

## **Estudio del ciclo vital y nuevas estrategias de manejo con bajo impacto ambiental para el control *Spodoptera frugiperda* Smith en el cultivo de maíz**

Juan Manuel Gonzalez\*, Luis Bertoia, Melisa Nedilskyj, Marcelo Torrecillas,  
Nestor Urretabizkaya

\*Trabajo Final de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

### **Introducción**

Actualmente, el lepidóptero más importante en maíz es *Spodoptera frugiperda*, conocida vulgarmente como "oruga militar tardía" o "cogollero del maíz" (Burtet *et al.*, 2017). El desarrollo de la resistencia y amplia adaptabilidad de este insecto es una gran amenaza para el éxito de los cultivos Bt (Van Den Berg, 2016) ya que el uso constante de estos organismos modificados genéticamente (OGM) ha generado una presión de selección, multiplicando de esta manera a insectos resistentes (Tabashnik *et al.*, 2013).

El uso refugios como estrategia para el manejo de la resistencia ha sido el principal enfoque utilizado en todo el mundo (Tabashnik, 2008). No obstante, la utilización del refugio es complicada de aceptar debido a que el productor debe renunciar a una fracción de cultivo Bt, sembrando maíz convencional y por lo tanto expuesto a cogollero (Carroll *et al.*, 2013). Otra limitante es la de sembrar el refugio aparte del resto del lote Bt (Kruger *et al.*, 2012).

En los últimos años se ha comenzado a implementar el Manejo Integrado de Plagas (MIP) apoyadas por un asesoramiento profesional, pero estas prácticas deben seguir incrementándose ya que aún hay pérdidas y daños a diferentes cultivos por la falta de monitoreos tempranos o por tratamientos efectuados de baja calidad (Aragón y Flores, 2006; Leiva, 2013).

### **Descripción del ciclo biológico asociado al cultivo de maíz**

Dependiendo de las temperaturas el ciclo completo de la plaga puede durar entre 30 y 70 días. Cada ciclo de la plaga está dividido en cuatro estados. (a) Como pupa dura entre 8-30 días; (b) como adulto, hasta 21 días; (c) como huevo, entre 2-3 días y, (d) como larva, entre 14 a 22 días (FAO, 2017), siempre dependiendo del lugar y del autor.

*S. frugiperda* puede ser cortadora, defoliadora, o cogollera, según el momento en el que ataque, si ataca la espiga provoca un daño directo, esto coincide con lo mencionado por Aragón (2002) y Willink (1991) "Los ataques tempranos pueden afectar estados vegetativos de desarrollo mientras que los tardíos pueden dañar las espigas".

Los primeros estadios (L1 y L2) sólo roen la epidermis de las hojas, dejando manchas translúcidas.

En el tercer estadio larval (L3), consumen toda la lámina foliar dejando huecos irregulares en el follaje y, se encuentra una larva por cogollo en sorgo y maíz. Los dos

últimos estadios (L4 y L5) son los más importantes ya es cuando infringen el mayor daño, consumen más del 80 % de la ingesta (Urretabizkaya, 2012).

### **Cuantificación de daños**

El daño provocado por *S. frugiperda* a un cultivo de maíz depende del nivel de infestación y del estado fenológico del cultivo (Andrews, 1988). Sin embargo, actualmente también depende de tecnologías que permiten tolerar la plaga mencionada, no obstante, hay evidencia de una resistencia a estas, tema que se tocara más adelante.

Flores y Balbi (2014) encontraron diferencias en el porcentaje de plantas infestadas con *S. frugiperda* de 4 %, 6 %, 21 %, 68 %, 92 %, 100 % en un ensayo en laboratorio con respecto al testigo convencional cuando se evaluaron materiales TD, HX, MG, VT3Pro, PW y Viptera respectivamente. Podemos concluir entonces que es de gran significancia la elección del híbrido de maíz a sembrar para evitar daños por *S. frugiperda*.

### **Estrategias de manejo integrado de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz**

#### **Cultivos genéticamente modificados**

Según Lewi y Rubinstein (2010), el maíz Bt ha demostrado otorgar múltiples beneficios, entre los cuales se pueden mencionar una disminución en el uso de insecticidas, la posibilidad de planificar las fechas de siembra y cosecha de manera más flexible, prolongar el período de secado del grano en la planta, la posibilidad de realizar maíz de segunda con menor riesgo de perder rendimiento a causa de plagas, la conservación de los agentes de control biológico, la reducción de los costos de control tradicionales, la merma en la densidad de la plaga reduciendo el ataque de la misma a otros cultivos, todo esto en un contexto de Manejo integrado.

#### **Funcionamiento de Maíz Bt**

Cuando una larva susceptible ingiere Bt esporulado con Proteína Cristalina Insecticida, en el mesenteron del insecto se forman “delta-endotoxinas”, que se acoplan a un receptor de la membrana de las células epiteliales (English y Slatin, 1992). Lo cual forma poros por donde pasa el contenido altamente alcalino del mesenteron hacia la hemolinfa y de esta hacia el mesenteron en consecuencia la larva se paraliza y deja de alimentarse, pudiendo morir por inanición.

Sólo unas especies poseen en su aparato digestivo el sitio de unión que reconoce la proteína, esto da una altísima especificidad a la acción tóxica del Bt (Betz *et al*, 2000). Para finalizar entonces, se sabe que al aumentar la superficie sembrada con maíz Bt, y debido a la alta expresión de la proteína Cry1 en sus tejidos, aumentará la población de Lepidópteros como *S. frugiperda* expuesta a la misma, cuando estasea sometida a una alta presión de control, sólo una pequeña fracción de los individuos más resistentes sobrevivirá. Estas larvas sobrevivientes completarán su ciclo, cruzándose entre ellas y generando a través del tiempo una población resistente.

#### **Toxinas y resistencias observadas**

En la Tabla 1 se puede ver que la Concentración Letal 50 es mayor en Cry1Ac lo cual indica una clara resistencia de *S. frugiperda* a esta proteína en comparación a la proteína Cry1Fa, la cual es eficaz con pocos ng/cm<sup>2</sup> de toxina.

