénicos, los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo podemos observar que el tratamiento 2 presentó una incidencia inferior al 40%, seguido por el tratamiento 3 con el 52%, y el tratamiento 1 con 55,3%, coincidiendo con Sosa y Vitti Scarel (2004) que plantean que todos los genotipos Bt fueron afectados por *S. frugiperda* aunque con menor intensidad que el híbrido convencional. Y con Massoni *et al.* (2014), quienes sugieren que los híbridos MGRR2 tuvieron menor daño, que los no Bt.

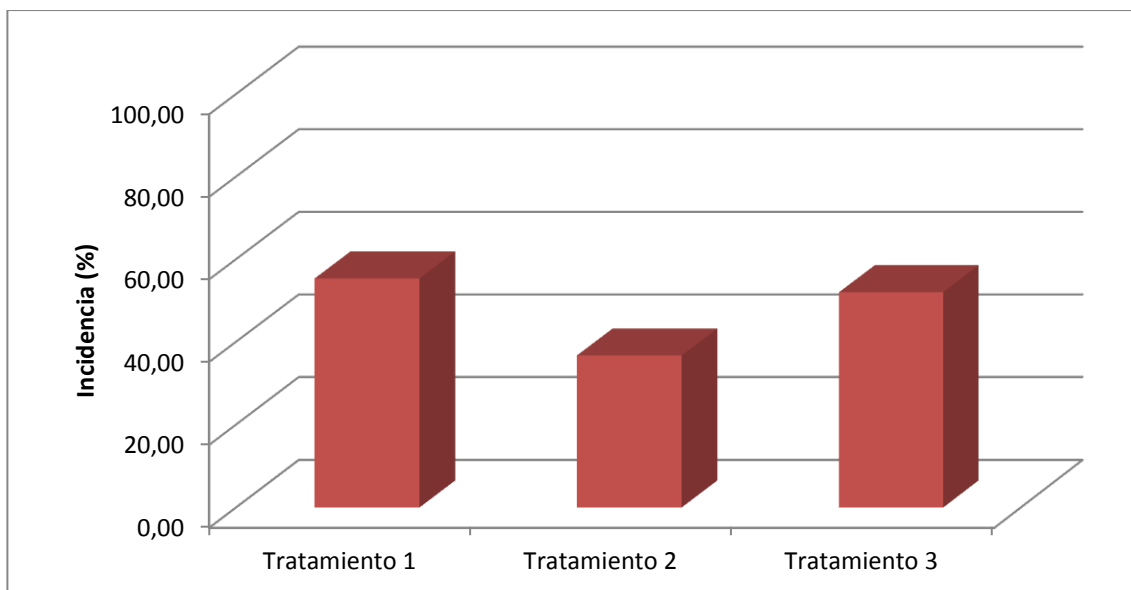


Figura 15. Incidencia de *Spodoptera frugiperda* en los diferentes tratamientos. Chucul, 2016. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

El grado de severidad fue similar entre tratamientos, coincidiendo con lo expresado por Buntin, (2008) en donde, los eventos MON810 y TC1507 proporcionaron niveles similares de protección contra el daño por gusano cogollero en niveles bajos a moderados de infestación.

