

## Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.)

Antonia Hernández-Trejo<sup>1</sup>  
Benigno Estrada Drouaillet<sup>1</sup>  
Raúl Rodríguez-Herrera<sup>2</sup>  
José Manuel García Giron<sup>1</sup>  
Sara Alejandra Patiño-Arellano<sup>3</sup>  
Eduardo Osorio-Hernández<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Matamoros s/n, Zona Centro Ciudad Victoria, Tamaulipas. CP. 87000. (antonyya-17@hotmail.com; benestrada@docentes.uat.edu.mx; ggiron@docentes.uat.edu.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Coahuila-Facultad de Ciencias Químicas. Blvd. V. Carranza y José Cárdenas s/n, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25000. (raul.rodriguez@uadec.edu.mx). <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera Mex-Tex km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (sarahlianpasa@gmail.com).

§Autor para correspondencia: eosorio@docentes.uat.edu.mx.

### Resumen

Los insectos plaga, son una de las principales limitantes en la producción del cultivo de maíz. Por lo cual, provocan daño en el desarrollo de la planta y por ende reducen el rendimiento. El gusano cogollero *Spodoptera fugiperda* J. E. Smith y *Heliothis zea* (Boddie), (Lepidoptera: Noctuidae) son las de mayor presencia en el cultivo de maíz. Para el control de estas y otras plagas, el control más usado son los insecticidas químicos; las principales desventajas de su uso han sido la contaminación al ambiente y la resistencia de los insectos plaga, esto ha ocasionado daño en el ambiente y resistencia. Una alternativa es la utilización de microorganismos entomopatógenos, depredadores o parasitoides. Dentro de estos se encuentran hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, y depredadores de la familia Coccinellidae como *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), siendo estas más utilizadas en el control biológico. Asimismo, algunos parasitoides como *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygasteridae). Por lo cual, las ventajas del control biológico es reducir niveles de infestación de plagas a una proporción que no causen daño económico, disminuir el espectro de acción y además no generan contaminación al ambiente. El control biológico depende en gran medida de las condiciones climáticas, etapa fenológica del cultivo y de la interacción entre las plagas y el hospedero.

**Palabras claves:** entomopatógeno, lepidóptero, parasitoide.

Recibido: febrero de 2019

Aceptado: mayo de 2019

## Introducción

El cultivo de maíz (*Zea mays* L) presenta diversos problemas fitosanitarios para su producción, dentro de las principales se encuentran las malezas, enfermedades e insectos plaga (Reséndiz *et al.*, 2016), estos últimos destacan debido al daño que ocasionan y se estima que provocan pérdidas en rendimiento de 30%, estos se presentan desde el establecimiento del cultivo hasta el almacenamiento del grano (Valdez-Torres *et al.*, 2012).

La incidencia de los insectos plaga y el daño que ocasionan en los cultivos, se da por diversos factores como las condiciones ambientales, fenología del cultivo (Ayala *et al.*, 2013) y hábitos del insecto plaga, ya sea alimenticios e inclusive características biológicas (Reséndiz *et al.*, 2016). Por otra parte, se reporta que el maíz es dañado por más de 70 especies de insectos plaga (Turrent *et al.*, 2010), estos poseen una gran diversidad, en cuanto a coloración, forma, tamaño o preferencia de diversos cultivos, lo anterior les permite ser diferenciados (Méndez y González, 2014). Además, según el daño que provoquen en la planta son clasificados como plagas de follaje, raíz, mazorca y grano (Turrent *et al.*, 2010).

Por otra parte, es importante mencionar que el principal método de control de insectos plaga son los insecticidas químicos (Pérez-Agís *et al.*, 2004; González-Maldonado *et al.*, 2015). Los efectos que posee la aplicación de productos químicos sobre los sistemas de producción agrícola han sido adaptados efectivamente, siendo una estrategia de amplio espectro y de acción rápida (Reséndiz *et al.*, 2016).

Esto último ha favorecido a la contaminación con diversos efectos en el ambiente, provocando eliminación de enemigos naturales e inclusive intoxicación a la salud humana (Trovo-Diéguez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2015) y además de ocasionar resistencia en plagas; ejemplo de esto último es la provocada por carbamatos y piretroides a *Spodoptera fugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (León-García *et al.*, 2012). Es importante resaltar, que los efectos adversos ocasionados por la aplicación de insecticidas químicos son debido al uso irracional con el que se utilizan, ya que, no se consideran los niveles de infestación por los insectos plaga (Cano *et al.*, 2004).