**Tabla 1.** Actividad de proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* en larvas neonatas de *S. frugiperda* (a los 5 días) (Sosa Gómez, 2018)

Toxina	CL50(ng/cm2)
Cry1Fa	35
Cry1A.105	400
Cry1Ab	783
Cry2Ab	>1350
Cry2Ae	>1350
Cry1Ac	>4050

#### Causas fisiológicas/genéticas de la resistencia en *S. frugiperda*

“Alcalino fosfatasas son consideradas las posibles receptoras de las toxinas Cry1 en la fase de unión de la toxina con los receptores localizados en las “brush border membranas”. “Han sido detectados reducidos niveles de alcalino fosfatasas en las poblaciones resistentes” (Sosa Gómez, 2018).

#### Utilización de Refugios

Según Saluso (2014) estos consisten en fraccionar el lote sembrado con maíz Bt dejando una parte no Bt, que constituirá la fuente de larvas susceptibles ya que al no estar expuestas a la proteína Bt estas podrán desarrollarse normalmente. Esta área del 10% del lote es conocida como “Refugio”, y cumple la función de permitir el desarrollo de insectos híbridos susceptibles que pueden ser controlados por la alta dosis de la toxina presente en el cultivo Bt.

Por otro lado, un nuevo evento de maíz Bt, MIR162, aprobado en 2011, contiene un gen nuevo, el gen VIP3A. Jackson (2007) explica su funcionamiento es similar al de las proteínas Cry, sin embargo, las Vip3A tienen diferentes propiedades de unión que las Cry, lo que indica un bajo potencial de resistencia cruzada entre las proteínas.

Podemos concluir que las proteínas Cry son un gran avance en el control de varias plagas, pero por diversos motivos se ha generado una resistencia a tipos específicos de ésta. Además, los materiales denominados Viptera son una tecnología que ha demostrado mejores respuestas para el control de la plaga, por ello es importante la utilización de refugios que ayuda a alargar la vida útil de las nuevas tecnologías existentes.

#### Aplicación de insecticidas

El momento ideal para controlar esta plaga es cuando la oruga aún no ha ingresado al cogollo y se observan lesiones circulares pequeñas y sin perforación de la membrana epidérmica (Insuagro; s/f) lo que concuerda con Lezaun (2015).

Iannone y Leiva (2011) recomiendan la aplicación química cuando el nivel de infestación se encuentra entre un 15 a 20 % de plantas atacadas con larvas presentes hasta el estadio V4. Los mismos autores admiten hasta un 10 % de plantas con larvas si el cultivo se encuentra entre 4 y 8 hojas.

Se utilizan insecticidas fosforados y piretroides, pero el control a campo no supera los 3 días. Hay otros productos a tener en cuenta que pueden lograr controles durante 20 días, como por ejemplo las Diamidas o los IGR, las Spinosinas también son

residuales, aunque no duran tanto como los anteriores mencionados, una “receta” muy popular es la mezcla de piretroides con IGR para lograr un volteo inmediato y una buena residualidad.

Peralta (2014) señala que el objetivo de la persistencia es lograr control sobre nuevos nacimientos, es muy importante el uso de productos con persistencia y el bajo impacto en los controladores biológicos de la plaga.

### Monitoreo sistémico

Los monitoreos tienen la finalidad de detectar la presencia de la plaga, ya sean larvas, oviposiciones, su evolución o identificar posibles daños. Como primer paso es necesaria la eliminación de “Puentes Verdes”, controlar las malezas al menos 30 días antes de la siembra y así evitar el daño de larvas grandes que actúan como cortadoras en el cultivo recién implantado. (Pioneer, 2014) esto coincide con Leiva (2014)

### Ensayo de aplicación temprana y tardía

Sassano (2016) realizó aplicaciones de manera temprana y tardía para el control de la plaga para dos híbridos evaluados (uno con el evento VT3PRO y otro convencional sin eventos) y un testigo de cada uno sin aplicación. El producto utilizado para el control de la plaga fue el Spinosad, con dosis de aplicación de 60cc/ha.

Como resultado el híbrido Bt sin aplicación obtuvo un 16,5% más de rendimiento que el híbrido no Bt con el mismo tratamiento, donde (Sassano *et al*, 2016) alega que podría coincidir con los resultados encontrados por Massoni *et al*. (2014) quienes hallaron mayores rendimientos en maíz VT3PRO en comparación a su isohíbrido sin el evento.

Además, y como era de esperar los híbridos con aplicación de spinosad obtuvieron mayor rendimiento que el maíz sin aplicación, sin embargo, si comparamos las aplicaciones, aunque no se hayan producido diferencias significativas entre el tratamiento tardío y temprano, se observó un 7% más de rendimiento en el tratamiento aplicado de manera temprana (V3-V4) contra el tratamiento tardío.

### Control Biológico

La OILB define el control biológico como la “utilización de organismos vivos o de sus productos, para evitar o reducir las pérdidas o daños causados por organismos nocivos, no obstante, Padilla (2017) indica que existen limitaciones para su aplicación como la falta de apoyo económico, la poca disponibilidad de personal especializado, etc.

Sosa Gómez (2018) destaca la preservación y alienta la utilización de determinados parasitoides para manejo de la resistencia de *S. frugiperda* tales como *Telenomus remus*; *Archytas marmoratus*; *A. incertus*, *Chelonus insularis* y *Campoletis grioti*, con relación a este último Valverde (1999) comenta que en el Norte de Argentina es uno de los enemigos más importantes de *S. frugiperda*.

En un ensayo realizado por García (1999) donde se midió el % de parasitismo en el cogollero los resultados mostraron que la avispa *Telenomus sp.* pudo parasitar hasta un 70% de huevos de *S. frugiperda*, mientras que dos especies de *Trichogramma* (*atopovirilla* y *exiguum*) llegaron a un 25%; el parasitismo conjunto fue de 90 a casi 100% durante la tercera, cuarta y quinta semanas después de la emergencia de las plantas de maíz.