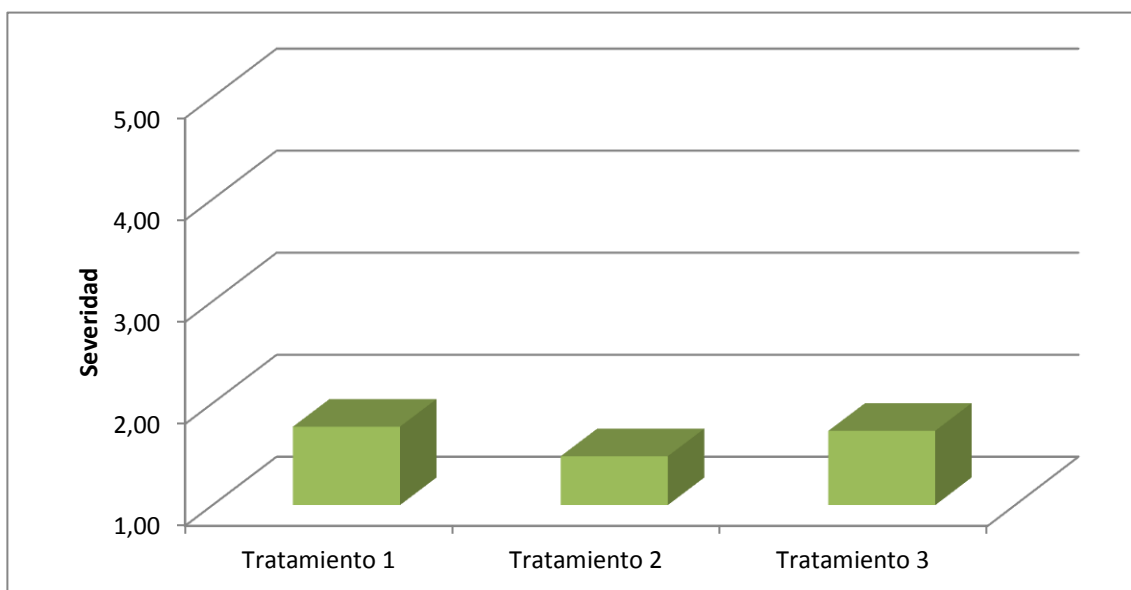


Figura 16. Severidad de *Spodoptera frugiperda* en los diferentes tratamientos. Chucul, 2016. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Si bien los tratamientos presentaron diferencias estadísticas en la variable rendimiento, las mismas podrían atribuirse a otros factores y no al daño de la plaga ya que la incidencia y la severidad fue similar para los tres tratamientos.

Al analizar el ensayo ubicado en la localidad de La Gilda, podemos observar que los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas en relación al rendimiento obtenido, como pudo verse en la localidad de Chucul. Todos presentaron un peso superior a los 850 gr, no coincidiendo con Tirado Pacheco (2002).

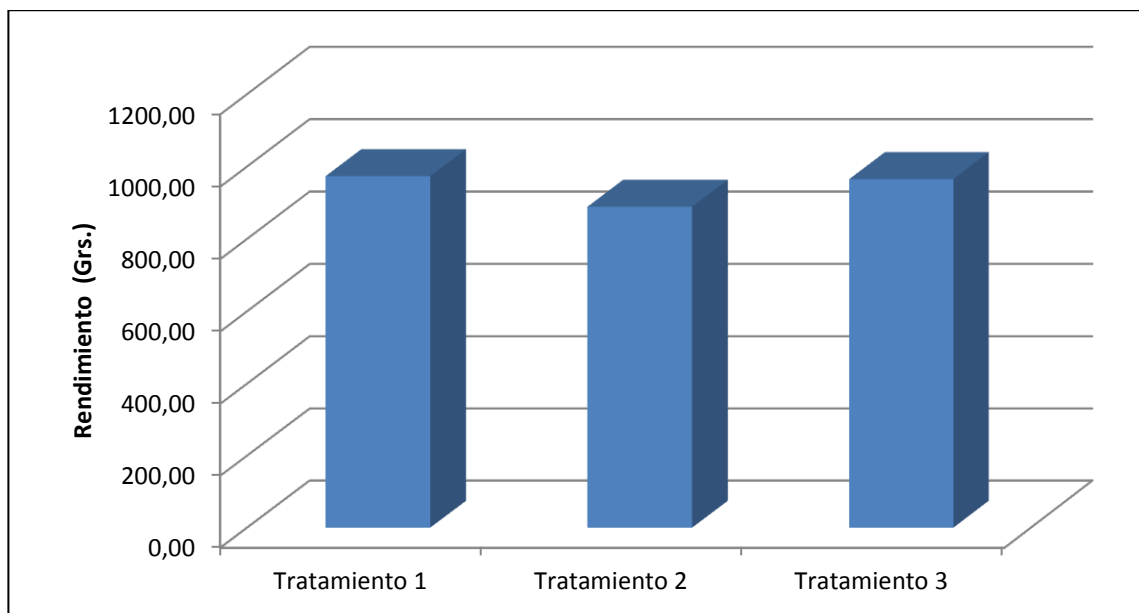


Figura 17. Rendimiento de los diferentes tratamientos. La Gilda, 2016.
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Al analizar la incidencia de *Spodoptera frugiperda*, los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas, pudiéndose observar que el tratamiento 1, con una incidencia del 69,33%, no se diferenció de los otros dos tratamiento. A diferencia de lo encontrado por Massoni *et al.* (2014), quienes observaron que los híbridos MGRR2 tuvieron menor daño que las plantas no Bt. El tratamiento 2 presentó una incidencia del 76% diferenciándose del tratamiento 3 el cual presentó la menor incidencia (52,67%).

