



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad Nacional de La Pampa

EFFECTO DE DISTINTOS EVENTOS BIOTECNOLÓGICOS DE MAÍZ EN EL CONSUMO Y MORTALIDAD DE LA ORUGA CORTADORA “ÁSPERA” (*Agrotis robusta*)

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Trabajo enmarcado en el proyecto de investigación “*Composición específica y bioecológica de parasitoides reguladores de orugas cortadoras y defoliadoras (Lepidoptera: Noctuidae) de la Región Semiárida Pampeana Central*” acreditado por la Dra. BAUDINO, ESTELA M.

Autores:

FERNANDEZ MADRID, SEGUNDO.

PIRCHIO, BRUNO ANDRES.

Directora:

Dra. BAUDINO, ESTELA M.

Cátedra de Zoología Agrícola de la Facultad de Agronomía.

Codirector:

Magíster Corró Molas, Andrés.

Cátedra de Fitopatología de la Facultad de Agronomía.

Evaladores:

Magíster Fernández, Miguel A.

Cátedra de Cereales y Oleaginosas de la Facultad de Agronomía.

Dr. Paccapelo, Héctor.

*Cátedra de Genética y Mejoramiento genético de plantas y animales de la
Facultad de Agronomía.*

**FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....3

OBJETIVO.....8

MATERIALES Y MÉTODOS.....8

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....10

Consumo de alimento.....11

Evolución del peso.....12

Mortandad.....13

CONCLUSIONES.....14

AGRADECIMIENTOS.....15

BIBLIOGRAFÍA.....15

PÁGINAS WEB.....17

ANEXO.....18

Resumen

Agrotis robusta (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie de gran importancia económica en América del Sur perteneciente al complejo de orugas cortadoras, que provocan importantes daños en cultivos de verano en la Región Semiárida Pampeana. Este complejo comprende especies que se alimentan de raíces o brotes de plantas herbáceas y normalmente cortan los tallos tiernos a ras del suelo. En los últimos años se han presentado serios problemas para controlar las poblaciones de estos insectos plagas, ocasionando pérdidas directas por deficiencias de control y/o pérdidas indirectas por un mayor uso de insecticidas y consecuentemente un aumento en los costos de producción del cultivo. Una herramienta disponible al alcance de los productores son los cultivos transgénicos, tal es el caso de los “maíces Bt”, que incorporan por medio de ingeniería genética proteínas insecticidas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Gram positiva). *Agrotis robusta* no es el blanco principal para estas biotecnologías. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto producido por distintos eventos biotecnológicos de maíz sobre el consumo de área foliar, peso y mortandad de larvas de *Agrotis robusta*. Para ello se recolectaron hembras grávidas de *Agrotis robusta* de una trampa de luz ubicada en el campo de la Facultad de Agronomía de la UNLPam para obtener huevos y criar larvas hasta los estadios cuarto/quinto. Se aislaron individualmente en cajas de Petri, se sometieron a una hora de inanición y se determinó su peso inicial para luego dar comienzo a los tratamientos que consistieron en distintas dietas en un periodo de evaluación de 10 días consecutivos. Para la obtención del tejido foliar utilizado en la alimentación de las larvas se sembraron en bandejas de germinación los siguientes maíces transgénicos con eventos Bt: Herculex (HX), Maizgard (MG), Powercore (PW), Agrisure Viptera3 (VIP3), VT Triple Pro (VT3P), un maíz sin eventos transgénicos para resistencia a insectos (NBT) y un tratamiento blanco que consistió en hojas recolectadas de quinoa silvestre (Q). Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones. Para los 7 tratamientos se utilizó un total de 210 larvas. Las variables medidas fueron el peso de larvas al inicio y al fin del experimento, el número de mudas, la cantidad de alimento ingerido y el número de larvas muertas por tratamiento. Los tratamientos PW, VT3P y VIP3, que disponen de eventos piramidados, fueron los menos consumidos, y los maíces HX y NBT junto con la quinoa (Q) fueron los más consumidos. Los tratamientos con eventos biotecnológicos simples junto con NBT no se diferenciaron entre sí

en el incremento de peso de larvas obtenido al final del experimento. Las larvas alimentadas con maíces que incluyen eventos piramidados presentaron las mayores pérdidas de peso y se diferenciaron del resto de los tratamientos. Los tres tratamientos con eventos piramidados presentaron los mayores niveles de mortandad, siendo el maíz con evento PW el que registró mayor mortandad. Los maíces VIP3, MG, HX, NBT y Q presentaron menores niveles de mortandad, no registrando diferencias significativas entre sí. El tratamiento VT3P mostró un nivel de mortandad intermedio, no diferenciándose de VIP3. En conclusión, los híbridos de maíz con eventos Bt simples registran un consumo de área foliar, peso y mortandad de larvas similar a maíces sin eventos de resistencia a insectos incorporados. Los híbridos de maíz Powercore, VT Triple Pro y en menor medida Agrisure Viptera3, que cuentan con eventos biotecnológicos piramidados para resistencia a lepidópteros, producen disminución del consumo de área foliar y pérdidas de peso en larvas de *Agrotis robusta*. Esta es la primera mención del efecto de eventos biotecnológicos aplicados al cultivo de maíz sobre larvas de *Agrotis robusta*. El mayor incremento de peso de larvas alimentadas con quinoa indicaría que ésta maleza constituye una fuente de alimento natural de estados inmaduros de *Agrotis robusta* en la región.