Concluimos que el control biológico es una estrategia de manejo que ha demostrado eficacia y posee bajo impacto ambiental, por lo que sería beneficioso intensificar aún más esta técnica en Argentina, ya que no es tan aplicada a causa de sus costos y de un limitado desarrollo y logística.

### **Trampas de Luz**

La utilización de trampas de luz es un método de captura de lepidópteros, su uso más frecuente es el estudio de las variaciones temporales de la abundancia poblacional de adultos Lepidoptera. Sagadim y Gorla (2002) realizaron capturas de adultos de Lepidoptera por semana. Los resultados mostraron que *S. frugiperda* presentó mayor número de capturas en la trampa de luz negra durante el primer y segundo año, y en la trampa de luz de vapor de mercurio durante el tercer año.

Concluyendo podemos afirmar que las trampas de luz, especialmente de luz negra, son una herramienta que podría contribuir a detectar en forma temprana la presencia de adultos de esta plaga y sus niveles poblacionales en los sistemas productivos, sin embargo, a diferencia de las trampas con feromonas, estas capturan una gran diversidad de adultos lepidópteros teniendo que realizar la tediosa tarea de separar la especie de interés para realizar un recuento poblacional.

### **Bioinsecticidas**

#### **Bacterias**

Según Schnepf *et al.* (1998) los biopesticidas bacterianos son métodos baratos y más ampliamente utilizados para el control biológico de las plagas.

Actualmente un producto utilizado para el control de *S. frugiperda* es el Dipel, producido base de esporas, cristales y restos de fermentación de *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*, más específicamente la cepa ABTS 351 (Valent Biosciences, 2016).

Para finalizar hay que destacar varias ventajas sobre el uso de *B. thuringiensis*, siendo, un uso muy seguro ya que no contaminan el ambiente, no poseen efecto sobre la salud humana ni sobre animales, no afectan la fauna benéfica como parasitoides o depredadores que regulan naturalmente las poblaciones de plagas.

### **Ultimos avances en el uso de estrategias de bajo impacto ambiental para el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz**

#### **Actualización de la Escala de Davis**

En las últimas campañas 2017-2018 y 2018-2019. Se ha observado un "nuevo" comportamiento de larvas de cogollero, las cuales en estadios tempranos L3, ya se encontraban dentro del cogollo, complicando el manejo según la escala de Davis. Esto nos lleva a alertar a productores a hacer monitoreos cada vez más tempranos con el fin de aplicar insecticidas con bajo impacto ambiental como podría ser un IGR o una Diamida, que poseen efecto residual controlaría por ingestión antes de que la oruga militar tardía se introduzca en el cogollo, y su control fuera muy complicado. (Urretabizkaya, 2019. Comunicación personal).

#### **Eventos Apilados**

Las plantas Bt "piramidizadas" retardan el desarrollo de resistencia más eficientemente que las plantas que expresan una única proteína insecticida. La piramidización de eventos tiene su base en que cada proteína Bt debe generar un control de todos o al menos un gran porcentaje de insectos susceptibles; Por el contrario, los insectos resistentes a una de las proteínas de la pirámide serán controlados por la/s otra/s proteína/s que tengan un sitio de unión diferente (Bates *et al.*, 2005). La Cátedra de Protección Vegetal de la UNLZ (2016) adhiere que debido principalmente a la baja frecuencia inicial de individuos resistentes a múltiples toxinas. Esta estrategia está basada en el concepto de que la resistencia de dos eventos apilados tiene un control genético independiente, sin embargo, varias tecnologías de híbridos Bt con expresión de dos o más proteínas insecticidas no tienen los requisitos básicos de eventos piramidizados, por ejemplo, Cry1AB posee un control moderado de *S. frugiperda* pero

las proteínas Cry1AB, Cry1F y Cry1A.105 presentan elevado potencial de resistencia cruzada, Hernández Rodríguez *et al.* (2013) afirman que lo ideal sería la selección de eventos Bt expresando proteínas que posean diferente sitio de unión (Cry1, Cry2, Vip3A) para disminuir las chances de resistencia cruzada.

**Tabla 2.** Capacidad de control de *S. frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) por maíces Bt (Sosa Gómez, 2018)

Tratamientos	Proteína	Nota	Control
Viptera	Vip3Aa20	0,17	+++
Power core	Cry1.A.105+Cry2Ab2+Cry1F	2,28	++
VtPro	Cry1.A.105+Cry2Ab2	2,44	++
Optimum Intrasect	Cry1Ab+Cry1F	5,40	+
Hx Herculex	Cry1F	6,47	Sin control

Viptera es el evento más novedoso del mercado teniendo un control eficaz de *S. frugiperda*, por otro lado, se observa que eventos apilados con el mismo Cry1 producirían una resistencia cruzada coincidiendo con lo dicho por Hernández Rodríguez (2013), ello explicaría por qué el control es tan pobre en Optimum Intrasec, lo que cambia cuando se combinan distintas proteínas Cry, habiendo un mejor control y sin producir una resistencia cruzada (Tabla 2). Los ensayos realizados por Hernández Rodríguez (2013) tuvieron como objetivo determinar si Cry1A.105 tiene sitios de unión compartidos con proteínas Cry1A, con Cry1Fa, o con ambos, en *O. nubilalis* y en *S. frugiperda*, para ella se utilizaron vesículas del intestino medio larvario en los ensayos de unión competitiva con Cry1A.105, Cry1Ab y Cry1Fa marcados con 125I y Cry1A.105, Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry2Ab y Cry2Ae sin marcar.

Estos resultados indicaron que Cry1A.105, Cry1Ab, Cry1Ac y Cry1Fa compitieron con alta afinidad por los mismos sitios de unión en ambas especies de insectos, no obstante, Cry2Ab y Cry2Ae no compitieron por los sitios de unión de las proteínas Cry1. Otra observación es que Cry1Aa no fue tan competitiva como las otras proteínas. Con estos resultados podemos concluir que el desarrollo de resistencia cruzada entre las proteínas Cry1Ab / Ac, Cry1A.105 y Cry1Fa es posible, concordando con la Tabla 2 presentada anteriormente.