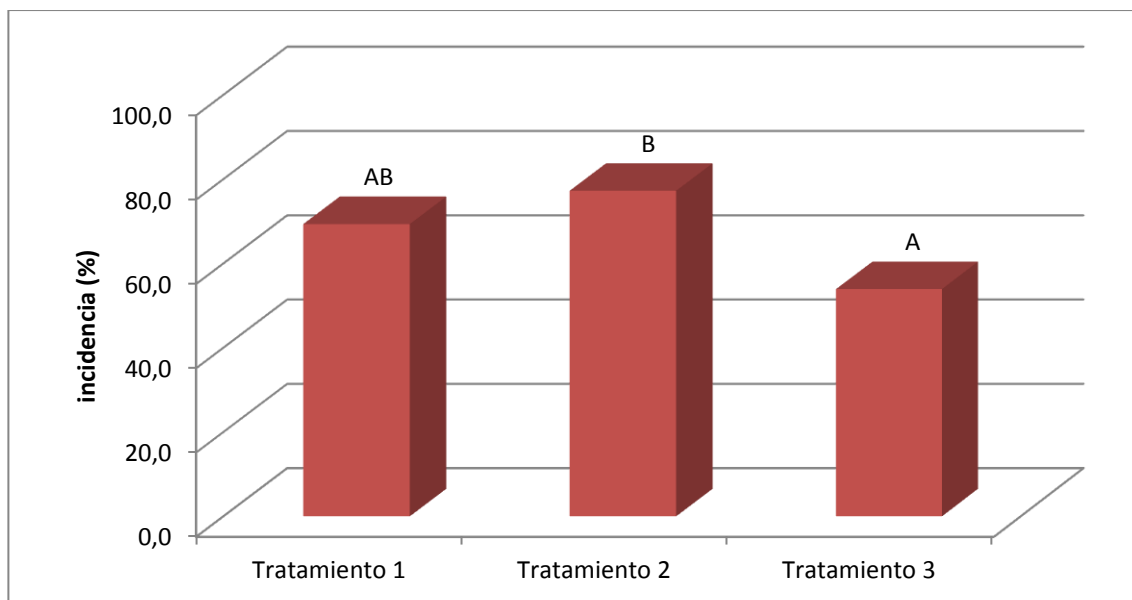


Figura 18. Incidencia de *Spodoptera frugiperda* de los diferentes tratamientos. La Gilda, 2016. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Al analizar la severidad de *Spodoptera frugiperda*, los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente, pudiendo observarse que el tratamiento 3 fue el que presentó menor severidad, con respecto a los otros tratamientos. Coincidiendo estos resultados con los obtenidos por Levitus, (2006); Ridner *et al*, (2008); Garcia Degano *et al*, (2009); Murúa *et al*, (2009), quienes en sus estudios realizados a campo con maíz Hx, informaron un elevado nivel de protección del cultivo frente a *Spodoptera frugiperda*. Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan también con los de Siebert *et al*. (2008) en el Sur de Estados Unidos y Brasil, en el cual determinaron que las variedades que producen la proteína Cry1F proveen altos niveles de control frente a *Spodoptera frugiperda*.