Palabras clave: *Agrotis robusta*, maíz, eventos transgénicos piramidados, consumo, peso y mortandad, larvas.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos que más se produce en el mundo y es de gran importancia económica en nuestro país, ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de productos industriales. Se cultiva principalmente en el norte y sureste de la Provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe, sur de Córdoba y norte de La Pampa. La superficie sembrada en la campaña 2015/16 se estimó en 6,9 millones de hectáreas (Minagri, 2017) y con un rendimiento promedio de 76 qq/ha. En nuestro país, los rendimientos promedio han crecido en los últimos 30 años a una tasa del 2,9 % anual (Eyhérbide, 2015) gracias a logros alcanzados en mejoramiento genético, complementaciones biotecnológicas y una rápida adopción de tecnologías de insumos y procesos.

Actualmente, sobre la Región Semiárida Pampeana se vienen reportando importantes daños en cultivos de verano ocasionados por el complejo de orugas cortadoras. Este complejo comprende especies que se alimentan de raíces o brotes de plantas herbáceas y normalmente cortan los tallos tiernos a ras del suelo (Baudino, 2006). Este complejo, en la región semiárida oriental de la provincia de La Pampa, está integrado por: *Agrotis malefida*, *A. gypaetina*, *Peridroma saucia* y *Pseudoleucania bilitura* (Baudino, 2004). Aunque recientemente Barrionuevo & San Blas (2013) encontraron que la especie *Agrotis malefida* presenta baja frecuencia en las regiones agrícolas, y es confundida en muchos trabajos con la especie *Agrotis robusta* (Lepidoptera: Noctuidae), conocida como “oruga cortadora áspera”, de gran importancia económica en América del Sur.

El aumento poblacional de estas orugas se explica por el aumento de la superficie bajo sistema de siembra directa (Aragón, 2000). Los escapes en el control de malezas durante el invierno seguramente han colaborado para que se evidenciaran problemas que años atrás eran

escasos (Aragón, 1997). Por otra parte, se sabe que el cultivo antecesor influye sobre la densidad de orugas cortadoras. Lotes con rastrojo de soja presentan mayor densidad de orugas cortadoras que rastrojos de girasol y maíz (Corró Molas et al., 2017). El aumento de la incidencia de estas plagas está obligando a las instituciones y productores a profundizar el manejo integrado de plagas (MIP), ya sea atrasando fechas de siembra, implementando el control biológico y/o utilizando cultivos genéticamente modificados. Con éstas y otras tácticas se busca maximizar la acción de los factores de mortalidad natural y minimizar el uso de biocidas químicos. Pero el control principal que se realiza contra estas orugas es por medio de aplicaciones químicas.

En los últimos años se han presentado serios problemas para controlar las poblaciones de estos insectos plagas, ocasionando pérdidas directas por deficiencias de control y/o pérdidas indirectas por un mayor uso de insecticidas y consecuentemente un aumento en los costos de producción del cultivo. Teniendo en cuenta que cada larva puede llegar a cortar hasta 3 o 4 plantas, se toma como umbral de tratamiento de 2000 a 3000 larvas/ha en presiembra en maíz. Se recomienda el control químico cuando se comprueba que existe del 3 al 5 % de plántulas cortadas y la presencia de 3 orugas cada 100 plantas (Aragón, 1985).

Una herramienta disponible al alcance de los productores son los cultivos transgénicos, tal es el caso de los “maíces Bt” que incorporan por medio de ingeniería genética proteínas insecticidas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Gram positiva). La susceptibilidad y el rechazo de las plagas al maíz Bt son dos factores significativos a considerar en el manejo de estas plantas (Binning, 2013). Los maíces Bt disponibles en el mercado presentan, en general, buen control de *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo), pero se diferencian en el comportamiento frente a otras plagas. En la actualidad, el uso de estos eventos debe apoyarse en el monitoreo del lote y, eventualmente, el control químico (Guarino y Satorre, 2015). Cabe destacar que, como tecnología de control per-se, el Bt no es

un herramienta que cumpla con esta función, debido al inevitable daño que ocasionan en el cultivo.

La característica principal de *B. thuringiensis* es que durante el proceso de esporulación produce una inclusión parasporal formada por uno o más cuerpos cristalinos de naturaleza proteica que son tóxicos para distintos invertebrados, especialmente larvas de insectos. Estas proteínas se llaman “Cry” (del inglés Crystal) y constituyen la base del insecticida biológico más difundido a nivel mundial. Otro tipo de proteínas Bt descubiertas son las llamas “Vip” (del inglés, Vegetative insecticidal proteins) que forman parte de las estructuras cristalinas que aparecen durante la fase vegetativa de la bacteria y que poseen la peculiaridad de actuar sobre sitios de acción distintos al de las proteínas Cry (Sauka y Benintende, 2008).