Los eventos apilados son una herramienta que permite al productor el uso de varias tecnologías al mismo tiempo, esto admite que la rentabilidad de las actividades sea mayor al reducir el uso de plaguicidas, sin embargo, existe una resistencia cruzada entre proteínas que actúan en un mismo sitio por lo que es imperativo utilizar eventos con proteínas que actúen en distintos sitios de unión, además para alargar la vida de esta tecnología, es importante el uso de refugios.

### Uso de Drones para monitoreo

En los últimos años han salido al mercado los vehículos autónomos no tripulados (VANTs), a los cuales se les encontró un uso desde el punto de vista de la producción agropecuaria. Estos dispositivos son capaces de reducir en un 30% el costo en el control de plagas en los cultivos y pueden tratar 30 has en 20 min con tan solo una persona, esto significa un posible monitoreo del área e identificación de plagas en muy poco tiempo (González, 2018).

El método se ha utilizado con éxito para el control de las orugas defoliadoras, es altamente probable que esta tecnología en un futuro cercano se traduzca en tomas de decisiones rápidas para la contención de plagas, más rendimiento en el cultivo con menos costo y menos contaminación ambiental justificada a través de la precisión brindada por estos vehículos.

## Trampas de Feromonas

Tras varias décadas de investigación, y gracias al avance tecnológico se conoce la composición química de las feromonas sexuales de aproximadamente 600 especies de lepidópteros (El-Sayed, 2011), esto por supuesto incluye a *S. frugiperda*. Además, avances en productos sintéticos, han posibilitado la disponibilidad de componentes de feromonas sexuales de lepidópteros, abriéndole paso a nuevas herramientas de manejo (Bergmann *et al.*, 2009).

El empleo de semioquímicos tiene varias ventajas como no dejar residuos tóxicos, afectar únicamente a la especie objetivo, y requerir pequeñas cantidades de productos (Witzgall *et al.*, 2010). El uso sostenido de feromonas incrementa su propia efectividad, ya que se evita el daño sobre organismos benéficos, lo que estabiliza sus poblaciones y potencialmente controla el surgimiento de plagas secundarias. Mochizuki *et al.* (2002) y Svensson *et al.* (2002) marcan que, si bien la evolución de resistencia es posible, tanto en teoría como en la práctica, la misma depende de la variabilidad genética en la emisión y recepción de feromonas.

## Detección y monitoreo

González *et al.* (2012) explican que la aplicación más extensa de las FrSx ha sido en la detección y monitoreo de plagas y que los resultados de las capturas de la trampa se utilizan para determinar los umbrales de daño y para tomar la decisión de aplicar los procedimientos de control.

## Técnicas

Las principales técnicas para el uso de las feromonas son el trampeo masivo y los atracticidas. Estas estrategias comparten el concepto de atraer y eliminar una proporción importante de insectos en un área, de modo de mantener sus poblaciones por debajo del umbral de daño. La diferencia entre ellas radica en la forma de eliminación, mediante trampas (trampeo masivo) o insecticidas (attracticidas). Si se utilizan atrayentes para ambos sexos, por ejemplo, feromonas de agregación o cebos alimenticios, se reducen las poblaciones de machos y hembras, con mayor probabilidad de éxito en el control de la plaga. Sin embargo, al emplear feromonas sexuales, se reduce únicamente la población de machos, con la intención que esta reducción tenga una incidencia significativa en la probabilidad que las hembras copulen. Existe una competencia entre la feromona sintética y la natural por atraer a los machos, lo cual aumenta los requisitos de calidad del atrayente. (Reddy *et al.*, 2010; Witzgall *et al.*, 2010).

## Ensayos de investigación

En México, en el caso de *S. frugiperda*, se han realizado trabajos para monitorear la plaga en cultivo de maíz. Por ejemplo, en México, se evaluaron cinco FrSx comerciales en la captura de *S. frugiperda* colocadas en trampas Scentry Heliothis® a alturas de 1.5 y 2 m sobre el suelo. Los resultados mostraron que el 81.1 % de los machos fueron capturados con las trampas Scentry Heliothis® mientras el 18.9 % se capturó con la trampa bucket. Con base en lo anterior, se concluye que las trampas Scentry Heliothis® proporcionaron los mejores resultados para el manejo de *S. frugiperda*, siendo según Malo *et al.* (2004) 1.5 m la mejor altura para la colocación de la trampa.

Por último, en otro trabajo de investigación De la Cruz-Martínez *et al.* (2018) realizaron un monitoreo general para verificar el daño en plantas causado por gusano cogollero,

la revisión y conteo de polillas de gusano cogollero e insectos diferentes a este se efectuó en cinco momentos con un intervalo de 72 a 96 h.

A los 53 días después de la siembra y durante condiciones de lluvia, se encontró un 54% de daño causado por gusano cogollero en el cultivo, reportando que durante el inicio de lluvias los daños por *S. frugiperda* fueron mayores. Cabe aclarar que la captura de machos incide en menor número de estos insectos en el entorno, ya que afecta la copulación con las hembras y de esta manera el daño por la plaga disminuye. Para finalizar podemos decir que la condición de baja humedad antes de comenzar con el manejo de las trampas permitió una mayor eficiencia en la captura de *S. frugiperda*.

Las trampas de feromonas han comenzado a tomar lugar como una importante herramienta para el monitoreo de plagas, siendo actualmente un instrumento efectivo que brinda información útil sobre estas, ya que mide picos poblacionales mediante la captura de adultos y de esta manera permite al productor tomar medidas antes que se genere un daño al cultivo.

Por otro lado, hay que destacar que esta estrategia de control ofrece numerosos beneficios ambientales, por ejemplo, no daña organismos benéficos, no genera residuos tóxicos, y gracias a la información que recibe el productor, hay menos aplicaciones de insecticidas.