Por todo lo anterior, es conveniente realizar algunas alternativas de control, para reducir el uso de insecticidas como el control físico, natural y biológico consideradas como alternativas eficientes (Ángel-Ríos *et al.*, 2015). El control biológico es considerado una alternativa viable y segura para el ambiente (Cano *et al.*, 2004) este se basa en utilizar organismos vivos sobre insectos plaga (Carreras, 2011). De estos se mencionan a los microorganismos entomopatógenos como las bacterias, donde se reporta que *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (González-Maldonado *et al.*, 2015), la cual es utilizada en gran medida para el control de insectos plaga, la cual tiene la característica de presentar efecto al ser ingerida por el insecto, esta bacteria produce una parálisis intestinal e impidiendo que siga alimentándose (Jojoa-Bravo y Salazar-González, 2011).

Por otro lado, el uso de hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (agente causal de la muscardina verde), causa en el insecto la pérdida de movilidad y coordinación, cese de alimentación, provocándole finalmente la muerte (Ángel-Ríos *et al.*, 2015). Asimismo, los virus entomopatógenos poseen alta virulencia en algunos insectos causantes de pérdidas en producción de maíz, como plagas del orden Lepidoptera (Gómez *et al.*, 2010).

Por otra parte, los parasitoides han sido exitosos en el control de insectos plaga como *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae), el cual es parasitoide en etapa de huevo (Farhat *et al.*, 2013). De la misma forma, insectos depredadores, como las catarinitas (Coleoptera: Coccinellidae), crisopas (Neuroptera: Chrysopidae) (Figura 1) y sírfidos (Diptera: Syrphidae) como reguladores de poblaciones de insectos plaga (García-Gutiérrez *et al.*, 2012).



**Figura 1.** *Chrysoperla carnea* asociada al control de plagas (a) y *Cycloneda sanguinea* (b).

### **Problemática por la aplicación de insecticidas químicos sobre insectos plaga en maíz**

El maíz posee gran diversidad biológica, por lo cual es cultivado en diversos ambientes (Reséndiz *et al.*, 2014). Referente a su importancia económica y cultural, el maíz se produce en grandes cantidades, de ahí la importancia como alimento básico en México (Ángel-Ríos *et al.*, 2015). Sin embargo, este cultivo es susceptible a insectos plaga y enfermedades (Ramírez-Díaz *et al.*, 2015), a pesar que los insecticidas químicos tienen efecto sobre su control, ya que disminuyen las densidades de población y a veces otra especie plaga tiene presencia (Troyo-Diéguez *et al.*, 2006).

Debido a esto, las plagas consideradas ocasionales han pasado a ser primarias y por ende han provocado pérdidas importantes (González-Maldonado *et al.*, 2015). Se estima que para el control del gusano cogollero siendo una de las plagas de mayor incidencia en el cultivo de maíz, se realizan aplicaciones de insecticidas químicos en alrededor de 4 millones de hectáreas (Blanco *et al.*, 2010). Por lo que, además se estima que cerca de los 2 600 t de insecticida químicos son destinadas hacia *S frugiperda*, lo cual se menciona para el estado de Sinaloa quienes entre 2007 a 2011, se establecieron 500 000 hectáreas anuales, todo esto nos da un panorama de la cantidad de aplicaciones realizadas, así como a la superficie a la cual se destina (Cortez-Mondaca *et al.*, 2012).

Esto es un panorama de las grandes cantidades de agroquímicos empleados para el control de diversas especies de insectos plaga, por lo que se ha observado esta problemática con la opción de darle un valor agregado al utilizar alternativas no convencionales como el control biológico, al ser considerados como un cultivo orgánico, libre de productos químicos (Duarte, 2012).