La incorporación de al menos dos toxinas Bt, a los efectos de evitar la resistencia a las distintas toxinas se conoce como “piramidación”. Cada toxina debe conferir alta toxicidad con diferentes modos de acción para una misma plaga blanco. El uso de eventos piramidados constituye una herramienta potente para minimizar la tasa de evolución de resistencia (Trumper, 2014).

La primer tecnología Bt en maíz con resistencia a lepidópteros en alcanzar amplia difusión en Argentina fue Maizgard aprobado para el control de *Diatraea saccharalis* en 1998. Seguido a este, apareció la tecnología Herculex que sumó protección conjunta contra *Spodoptera* y *Diatraea*, aprobado en el 2005. El primer híbrido de maíz genéticamente modificado con eventos piramidados se aprobó en 2007 y desde entonces constituye una estrategia comercial cada vez más utilizada por las empresas semilleras dada la flexibilidad que otorga al permitir acumular las características más apropiadas a cada agroecosistema (Flores y Parodi, 2011). La especie *Agrotis robusta* no es el blanco principal para estas biotecnologías.

Debido a la gran cantidad de tecnologías Bt disponibles en maíz y a que las orugas cortadoras provocan daños en los sistemas productivos pampeanos, es necesario ampliar el estudio del efecto que estos maíces producen sobre *Agrotis robusta*, la especie que predomina dentro del complejo de orugas cortadoras en esta región. La finalidad de este trabajo es evaluar los efectos de distintos maíces Bt sobre algunos aspectos biológicos en esta especie. Esta información será de utilidad a la hora de planificar estrategias de cultivo que permitan disminuir la incidencia de esta plaga en los agroecosistemas de la región.

OBJETIVO

Determinar el efecto producido por distintos eventos biotecnológicos de maíz sobre el consumo de área foliar, peso y mortandad de larvas de *Agrotis robusta* (Lepidoptera: Noctuidae).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron hembras grávidas de *Agrotis robusta* de una trampa de luz ubicada en el campo de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, durante el período de vuelo de los adultos comprendido entre el 30 de marzo y el 25 de Mayo. Este período fue identificado por Baudino, 2004. Se las colocó en recipientes plásticos de 12 cm de alto y 12 cm de diámetro con tapa perforada para permitir el intercambio gaseoso con el exterior. Estos últimos fueron acondicionados para facilitar la oviposición de los adultos: los recipientes de postura se colocaron en el laboratorio de Zoología Agrícola de dicha Facultad, con dieta artificial, brindada a través de una porción de algodón embebido con agua y azúcar, en condiciones controladas de temperatura y humedad. Dentro de los mismos, se colocó papel madera plegado donde se efectuaron las posturas por parte de las hembras.

Una vez obtenidos los huevos, fueron trasladados a cajas de Petri para monitorear su eclosión. Cuando nacieron las larvas, se procedió a su crianza. En esta etapa, se alimentó a los neonatos con hojas limpias de quinoa y rodajas de zanahoria. Periódicamente se limpiaron los desperdicios y se repuso la dieta mencionada. A medida que las larvas crecían y realizaban mudas (ecdisis) se fueron reagrupando en poblaciones menos numerosas y en contenedores de mayor tamaño. Una vez alcanzado los estadios cuarto/quinto, según la descripción desarrollada por Rizzo *et al.* (1995), se aislaron individualmente en cajas de Petri, se sometieron a una hora de inanición y se determinó su peso inicial para luego dar comienzo a los tratamientos que consistieron en distintas dietas.

Para la obtención del tejido foliar utilizado para la alimentación de las larvas se sembraron en bandejas de germinación 5 híbridos transgénicos distintos, que difieren en las proteínas insecticidas que expresan, y un testigo sin eventos transgénicos incorporados para resistencia a insectos. Por otro lado, se recolectaron hojas de quinoa silvestre (*Chenopodium sp.*) en el predio de la Facultad de Agronomía de la UNLPam. El detalle de los tratamientos evaluados se muestra en la Tabla 1.

Tratamiento	Especie	Evento comercial
MG	<i>Zea mays</i> L.	Maízgard [®]
HX	<i>Zea mays</i> L.	Hérculex [®]
PW	<i>Zea mays</i> L.	Powercore [®]
VIP3	<i>Zea mays</i> L.	Agrisure Viptera3 [®]
VT3P	<i>Zea mays</i> L.	VT Triple Pro [®]
NBT	<i>Zea mays</i> L.	Maíz sin proteínas Bt
Q	<i>Chenopodium sp.</i>	-

Tabla 1- Descripción de especies y eventos comerciales utilizados en la dieta en los diferentes tratamientos.

La descripción en detalle de los diferentes eventos presentes se encuentra en el anexo (Tabla 2).

Las bandejas sembradas se pusieron a germinar y crecer en el invernáculo de la Facultad bajo condiciones controladas de temperatura y humedad. Una vez obtenidas las

plantas en estadios V2 a V4 según escala de Ritchie y Hanway (1982), se cortaron 2 trozos de hojas de 5 cm de largo cada uno, que fueron suministrados a cada larva en forma diaria por un periodo de 10 días consecutivos.