### **Bioinsecticidas Baculovirus**

La familia Baculoviridae está compuesta por cuatro géneros, dentro de los que se destacan los Alfa baculovirus los cuales son nucleopoliedrovirus específicos de Lepidópteros. Alfaro *et al.* (2018) mencionan que durante el año 2014 se realizaron estudios en la Universidad de Guanajuato encontrándose una cepa de baculovirus llamada SfNPV-Ar, que es altamente agresiva contra *S. frugiperda*, respecto a estudios a nivel de campo también demostró tener un alto potencial para controlar al cogollero. Este comportamiento tan virulento contra su hospedero, evidencia que podría estar expresando proteínas que ayudarían al virus a replicarse y diseminar una infección en los órganos del insecto, lo que junto con la expresión de proteínas virales únicas de esta cepa, podría traducirse en una rápida muerte del insecto, sin embargo para poder entender el mecanismo de acción del virus, es necesario estudiar cada paso del proceso de infección lo que implicaría estudiar tejidos específicos en tiempos después de la infección.

Las formulaciones para baculovirus vienen en polvos mojables que se pueden aplicar fácilmente en el campo, sin embargo, la desventaja es que poseen un modo de acción lento, por lo que se han ido desarrollando estrategias que permiten incrementar la virulencia, estas consisten en insertar genes en el genoma de los baculovirus que, al expresarse, producen algún factor como toxinas específicas contra insectos, enzimas hidrolíticas o reguladores del crecimiento que matan al insecto incluso antes de que se produzca la invasión masiva de los tejidos (Ibarra *et al.*, 2006).

### **Hongos entomopatógenos**

Estos hongos penetran a través de la cutícula del insecto, llegando a la hemolinfa, donde producen toxinas y crecen mediante la utilización de los nutrientes existentes en la hemolinfa para evitar posibles respuestas inmunes por parte de los insectos, además, poseen ventajas como su escasa toxicidad sobre otros organismos del ambiente, su aptitud para ser tratados industrialmente, es decir, se cultivan, formulan, empaquetan, almacenan y se comercializan como un insecticida convencional. Estos biopesticidas penetran por ingestión y por contacto.

El uso actual de estos micoinsecticidas se basa en aspersiones, imitando la aplicación de insecticidas sintéticos, donde el objetivo es reducir la población plaga; bajo este



enfoque, una alta virulencia es el principal criterio para el aislamiento de hongos (Mascarin y Jaronski, 2016). Sin embargo, el verdadero objetivo de la aplicación de estos entomopatógenos es ocasionar epizootias en la población plaga (Mora-Aguilera *et al.*, 2017). Se sabe que los HEP's son fuertemente influenciados por factores del ambiente; entre otros, humedad, temperatura y radiación UVA (Mascarin y Jaronski, 2016). Al respecto, Ekesi (2000) registró que los conidios mantienen su viabilidad sobre el follaje de plantas de tres a cuatro días después de su aplicación; por ello, estos recomiendan realizar reiteradas aplicaciones de hongos entomopatógenos, lo que resulta en una desventaja a causa de un mayor requerimiento de inóculo y altos costos (Mora-Aguilera *et al.*, 2017).

Gutiérrez Cárdenas (2017) mostró una evaluación de diversos aislamientos de los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* contra adultos de *S. frugiperda*, demostrándose una alta patogenicidad hacia adultos del insecto, con mortalidades que fluctuaron del 33.33 % al 100 % cuatro días después de la inoculación de los dos hongos. Las diferencias en el tiempo en que germinó el 50 % de los conidios, y la respuesta a bajas humedades (62 %) en los diferentes aislamientos, sugieren que estos HEP's tienen potencial para el control de la polilla de cogollero. Los resultados mostraron que los machos de *S. frugiperda* al ser atraídos por la feromona, fueron infectados y muertos por el entomopatógeno cinco a ocho días después del ingreso al dispositivo.

### **Nematodos entomopatógenos**

El funcionamiento de los nematodos se conoce hace años, sin embargo, así como los hongos entomopatógenos la aplicación es relativamente nueva.

(Serrano, 2004) describe a los Nematodos Entomopatógenos, sobre todo los pertenecientes a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae, como organismos que actúan como reguladores de insectos y otros artrópodos habitantes del suelo y que presentan una serie de atributos como organismos controladores, siendo así una excelente alternativa para ser empleados en el manejo integrado de plagas. Para infectar a su objetivo, los juveniles entran al hospedante a través de las aperturas naturales (boca, ano o espiráculos) llegando hasta la hemolinfa a través de la pared intestinal. A diferencia de la familia Steinernematidae, los Heterorhabditidae poseen un diente con el cual ellos también pueden penetrar directamente a través de las zonas membranosas intersegmentales la cutícula de los insectos. A esta última familia Madrigal (2001) le atribuye características ventajosas tales como alta virulencia y rápida acción al matar al hospedero, además menciona que el tercer estado larval, el cual es infectivo, no se alimenta y esta morfológica y fisiológicamente adaptado para sobrevivir por largos periodos en el suelo en ausencia de un hospedero. Otras ventajas por la cual destacan es que pueden criarse masivamente en laboratorio, poseen un alto potencial reproductivo, poseen efecto de sinergismo con otros entomopatógenos, etc.

### **Ensayo de comparación en control de *S. frugiperda* con NEP, *B. bassiana* y bt**

Cajan y Sampertegui (2018) determinaron el efecto que presenta la utilización de cuatro controladores biológicos incluyendo nematodos entomopatógenos (NEPS), para el control de larvas de gusano cogollero (*S. frugiperda* J.E. Smith) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de laboratorio y campo. Los controladores biológicos utilizados fueron *Heterorhabditis baujardi*, *Steinernema diaprepesi*, *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis*.

Los resultados obtenidos a los 4 días en condiciones de laboratorio muestran diferencia significativa para el control de *H. baujardi* a dosis de 500 NEP/ml con un 50.82%, seguido de la dosis de 300 NEP/ml con 48.05% y el control de *B. thuringiensis* con dosis de 400 g/cil (20 g/L) con 43.5%.