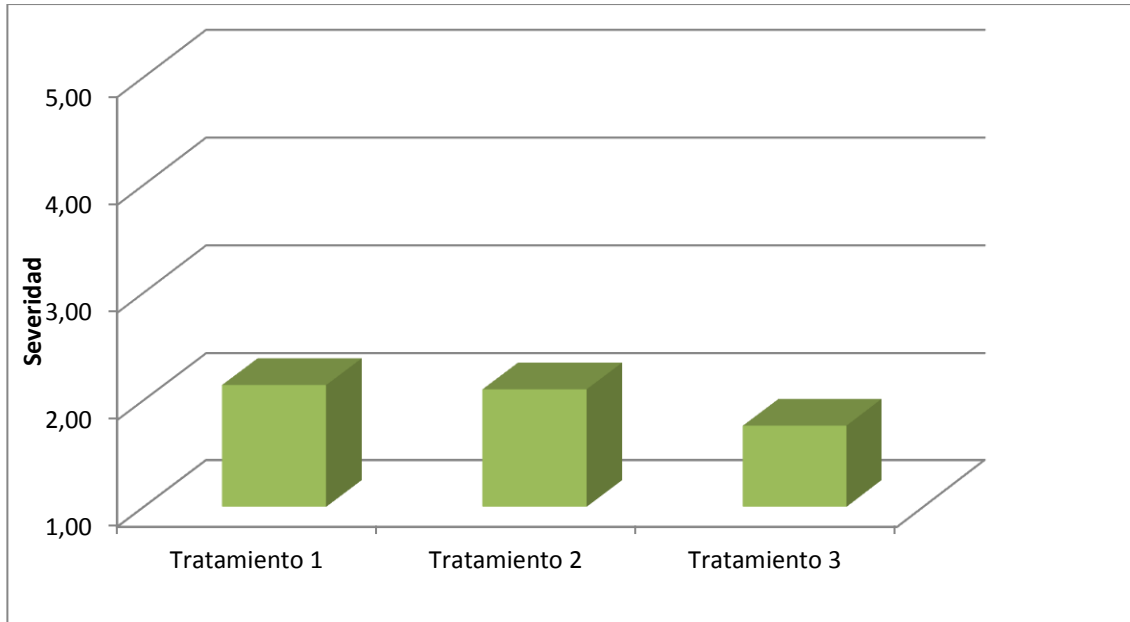


Figura 19. Severidad de *Spodoptera frugiperda* de los diferentes tratamientos. La Gilda, 2016.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Grados de daño foliar

Al analizar las 50 plantas agrupadas en cada grado de daño podemos observar como varía el rendimiento por planta. Las plantas que presentaron grado de daño 1 fueron las que se diferenciaron estadísticamente de los otros grados de daños, obteniendo el mayor peso de granos (213,953 gr). Las plantas que presentaron los grados de daño del 2 al 5 presentaron rendimientos similares, variando de 174,644 gr a 167,061 gr, pudiendo identificar que a medida que el grado de daño aumenta, los rendimientos por plantas, disminuyen (Grafico 9).