Diariamente se registró, a un mismo horario, el número de larvas muertas por tratamiento, orugas que mudaron y el porcentaje de alimento ingerido. El porcentaje de alimento ingerido se determinó en forma visual estimando el porcentaje de área foliar consumida sobre el total ofrecido. Al momento de ocurrir una muerte se procedió a pesar dicha larva. También se pesaron los individuos vivos al final de todo el proceso.

Los datos registrados se volcaron en una planilla de cálculos en la que se estimó el consumo (área de hoja consumida expresada en porcentaje) y la cantidad de días en que se registró consumo por parte de las larvas. El análisis de la variable mortandad se realizó en función del porcentaje de muertes registradas para cada tratamiento.

Se llevó a cabo un diseño experimental en bloques al azar con siete tratamientos, asignándole 10 larvas a cada tratamiento. Se realizaron 3 repeticiones utilizando camadas sucesivas de larvas. Para el desarrollo del ensayo se utilizaron un total de 210 larvas.

Los datos obtenidos fueron sometidos a ANAVA con el software estadístico INFOSTAT y las medias se compararon con el test de LSD de Fisher, con un nivel de significancia del 5% (Di Rienzo, et. al, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso promedio de las orugas al inicio del experimento fue de 0,54 g, con valores entre 0,48 g a 0,61 g. No se observaron diferencias significativas en el peso de las orugas que participaron de los distintos tratamientos evaluados en forma previa al inicio del ensayo ($p=0,28$).

No se observaron diferencias en la cantidad de mudas entre tratamientos ($p=0,32$). La cantidad de larvas que mudaron fluctuó entre un 21 y un 64 % de las larvas.

Tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la cantidad de días en que se registró consumo por parte de las larvas ($p=0,15$).

CONSUMO DE ALIMENTO

Se encontraron diferencias significativas en el consumo de área foliar entre los distintos tratamientos evaluados ($p<0,01$). Los tratamientos PW, VT3P y VIP3 que disponen de eventos piramidados fueron los menos consumidos, con promedios comprendidos entre 10 y 19 % del área foliar ofrecida. Los maíces HX y NBT junto con la quinoa (Q) fueron los más consumidos, registrando valores entre 31 y 42 %. Los maíces que incluyen eventos biotecnológicos simples para el control de lepidópteros, junto con el maíz PW, no presentaron diferencias significativas en el consumo promedio con respecto al maíz NBT (Figura 1).

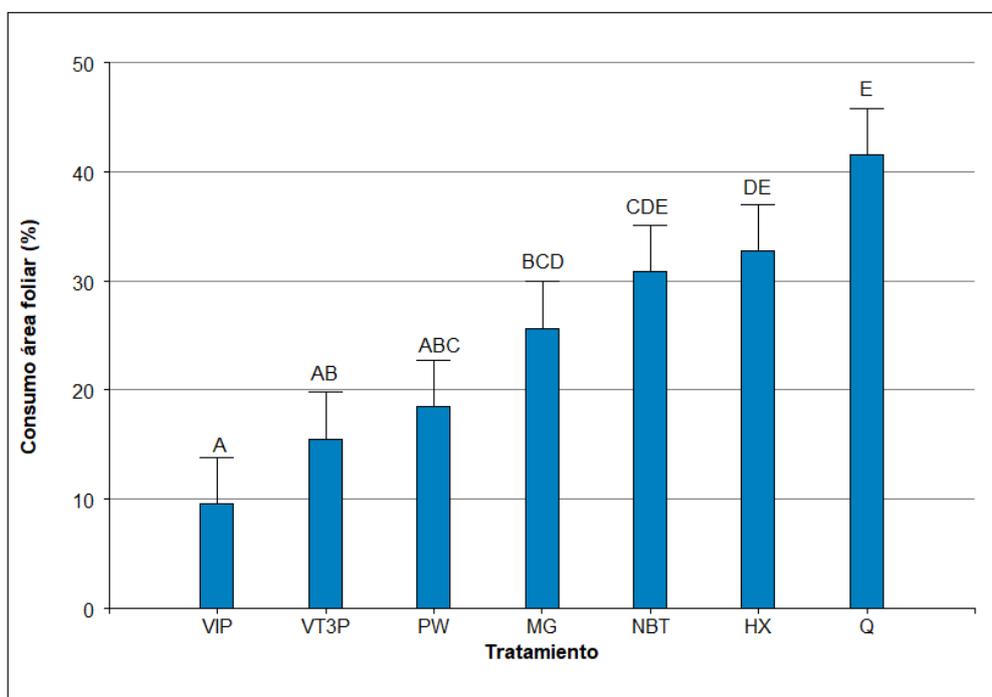


Figura 1 - Consumo de área foliar en los tratamientos evaluados. Valores promedio \pm Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias de medias significativas ($p<0,05$) de acuerdo con el test LSD Fisher.

EVOLUCIÓN DEL PESO

Al analizar la variación del peso de las larvas se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,01$). El tratamiento Q produjo el mayor incremento de peso, registrando un aumento promedio de 43 % respecto del peso inicial. Este resultado coincide con el mayor consumo de alimento ofrecido registrado previamente.