*Beauveria bassiana* no tuvo ninguna efectividad, esto puede ser explicado por diversos factores como la temperatura; la humedad relativa la cual puede intervenir en las fases del ciclo de infección del hongo; y el proceso de penetración de la espora en la cutícula de la larva.

Los resultados obtenidos a los 3 días en campo, varían, obteniéndose un significativo control en *B. thuringiensis* a dosis de 400 g/cil (20g/L) con un 63.3% en la primera aplicación y 46.8 % en la segunda aplicación y control de *B. thuringiensis* a dosis de 200 g/cil (10g/L) con 40% en la primera aplicación y 27.77 % en la segunda aplicación. El bajo porcentaje de mortalidad referido a los Nematodos Entomopatógenos sobre larvas de *S. frugiperda* se atribuye a las condiciones de humedad, ya que el cultivo se manejó bajo riego por gravedad y la aplicación fue dirigida al cogollo de la planta de Maíz con presencia “cogollero”, Cajan y Sampertegui (2018) explican que las condiciones de altas temperaturas propias del verano también aportaron a esto, por otro lado, Malqui (2015) menciona la importancia de la humedad para la acción de los nematodos, y comenta que el desplazamiento de los nematodos en suelos secos puede ser muy restringidos.

El tratamiento con *Beauveria bassiana* no ha funcionado, Cajan y Sampertegui (2018) reiteran que esto fue debido a condiciones de humedad o que el hongo no haya hecho contacto con las larvas de la oruga militar tardía todo lo dicho concordando con lo referido por SENASA (2014), mencionando que para iniciar el proceso de infección en el insecto se requiere que los conidios se pongan en contacto con el insecto y se obtiene con una buena aplicación, pero para la esporulación sobre el cadáver del insecto se requiere que la humedad relativa sea superior al 80%, además se menciona que una alternativa para estas condiciones es el uso de aceite agrícola que puede encapsular las conidias del hongo, protegiéndolas de la desecación; otra recomendación es la aplicación en horas de la tarde, elección de buenos equipos de aspersión y para mayor efectividad se recomienda la segunda aplicación a los 5 días después de la primera aplicación.

Para finalizar, podemos mencionar que en la actualidad los bioinsecticidas han empezado a utilizarse y lo harán aún más en el futuro, a causa de su especificidad de acción y su nula peligrosidad para el ser humano y animales.

El bioinsecticida que ha cobrado más importancia para *S. frugiperda* es sin duda el baculovirus de la cepa SfNPV-Ar, el cual es altamente agresivo a esta oruga, y el más utilizado.

## Conclusiones

En Argentina, y principalmente en los últimos años, *Spodoptera frugiperda* sin dudas se ha convertido en la principal plaga del cultivo de maíz.

Para el manejo de esta plaga, son recomendadas varias estrategias, incluyendo métodos culturales, biológicos y químicos.

El uso indebido de insecticidas, junto a la incorporación de OGM ha originado una rápida evolución de la plaga complicando los controles, sumado a monitoreos que no se realizan o se hacen muy tardíamente.

La resistencia genética, a través de la selección natural o dirigida, ha sido intensamente utilizada por el hombre en el control de plagas. Un aspecto de gran importancia generado por la resistencia es el costo, tanto para el productor agrícola como para las empresas fabricantes de los plaguicidas.

Estos aspectos demuestran la importancia de medidas de manejo de la resistencia que alarguen la vida útil de los insecticidas y retrasen, hasta donde sea posible, el desarrollo de resistencia.

Es muy importante el diagnóstico preciso, el conocimiento de la biología de la plaga y el monitoreo permanente, para lograr eficiencia en el manejo y control.

La identificación de daños tempranos, (roído, ventanita) y la elección correcta de insecticidas (con el conocimiento de su modo y mecanismo de acción) resulta de vital importancia.

Seleccionar materiales adecuados, con probada resistencia en cada región donde se trabaje y elegir la correcta fecha de siembra también favorece el manejo de dicha plaga.

Se recomienda la implantación de “refugios” como estrategia combinada para reducir el impacto de la plaga en cuestión.

Se ha observado que en regiones donde la presión con insecticidas es más fuerte, la larva busca protegerse antes del quinto estadio larval, lo que obligaría a estar cada vez más atentos a los daños iniciales para iniciar tratamientos preventivos

Es importante a futuro observar los cambios comportamentales de la plaga estudiada, pues posee gran capacidad de adaptación, a diferentes situaciones climáticas y, a distintas condiciones de cultivos produciendo daños de gran magnitud, que se traduce en pérdidas económicas para el productor.

## Bibliografía

Alfaro AF, Sánchez García A, Rangel Núñez JC, Del Rincón Castro MC. (2018). Evaluación del perfil proteómico diferencial de la cepa de Baculovirus SfNPV-Ar en hemocitos de larvas del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae) a las 24 HPI. *Verano de la Investigación Científica*. 4(1): 2533-2538

Andrews KL. (1988). Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera-Noctuidae). *Florida Entomologist* 71, 630-653.

Aragón J. (2002). Plagas del Maíz y su Control Integrado. Guía Dekalb del cultivo de Maíz. 117-132p.

Aragón J, Flores F. (2006). Control biológico de gusanos blancos en el sudeste de Córdoba. Recuperado de:

[http://produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_combate\\_de\\_plagas\\_y\\_malezas/77-control\\_biologico\\_gusanos\\_blanco.pdf](http://produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/77-control_biologico_gusanos_blanco.pdf)

Bergmann J, Villar J, Flores MF, Zarbin (PHG). (2009). Synthesis of pheromones: Highlights from 2005-2007. *Curr. Org. Chem.* 13: 683-719.

Betz FS, Hammond BG, Fuchs RL. (2000). Seguridad y ventajas de plantas protegidas por *Bacillus thuringiensis* para controlar plagas de insectos. *Farmacología y Toxicología Regulatoria* 32:156-173.