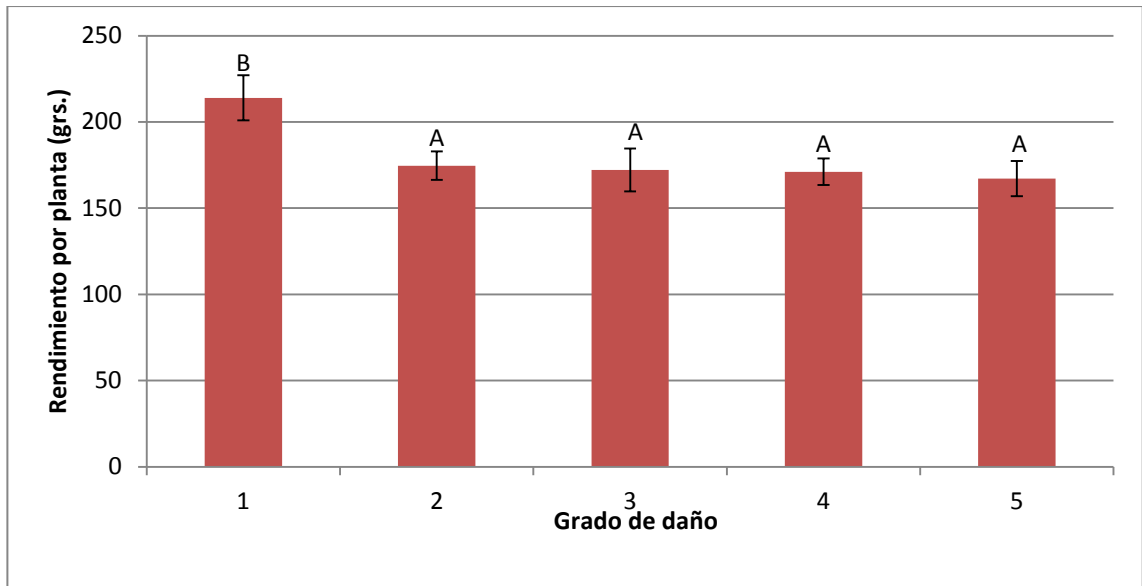


Figura 20. Rendimiento obtenido por planta dependiendo del grado de daño.

Al analizar la pérdida porcentual de rendimiento en función del grado de daño podemos observar que a medida que la escala de daño se incrementa, también lo hace el porcentaje de pérdida. El grado 2 presenta un 18% de pérdida, el 3 un 19.5%, el 4 con un 20% y por último el 5 un 22% de pérdida de rendimiento.

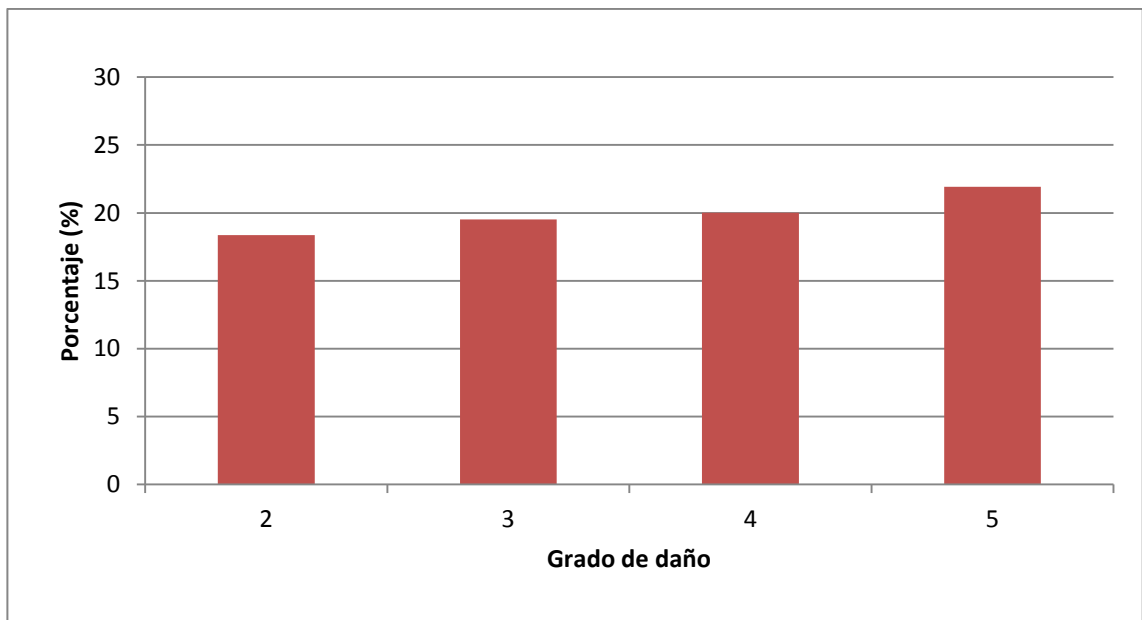


Figura 21. Porcentaje de pérdidas de rendimientos dependiendo del grado de daño.