Los tratamientos con eventos biotecnológicos simples junto con el tratamiento NBT no se diferenciaron entre sí, mostrando pesos finales que variaron entre un 4 y -6 % del peso inicial. Las larvas alimentadas con maíces que incluyen eventos piramidados para el control de lepidópteros presentaron las mayores pérdidas de peso y se diferenciaron del resto de los tratamientos. La pérdida de peso observada estuvo comprendida entre el 28 y 34 % (Figura 2).

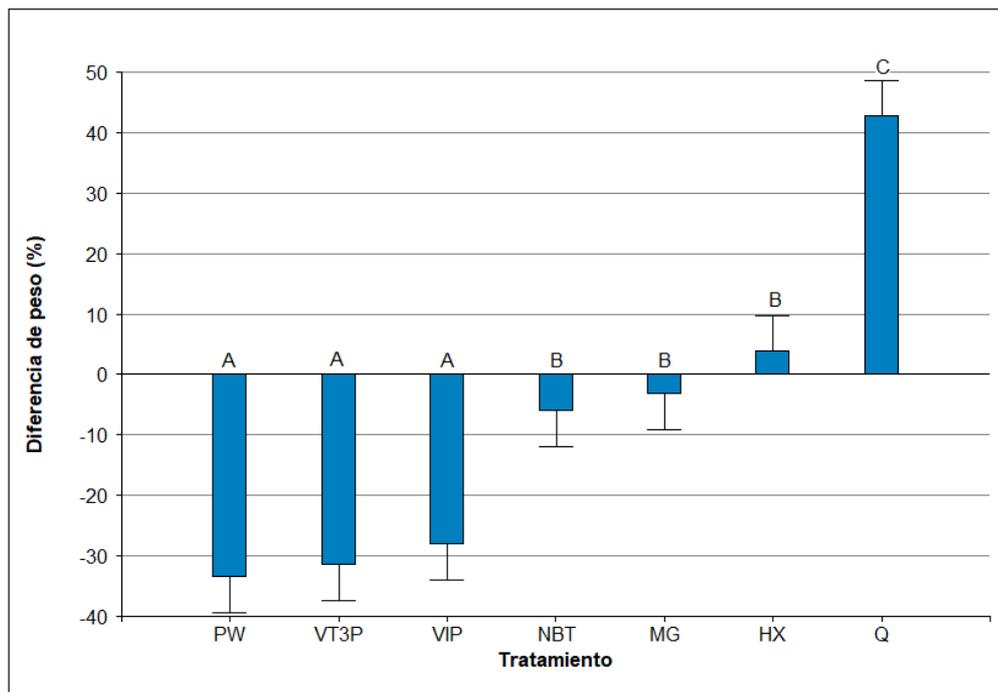


Figura 2- Diferencia de peso en los tratamientos evaluados. Valores promedio \pm Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias de medias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo con el test LSD Fisher.

La diferencia en el incremento de peso obtenido con la alimentación en base a quinoa respecto a los tratamientos de maíz que presentaron consumos de área foliar similares podría indicar un mayor valor biológico de la quinoa como fuente de alimento de *Agrotis robusta*.

Este resultado coincide con Aragón (1997) quien menciona que las malezas de hoja ancha son preferidas por las orugas cortadoras.

MORTANDAD

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la cantidad de larvas muertas ($p < 0,01$). Los tres tratamientos con eventos piramidados presentaron los mayores niveles de mortandad. El evento PW fue el tratamiento que mayor mortandad registró, afectando al 45 % de las larvas expuestas (Figura 3).

Los maíces VIP3, MG, HX, NBT y Q presentaron menores niveles de mortandad, no registrando diferencias significativas entre sí. El tratamiento VT3P mostró un nivel de mortandad intermedio, no diferenciándose de VIP3.