Burtet L, Bernardi O, Melo A, Pes M, Strahl T, Guedes J. (2017). Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt. *Pest Management Science* 73(12): 2569-2577.

Cajan B, Sampertegui F. (2018) Utilización de cuatro controladores biológicos para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith), en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el distrito de Pítipo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Agronomía, Departamento Académico de Sanidad Vegetal, Lambayeque - Perú

Carroll MW, Head G, Caprio M, Stork L. (2013). Theoretical and empirical assessment of a seed mix refuge in corn for southwestern corn borer. *Crop Protection*, 49, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.003>.

Cátedra de Protección Vegetal, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. (2016). Apunte Biotecnología Agrícola.

De la Cruz-Martínez V, Andrés-Meza P, Del Rosario Arellano J, Leyva Ovalle OR, MurguíaGonzález J, Serna-Lagunes R, Espinosa-Calderón A, Sierra Macías M, Tadeo-Robledo M, Gómez-Montiel NO, Rodríguez Montalvo FA y Cebada-Merino M. (2018). Uso de feromona en el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/profile/Jorge\\_Herrera13/publication/330401807\\_Investigaciones\\_Cientificas\\_y\\_Agrotecnologicas\\_para\\_la\\_Seguridad\\_Alimentaria/links/5c3e792fa6fdccd6b5b049ce/Investigaciones-Cientificas-y-Agrotecnologicas-para-la-Seguridad-Alimentaria.pdf#page=151](https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Herrera13/publication/330401807_Investigaciones_Cientificas_y_Agrotecnologicas_para_la_Seguridad_Alimentaria/links/5c3e792fa6fdccd6b5b049ce/Investigaciones-Cientificas-y-Agrotecnologicas-para-la-Seguridad-Alimentaria.pdf#page=151)

El-Sayed AM. (2011). The Pherobase: Database of Insect Pheromones and Semiochemicals. Recuperado de: <http://www.pherobase.com>.

English L, Slatin SL. (1992). Modo de acción de la delta endotoxina de *Bacillus thuringiensis*. Una comparación con otras toxinas bacterianas. *Bioqca. Insectas. Biol. molec.*, 22 (1): 1-7.

FAO (2017). Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en América latina). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i7424s.pdf>

Flores F, Balbi E. (2014). Evaluación del daño de oruga militar *Spodoptera frugiperda* en diferentes híbridos comerciales de maíz transgénico. Informe de Actualización Técnica N° 31. Maíz- Actualización 2014. INTA Marcos Juárez.

García RF, Mosquera AT, Vargas CA, Rojas A. (1999). Manejo integrado del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Boletín técnico* No. 7. Corpoica. Grafico extraído de:

<https://www.compucampo.com/tecnicos/manejobiorracionalgusanocogollero-maiz.pdf>

González A, Altesor P, Sellanes C, Rossini C. (2012). Aplicación de feromonas sexuales en el manejo de lepidópteros plaga de cultivos agrícolas. En: *Temas selectos en ecología química de insectos*. Rojas J.C. y Malo, E.A. (ed.), pp. 343-360. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Tapachula, Chiapas.

González M. (2018). Drones para fumigación agrícola ¿Son viables?" Recuperado de: <https://www.agroptima.com/es/blog/drones-para-fumigacion-agricola-son-viables>

Gutiérrez-Cárdenas OG, Cortez-Madrighal H, Malo EA. (2017). Integración de hongos entomopatógenos-feromona sexual para el manejo de adultos de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae). MSc disertación. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán, México

Hernandez Rodriguez CS, Hernandez Martinez P, Van Rie J, Escriche B, Ferré J. (2013). Shared Midgut Binding Sites for Cry1A.105, Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac and  
Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 7 (2) 2020: 80-94

Cry1Fa Proteins from *Bacillus thuringiensis* in Two Important Corn Pests, *Ostrinia nubilalis* and *Spodoptera frugiperda*. *PLoS ONE* 8(7): e68164. doi: 10.1371/journal.pone.0068164

Ianonne N, Leiva P. (2011). Control insectos plaga. Guía Práctica para el cultivo de Maíz. INTA

Ibarra JE, Del Rincón Castro MC, Galindo E, Patiño M, Serrano L, Carrillo RAJ, Pereyra-Alfárez B, Alcázar-Pizaña A, Luna-Olvera H, Galán-Wong L, Pardo L, Muñoz-Garay C, Gómez I, Soberón M y Bravo A. (2006). Los microorganismos en el control biológico de insectos y itopatógenos. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, 48 (2): 113-120.

Insuagro. (s/f). Manejo integrado y control del gusano cogollero en Maíz. Recuperado de: <http://www.insuagro.com.ar/images/pdf/informacion-tecnica/insecticidas-manejo-de-gusano-cogollero.pdf>

Jackson RE, Marcus MA, Gould F, Bradley Jr JR, Van Duyn JW. (2007). Cross-resistance responses of Cry1Ac selected *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to the *Bacillus thuringiensis* protein Vip3A. *Journal of Economic Entomology* 100:180–186.

Kruger M, Van Rensburg JBJ, Van den Berg J. (2012). Transgenic Bt maize: farmers' perceptions, refuge compliance and reports of stem borer resistance in South Africa. *Journal of Applied Entomology*, 136, 38–50. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01616.x>.