CONCLUSIONES

- El tratamiento 2 presentó una mayor incidencia de *Spodoptera frugiperda*, esto no genera una mayor severidad de dicha especie, ni diferencia estadística entre los tratamientos.
- Los tratamientos con eventos transgénicos presentan el mismo grado de daño, independientemente de la cantidad de plantas afectadas.
- A bajos niveles de severidad de *Spodoptera frugiperda* para todos los tratamientos, no se evidencia diferencia de rendimiento.
- Las plantas sanas tienen mayor rendimiento que las plantas dañadas, independientemente del grado de daño.
- Incremento en la escala de daño, también lo hace el porcentaje de pérdidas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS K.L. 1988. Latinamerican research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). Florida. Entomologist 71: 630-653.
- ARGENBIO.2017. Cultivos resistentes a insectos o Bt. En: www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=261. Consultado:06-06-2017.
- BUTIN, G.D. 2008. *Corn expressing CryIAB or CryIFendotoxin for fall armyworm and corn earworm (Lepidóptera: Noctuidae) management in field corn for grain production*. Florida. Entomol. 91(4): 523-530.
- CAMPOS, J.1970. *Ciclo biológico y potencial biótico de Spodoptera frugiperda (Smith) en dietas natural y artificial*. Inv. Agrop. Del Perú. Minis. Agric. 1:31-36.
- CLIMATE-DATA.ORG, 2017. Clima Rio Cuarto. En: <https://es.climate-data.org/location/1905/>. Consultado: 05-09-2017.
- DIMITRI, M. J. 1979. Lythrum, en L. R. Parodi (ed.), Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 3ra ed., actualizada por M. J. Dimitri, vol. 2, pp. 814. Buenos Aires: ACME. , 1987
- DI RIENZO J.A.; F. CASANOVE; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. RABLEDO. 2013. Infostat, versión 2016, grupo infostat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- EYHÉRABIDE, G.H. 2012. Libro: *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Ediciones INTA 2012.
- FERNÁNDEZ, J.L. 1998. Estudio agroecológico del cultivo del maíz y sus potencialidades en la sustentabilidad de pequeñas fincas campesinas en la provincia de Granma, Cuba. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España, 143 pp.
- FERNÁNDEZ, J.L. y I.E. EXPÓSITO. 2000. Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en el cultivo del maíz en Cuba. Centro Agrícola 27: 32-38.
- FERNÁNDEZ, J.L. 2001. Ecología y elementos para el control biológico y cultural de insectos plagas del maíz en cuatro municipios de la provincia Granma, Cuba. Tesis Doctoral, Universidad Central de Las Villas Cuba, 198 pp.
- FLORES, F y PARODI, B. 2011. Maíces Bt: manejo de la resistencia de los insectos blanco y nuevos eventos disponibles. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manejo_de_la_resistencia_de_los_insectos_blanco.pdf. Consultado: 06-09-2017.
- GARCÍA DEGANO, M.F.; M.G. MURÚA; S. PRIETO; M.L. JUÁREZ; G. GASTAMINZA y E. WILLINK. 2009. *Cultivos transgénicos o genéticamente modificados (OGM): Maíces Bt: claves para un adecuado manejo de la resistencia*. En: Gamboa D.; D. Medina y M. Devani (eds.), El maíz en el NOA - Campaña 2008/2009, Publ. Espec. EEAOC 39: 111-115.
- GHIDA DAZA C. 2015. Resultados económicos de maíz. Campaña 2014/2015. Grupo de Economía EEA INTA Marcos Juarez.
- GOODMAN, M.M. 1988. *The history and evolution of maize* CRC. Critical Review. Plant Science, 7:197-220
- LEATH, M.N. y L.D. HILL. 1987. *Economics of production, marketing and utilization*. En: Corn: Chemistry and technology. S.A.Watson and P.E. Ramstad, eds. AACC. St.Paul, Minnesota, USA.pp. 201-252.