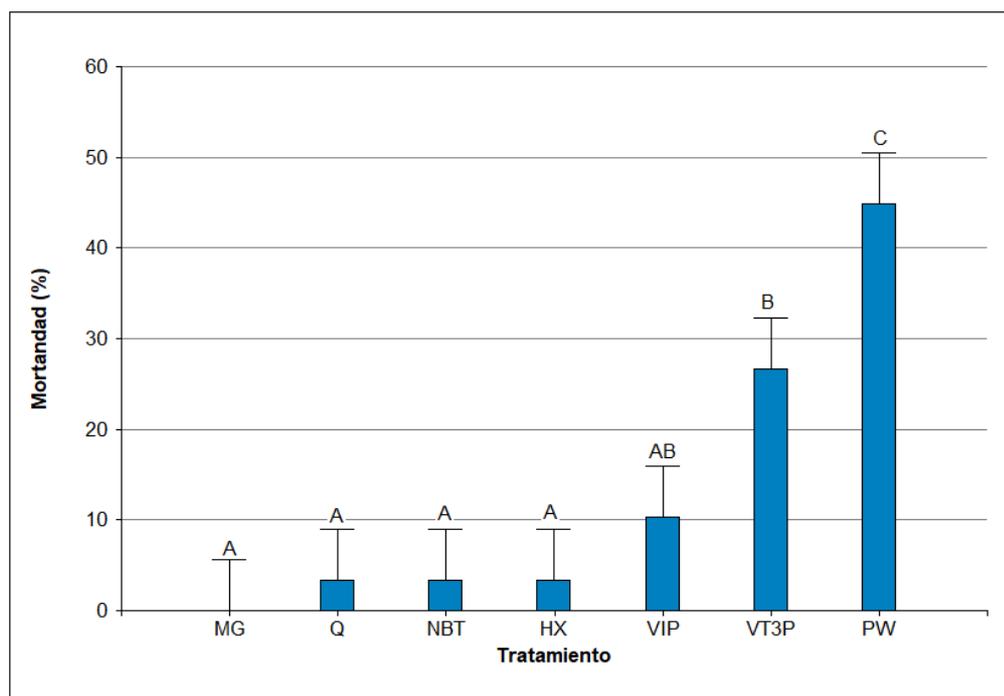


Figura 3- Mortandad de orugas en los tratamientos evaluados. Valores promedio \pm Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias de medias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo con el test LSD Fisher.

CONCLUSIONES

Se identificaron por primera vez eventos biotecnológicos de maíz con genes de resistencia a lepidópteros que afectan el consumo, el peso y la mortandad de larvas de *Agrotis robusta* cuando son suministrados como alimento.

Los híbridos de maíz con eventos Bt simples registran un consumo de área foliar, peso y mortandad de larvas similar a maíces sin eventos de resistencia a insectos incorporados.

Los híbridos de maíz Powercore, VT Triple Pro y en menor medida Agrisure Viptera3, que cuentan con eventos biotecnológicos piramidados para resistencia a lepidópteros, producen disminución del consumo de área foliar y pérdidas de peso en larvas de *A. robusta*. La mortandad más elevada se observa en maíces con el evento PW, seguido por el evento VT3P y VIP3. El mayor incremento de peso de larvas alimentadas con quinoa indicaría que ésta maleza constituye una fuente de alimento natural de estados inmaduros de *A. robusta* en la región.

El conocimiento de los efectos que estos maíces producen sobre las variables biológicas de consumo, peso y mortandad en *A. robusta* es un aporte de utilidad para fortalecer las bases del Manejo Integrado de Plagas en los agroecosistemas de esta región. Dado a que en este trabajo solo se concentró en una sola especie, sería de gran importancia ampliar estas evaluaciones a otras especies que formen parte del complejo de orugas cortadoras, y también evaluar el efecto de otras especies cultivadas con tecnologías Bt como la soja, que dispone de variedades con tecnología Bt incorporadas para el control de lepidópteros. Estos avances permitirían planificar estrategias de cultivo que contribuyan a disminuir la incidencia de estas plagas en los agroecosistemas de la región.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora Dra. Baudino Estela M. por invitarnos a formar parte del grupo de trabajo de su proyecto de investigación, por su sabiduría y apoyo a la hora de trabajar y recopilar información. A nuestro codirector MSc. Corró Molas Andrés E. por su interés y dedicación a la hora de llevar adelante este Trabajo Final de Graduación. También estamos agradecidos con los aportes intelectuales brindados por Dr. Germán San Blas. Y por último, también agradecemos a los integrantes de la cátedra de Zoología Agrícola que brindaron una gran ayuda en las labores realizadas y a toda la comunidad universitaria que nos facilitaron las herramientas y espacios necesarios para el desarrollo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón J.R. 1985. Bioecología, sistemas de alarma y control de orugas cortadoras en cultivo de girasol, maíz y soja. Inf. Para extensión. EEA Marcos Juárez INTA: pp. 12.
- Aragón, J. 1997. Manejo integrado de plagas. En el cultivo de soja en Argentina. Giorda, L.M.; Baigorri, H. INTA Centro Regional Córdoba. 448p.
- Aragón J.R. 2000. Evaluación y manejo de orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivo de girasol en Argentina. Estación Experimental Agropecuaria INTA. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. pp. 7.
- Balzarini, M; Di Rienzo, JA; Tablada, M; González, L; Bruno, C; Córdoba, M; Robledo, W; Casanoves, F. 2011. Introducción a la bioestadística: aplicaciones con InfoStat en agronomía.
- Barrionuevo M. J. y G. San Blas. 2013. Estado y redescrición de *Agrotis robusta* (Lepidoptera: Noctuidae), especie plaga en América del Sur: una historia de errores de identificación. Rev. Mex. de Biodiversidad. 84:1153-8