Leiva PD. (2013). Para poder usar insecticidas poco tóxicos hay que hacer inteligencia. Recuperado de: [http://inta.gob.ar/documentos/para-poder-usar-insecticidas-poco-toxicos-hay-que-hacerinteligencia/at\\_multi\\_download/file/INTA%20Pergamino%20Para%20usar%20insecticidas%20poco%20t%C3%B3xicos%20hay%20que%20hacer%20inteligenciaLeiva2013.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/para-poder-usar-insecticidas-poco-toxicos-hay-que-hacerinteligencia/at_multi_download/file/INTA%20Pergamino%20Para%20usar%20insecticidas%20poco%20t%C3%B3xicos%20hay%20que%20hacer%20inteligenciaLeiva2013.pdf)

Leiva PD. (2014). Oruga militar tardía *Spodoptera frugiperda* en maíces tardíos. Recuperado de:

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_pergamino\\_oruga\\_militar\\_tarda\\_spodoptera\\_frugipe.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pergamino_oruga_militar_tarda_spodoptera_frugipe.pdf)

Lewi D, Rubinstein C. (2010). Obtención de plantas resistentes a insectos. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Levitus G, Echenique V, Rubinstein C, Hopp E, Mroginski L. Buenos Aires, INTA: Parte V, Cap. 10: 495-506. Recuperado de: [www.argenbio.org/adc/uploads/Libro\\_INTA\\_II/Parte\\_V.pdf](http://www.argenbio.org/adc/uploads/Libro_INTA_II/Parte_V.pdf)

Lezaun J. (2015) Una plaga de alto impacto: Oruga militar o Gusano cogollero un problema para los cultivos de maíz y sorgo. Recuperado de: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>

Madrigal A. (2001). Fundamentos de control biológico de plantas. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Primera edición. Colombia.

Malqui RJ. (2015). Efecto de dos concentraciones de heterorhanditids spp. Sobre la mortalidad de ninfas de proarna bergi Dist. En esparrago UC 157 F2 en Ascope, La Libertad. Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. La Libertad – Peru .Management. *Pest Management Science*. 72: 131-139

Mascarin GM, Jaronski ST. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 32: 1-26

Mochizuki F, Fukumoto T, Noguchi H, Sugie H, Morimoto T, Ohtani K. (2002). Resistance to a mating disruptant composed of (Z)-11-tetradecenyl acetate in the

smaller tea tortrix, *Adoxophyes honmai* (Yasuda) (Lepidoptera: Tortricidae). *Appl. Entomol. Zool.* 37: 299-304.

Mora-Aguilera G, Cortez-Madrigal H, Acevedo-Sánchez G. (2017). Epidemiology of entomopathogens: Basis for rational use of microbial control of insects. *Southwestern Entomologist.* 42: 153-169.

Padilla Martin V et al. (2017). Bioinsecticidas. Universidad de la Laguna, Facultad de Ciencias Biológicas, España

Peralta R. (2014). Todo sobre la oruga cogollera. *Spodoptera frugiperda* Smith. Recuperado de: <http://agriculturers.com/todo-sobre-la-oruga-cogollera-spodoptera-frugiperda-smith/>

Pioneer. (2014) Manejo de gusano cogollero en cultivo de maíz. Recuperado de: [https://www.pioneer.com/cmroot/international/argentina\\_intl/agronomia/manejo\\_de\\_gusano\\_cogollero\\_en\\_maiz.pdf](https://www.pioneer.com/cmroot/international/argentina_intl/agronomia/manejo_de_gusano_cogollero_en_maiz.pdf)

Reddy GVP, Guerrero A. (2010). New pheromones and insect control strategies. *Vitamins and Hormones* 83: 493-519.

Sagadim IM, Gorla ED. (2002). Eficiencia de captura de adultos de Lepidoptera plagas de maíz (*Zea mays*) y de soja (*Glycine max*) en trampas de luz de vapor de mercurio y de luz negra en la región central de la provincia de Córdoba (Argentina). *Asociación Argentina de Ecología* 12:99-104.

Saluso A. (2014). Alerta por la aparición temprana de la "oruga cogollera" en maíz. *Boletín Entomológico- Informe Especial N° 161 Centro Regional Entre Ríos, INTA.* Recuperado de <https://www.forrattec.com.ar/manuales/pdfs/38-20141017144013-pdfEs.pdf>

Sassano F, Urretabizkaya N, Álvarez J. (2016). Respuesta de maíces Bt y no Bt ante la presencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) y evaluación del momento óptimo de control. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental* Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 3 (2) 2016: 18-29

Schnepf EN, Crickmore J, Van Rie D, Lereclus J, Baum J, Feitelson J, Zeigler DR, Dean DH. (1998). *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 62: 775–806

SENASA (2014). Ficha técnica- *B. bassiana*. Recuperado de: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Ficha-T%C3%A9cnica-Beauveria-bassiana.pdf>

Serrano M. (2004). Memorias XXXI Congreso. SOCOLEN. Sociedad colombiana de entomología. Colombia

Sosa Gómez D. (2018). Resistencia de *Spodoptera frugiperda* a cultivos Bt. XVI Jornadas Fitosanitarias Argentinas, San Miguel de Tucumán, Argentina

Svensson GP, Ryne C, Lofstedt C. (2002). Heritable variation of sex pheromone composition and the potential for evolution of resistance to pheromone-based control of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *J. Chem. Ecol.* 28: 1447-1461.

Tabashnik BE. (2008). Delaying insect resistance to transgenic crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19029–19030.

Tabashnik BE, Brévault T, Carrière Y. (2013). Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nature Biotechnology*, 31(6), 510–521. <https://doi.org/10.1038/nbt.2597>.

Urretabizkaya N; (2012). Manejo de plagas en cultivo de maíz. Cátedra de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.32-66

Valent Biosciencias. (2016). Ficha técnica Dipel WG. Recuperado de: <https://www.valent.cl/wp-content/uploads/2018/02/FIcha-T-DipelF-WG.pdf>

Valverde L, Berta C, Colomo VM, Virla E. (1999). Estados inmaduros de *Campoplex groti* (Blanchard) (Hym.: Ichneumonidae), parasitoide de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae). *Acta zoológica lilloana* (1): 117-127. San Miguel de Tucumán, Argentina.

Van Den Berg J. (2016). Insect Resistance Management in Bt Maize: Wild Host Plants of Stem Borers Do Not Serve as Refuges in Africa. *Journal of Economic Entomology*, 1–9. <https://doi.org/10.1093/jee/tow276>.

Willink E, Osorio VM, Costilla MA. (1991). El gusano “cogollero”. Nivel de Daño Económico. *Avance Agroindustrial*, 12(46), 25–26.

Witzgall P, Kirsch P, Cork A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*. 36: 80-100.