- LEVITUS, G. 2006. *Biotecnología y maíz*. En: Maíz y nutrición. Informe sobre los usos y propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación ILSI Argentina, serie de informes especiales, vol. 3. [En línea]. Disponible en <http://www.maizar.org.ar/pdf/Revistamaizar.pdf>. Consultado 01-10-2014.
- MASONNI, F.A.; SCHLIE G.; 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*. INTA EEA Rafaela, Santa Fé, Argentina.
- MINAGRI. 2014. Resultados económicos de maíz. Campaña 2014/15. En: http://inta.gob.ar/documentos/resultados-economicos-de-maiz.-campana-2014-15/at_multi_download/file/inta_economia_maiz14.pdf. Consultado 7-10-2014.
- MURÚA, M.G.; M.L. JUÁREZ; S. PRIETO y E. WILLINK. 2009. *Distribución temporal y espacial de poblaciones de Spodoptera frugiperda (Smith) (Lep.: Noctuidae) en diferentes hospederos en provincias del norte de Argentina*. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 86 (1): 33-38.
- ORTHOEFFER, F.T. 1987. *Corn starch modification and uses*. En: Corn: Chemistry and technology. S.A.Watson and P.E. Ramstad, eds. AACC. St. Paul, Minnesota, USA. pp.479-499.
- PIZARRO J.B. 2003. La evolución de la producción agropecuaria pampeana en la mitad del siglo xx. Revista interdisciplinaria de estudios agrarios. 18: 63-125.
- RIDNER, E.; M.C. GAMBERALE; M. BURACHIK; M. LEMA; C. RUBINSTEIN y G. LEVITUS. 2008. Los cultivos transgénicos. En: Musi, J. C. y S. Schraier (eds.), Editorial Nutrición y salud, alimentos transgénicos; mitos y realidades, Artes Gráficas Serval, Lomas de Zamora, R. Argentina, pp. 21-35.
- RIZZO, H. y F. La ROSSA. 1993. *Aspectos morfológicos y biológicos de la "oruga militar tardía" (Spodoptera frugiperda) (J.E. Smith) (Lep: Noctuidae)*. Revista Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. 13:193-199.
- ROONEY, L.W. y S.O SERNA-SALDÍVAR. 1987. *Food uses of whole corn and dry-milled fractions*. En: Corn: Chemistry and technology. S.A.Watson and P.E. Ramstad, eds. AACC. St. Paul, Minnesota, USA. pp. 399-429.
- SIAA. 2013. Estimaciones de rendimiento y superficie cultivada de maíz. En: www.siaa.gov.ar/apps/siaa/estimaciones/estima2.php. Consultado: 16-10-2014.
- SIEBERT, W.M.; K.V. TINDALL; B.R. LEONARD; J.W. VAN DUYN and J.M. BABCOCK. 2008. *Evaluation of corn hybrids expressing Cry1F (Herculex® I Insect Protection) against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the Southern United States*. Journal of Entomological Science. 43 (1): 41-51.
- SOSA, M. A. 2002. Estimación de daño de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz con infestación natural en tres fechas de siembra en el noreste santafesino. INTA EEA Reconquista. Información para Extensión N° 70:39-45.
- SOSA, M.A.; y D.E.VITTI SCAREL. 2004. *Impacto del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith) en maíces Bt en el norte santafesino*. En: Comunicaciones científicas y tecnológicas 2004. Reconquista, Santa Fe – Argentina.
- TIRADO PACHECO, V.H. 2002. *Evaluación agronómica de 20 híbridos de maíz (Zea mays) transgénicos con el gen Bt (Bacillus thuringiensis) y sus contrapartes sin el gen. Proyecto parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo*. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Universidad de Zamorano, Honduras. 26 p

- USDA, 2017. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MAÍZ 2017. *Estimación actual*. En: <http://www.produccionmundialmaiz.com>. Consultado: 06-06-2017.
- VINCINI, A.M. y D. SISTI. 1984. *Plagas del maíz*. Apuntes de Zoología Agrícola. FCA-UNMdP. CECAB, 29 pp.
- WATSON, S.A. 1988. *Corn marketing, processing and utilization*. En: Corn and Corn improvement. G.F. Sprague and J. W. Dudley, eds. American society of America, inc., Crop Science Society of America, inc., Soil Society of America. Inc Madison. Wisconsin, USA. pp. 881-940.
- WATSON, S. A. 1998. *Corn marketing, processing and utilization*. En: G.F.Sprague y J.W.Dudley (eds.). Corn and corn improvement (3^a ed.). Series Agronomy N°18.American Society of Agronomy, inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA. 293 p.
- WILLINK, E., V. OSORES, y M. COSTILLA. 1993. *Daños, perdidas y niveles de daño económico por Spodoptera frugiperda (Lepidóptera: Noctuidae) en maíz*. Revista Industrial de Agricultura. Estación Experimental Agroindustrial, Obispo Colombres Tucumán. 70:49-52.