- Baudino E. 2004. Presencia y distribución temporal del complejo de orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae) en pasturas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) del área fisiográfica Oriental de la provincia de La Pampa, Argentina. *Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 15 (1/2): 31-42
- Baudino E. 2006. Complejo de orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae) del área fisiográfica de la provincia de La Pampa, y sus parasitoides. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Binning R. R. 2013. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and black cutworm *Agrotis ipsilon* susceptibility and avoidance to Bt maize, and implications for global insect resistance management. *Graduate Theses and Dissertations.* Paper 13300. Iowa State University.
- Corró Molas A., E. Baudino, J. Vilches, W. Guillot Giraud, F. Babinec, G. Vergara, S. Niveyro, E. Ghironi & C. Ferrero. 2017. Estudio comparativo de la densidad del complejo de orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae) en diferentes ambientes y cultivos antecesores en la región subhúmeda pampeana central. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 27(2): 3137
- Eyherávide G. 2015. Evolución y cambios recientes de los rendimientos del maíz en Argentina. EEA Pergamino INTA. Artículo de divulgación. pp. 6.
- Flores F; Parodi B., 2011. Maíces Bt: manejo de la resistencia de los insectos blanco y nuevos eventos disponibles. EEA Marcos Juárez INTA. Informe. pp. 2
- Frana J.E., F.A. Massoni, M. Trossero. 2015. Evaluación del daño de lepidópteros en híbridos de maíz Bt (Maízgard, Hérculex, VT Triple Pro, Powercore, Agrisure Viptera 3), y determinación del impacto sobre el rendimiento. EEA INTA. Rafaela, Santa Fe. pp. 8.
- Guarino G. y E.H. Satorre. 2015. Eventos biotecnológicos para el control de plagas en maíz: fortalezas y debilidades. *Cultivar Decisiones*, nº 82. pp. 4.
- Minagri. 2017. Estimaciones agrícolas. Informe mensual. 20 de Julio de 2017. pp. 4

- Ritchie, SW & JJ Hanway. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- Rizzo H.F., F.R. La Rossa & A.M. Folcia. 1995. Aspectos morfológicos y biológicos del “gusano áspero” (*Agrotis malefida* (Guenée) (Lep.: Noctuidae). *Rev. Fac. Agron. UBA*, 15: 199-206.
- Sauka H.D. y G.B. Benintende. 2008. *Bacillus thuringiensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. Actualización. *Rev. Arg. Microbiología* 40: 124-140
- Trumper E.V. 2014. Resistencia de insectos a cultivos transgénicos con propiedades insecticidas. Teoría, estado del arte y desafíos para la República Argentina. INTA - EEA Manfredi, Córdoba. *Agriscientia*, 31 (2): 109-126.

PÁGINAS WEB

- OGM Comerciales. Consultada en octubre de 2017.
<http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/ogm/>
- Cultivos aprobados y adopción. Consultada en octubre de 2017.
<http://www.argenbio.org/index.php?action=cultivos&opt=5>
- Biotecnología comercial. Consultada en octubre de 2017.
<http://www.monsantoglobal.com/global/ar/productos/pages/biotecnologia-comercial.aspx>
- Biotecnología: Agrisure CornTraits. Consultada en octubre de 2017.
<https://www.syngenta.com.ar/biotecnologia-agrisure-corntraits>
- Tecnología Powercore. Manejo Integrado de Plagas. Consultada en octubre de 2017.
<http://www.dowagro.com/es-ar/argentina/powercore/manejo-integrado-de-plagas>
- VT Triple Pro. Consultada en octubre de 2017. <http://www.vttriplepro.com.ar>

- Maizar. 2006. Protección contra insectos en Maíz. Ventajas del evento HX (Hérculex 1). Consultada en octubre de 2017. <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=134>

ANEXO

❖ EVENTOS PRESENTES EN LOS TRATAMIENTOS E

INFORMACIÓN ADICIONAL DE LOS MAÍCES EMPLEADOS

Eventos o combinación de eventos	Proteínas (transgenes introducidos)
Roundup Ready (RR2)	sin <i>Bt</i> (convencional) + cp4 epsps
Maizgard MG RR2 (MON 810)	Cry1Ab + epsps
Hérculex Hx RR2 (TC 1507)	Cry1Fa + epsps
VT Triple PRO VT3P (MON89034xMON88017)	Cry1A105+Cry2Ab2+Cry3Bb1 + epsps
Powercore PW (MON89034xTC1507xNK603)	Cry1A105+Cry2Ab2+Cry1F + epsps
Agrisure Viptera3 Vip3 (Bt11xMIR162xTC1507xGA21)	Vip3Aa20+Cry1Ab+Cry1Fa + pat+epsps

Tabla 2- Eventos o combinación de eventos con sus proteínas introducidas para el control de lepidópteros. Extraído de Frana *et al.*, 2015.

Maizgard (MG): maíz que posee el evento MON810 (resistente a insectos lepidópteros, con autorización comercial desde 1998). Expresa la proteína Bt Cry1Ab. Fue el primero en alcanzar amplia difusión en Argentina. Este maíz ofrece control total sobre *Diatraea saccharalis*, el mejor control de *Helicoverpa zea* y supresión de ataques de *Spodoptera frugiperda*.

Herculex (HX): Evento de maíz TC1507, aprobado comercialmente en 2005 que expresa la proteína Bt Cry1F. Frente a los lepidópteros blanco ofrece eficaz control de barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), oruga cortadora (*Agrotis ipsilon*), e isoca de la espiga (*Heliothis zea*).

VT Triple Pro (VT3P): maíz que posee los eventos MON89034 X MON 88017. Es un híbrido F1 que resulta del cruzamiento convencional de las líneas MON89034 (resistente a lepidópteros) que expresa la proteína cry1A.105 y cry2Ab, y por otro lado el evento MON 88017 (resistente a insectos coleópteros) con la proteína Bt cry3Bb1. La Tecnología VT TRIPLE PRO, aumenta el control respecto de la actual Tecnología MaízGard (MG), ofreciendo un excelente control de *Diatraea saccharalis*, *Helicoverpa zea* y *Spodoptera frugiperda*. Al mismo tiempo brinda protección contra el coleóptero *Diabrotica speciosa*. Tanto los eventos individuales como el híbrido obtenido por cruzamiento fueron aprobados comercialmente en 2010.

Powercore (PW): es producto de la acumulación de eventos MON89034 x TC1507 x NK603, que expresan las proteínas Bt cry1A.105, cry2Ab y Cry1F. Powercore es una tecnología que otorga supresión en el complejo de cortadoras por ejercer control sobre *Agrotis ipsilon* en poblaciones normales, excelente control de *Spodoptera frugiperda* y muy buen control de *Diatraea saccharalis* y supresión de *Helicoverpa zea* y *Achyra bifidalis*. Este maíz Bt con eventos apilados fue aprobado comercialmente en 2012.

Agrisure Viptera3 (VIP3): producto de la acumulación de los eventos Bt11 x MIR162 x TC1507 x GA21, que expresan la proteínas Bt Cry1Ab, la proteína Vip3Aa20 y Cry1F. Agrisure Viptera3 brinda un excelente control sobre *Diatraea saccharalis*, *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda* y *Agrotis ipsilon*. La autorización comercial de esta combinación de eventos se produjo en el año 2014.

❖ RESULTADOS ESTADISCOS

Peso inicial (gr.)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso inicial (gr.)	21	0,74	0,57	12,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,16	8	0,02	4,32	0,0117
Tratamiento	0,04	6	0,01	1,43	0,2815
rep	0,12	2	0,06	12,99	0,0010
Error	0,06	12	4,6E-03		
Total	0,22	20			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,12113

Error: 0,0046 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
NBT	0,48	3	0,04 A
MG	0,50	3	0,04 A B
Q	0,52	3	0,04 A B
VT3P	0,54	3	0,04 A B
VIP	0,55	3	0,04 A B
PW	0,59	3	0,04 A B
HX	0,61	3	0,04 B

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

Mudas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mudas	21	0,43	0,04	47,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3616,98	8	452,12	1,11	0,4177
Tratamiento	3206,46	6	534,41	1,32	0,3215
rep	410,52	2	205,26	0,51	0,6152
Error	4868,10	12	405,67		
Total	8485,07	20			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=35,83135

Error: 405,6747 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
PW	20,83	3	11,63 A
VIP	37,78	3	11,63 A B
VT3P	37,78	3	11,63 A B
MG	38,52	3	11,63 A B
HX	46,67	3	11,63 A B
Q	48,89	3	11,63 A B
NBT	64,45	3	11,63 B

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

Días que comio (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días que comio (%)	21	0,50	0,16	17,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1540,18	8	192,52	1,49	0,2569
Tratamiento	1507,27	6	251,21	1,95	0,1538
rep	32,91	2	16,46	0,13	0,8815
Error	1549,47	12	129,12		
Total	3089,65	20			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=20,21507

Error: 129,1225 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
VT3P	55,51	3	6,56 A
VIP	57,95	3	6,56 A B
NBT	58,67	3	6,56 A B
PW	63,08	3	6,56 A B
MG	67,15	3	6,56 A B
Q	77,01	3	6,56 B
HX	78,07	3	6,56 B

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

Consumo de area foliar (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Consumo de area foliar (%)	21	0,77	0,62	29,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2244,38	8	280,55	5,16	0,0058
Tratamiento	2218,26	6	369,71	6,81	0,0025
rep	26,12	2	13,06	0,24	0,7900
Error	651,92	12	54,33		
Total	2896,30	20			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=13,11238

Error: 54,3269 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
VIP	9,54	3	4,26 A
VT3P	15,53	3	4,26 A B
PW	18,51	3	4,26 A B C
MG	25,65	3	4,26 B C D
NBT	30,83	3	4,26 C D E
HX	32,73	3	4,26 D E
Q	41,57	3	4,26 E

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

Diferencia peso (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diferencia peso (%)	21	0,92	0,87	125,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14021,37	8	1752,67	17,25	<0,0001
Tratamiento	13105,53	6	2184,26	21,50	<0,0001
rep	915,84	2	457,92	4,51	0,0347
Error	1219,04	12	101,59		
Total	15240,41	20			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=17,93052

Error: 101,5867 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
PW	-33,56	3	5,82 A
VT3P	-31,65	3	5,82 A
VIP	-28,17	3	5,82 A
NBT	-6,18	3	5,82 B
MG	-3,32	3	5,82 B
HX	3,94	3	5,82 B
Q	42,81	3	5,82 C

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

Mortandad (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortandad (%)	21	0,82	0,71	74,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5341,14	8	667,64	7,02	0,0015
Tratamiento	4965,04	6	827,51	8,70	0,0008
rep	376,10	2	188,05	1,98	0,1811
Error	1141,60	12	95,13		
Total	6482,74	20			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=17,35165

Error: 95,1334 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MG	0,00	3	5,63 A
Q	3,33	3	5,63 A
NBT	3,33	3	5,63 A
HX	3,33	3	5,63 A
VIP	10,37	3	5,63 A B
VT3P	26,67	3	5,63 B
PW	44,81	3	5,63 C

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