### **Factores que influyen en el crecimiento de las poblaciones de insectos plaga**

Las condiciones ambientales tienen una influencia importante en el crecimiento poblacional de las plagas (Reséndiz *et al.*, 2016). Por otra parte, se conoce que el cambio climático provoca la alteración en la distribución, la incidencia y la intensidad de plagas (Grageda *et al.*, 2014), por ello

se consideran que es importante predecir la relación que existen entre la etapa fenológica del cultivo y la plaga (Méndez y González, 2014). Por otra parte, un factor que interviene en la presencia y abundancia para que el insecto plaga tenga presencia con las siembras de monocultivo (Cortez-Mondaca *et al.*, 2012).

Además, cuando se realizan las aplicaciones químicas indiscriminadas, provocan que existan organismos resistentes y su reproducción se ve incrementada (Murguido y Elizondo, 2007). Los modelos de predicción se utilizan como pronóstico, para después llevar a cabo un método de control óptimo; tomando en cuenta la relación entre la presencia de la plaga, fenología del cultivo y temperatura como un factor importante (Valdez-Torres *et al.*, 2012).

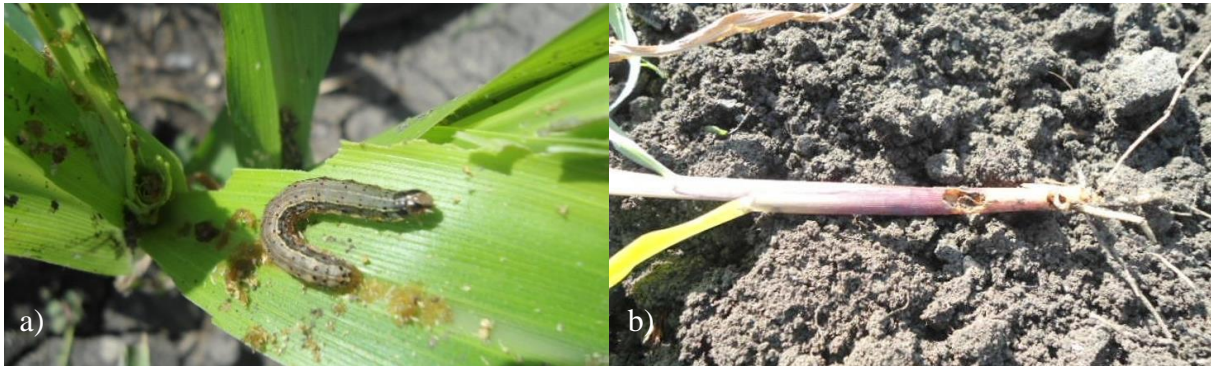
### Principales plagas del maíz

Se consideran más de 80 especies o complejos de especies plagas en el cultivo de maíz y alrededor de 50 plagas consideradas como ocasionales (Cuadro 1) (Fernández, 2002). Por otra parte, se considera a *S. frugiperda* (Figura 2) como el insecto plaga más importante en el cultivo de maíz (Rangel *et al.*, 2014). Este insecto se alimenta de las primeras etapas vegetativas (cogollo y hojas tiernas) hasta defoliarla completamente (Valdez-Torres *et al.*, 2012). Dicha plaga está presente todo el año, por lo que adicionalmente ataca tallo y mazorca compitiendo con el gusano elotero *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) (González-Maldonado *et al.*, 2015). Por otro lado, el gusano soldado *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) es una plaga que ataca a la hoja y mazorca del maíz, tiene un ciclo de vida completo, se desarrolla entre 15-25 días, posteriormente pasa por cinco estadios larvarios (García-Gutiérrez *et al.*, 2012; González-Maldonado *et al.*, 2015).

**Cuadro 1. Insectos plaga potenciales en maíz.**

Plaga	Etapas fenológica	Estado biológico (daño)	Control biológico	Autor
Gusano cogollero <i>S. frugiperda</i>	Toda la etapa fenológica	Larva	<i>Chelonus insularis</i> , <i>T. remus</i> y <i>M. anisopliae</i>	Lugo-García <i>et al.</i> (2012); González-Maldonado <i>et al.</i> (2015); Ordóñez-García <i>et al.</i> (2015); Lezema <i>et al.</i> (2005)
Gusano trozador <i>Agrotis ipsilon</i>	Germinación, desarrollo vegetativo	Larva	<i>B. thuringiensis</i>	Jojoa-Bravo y Salazar-González (2011); García-Gutiérrez <i>et al.</i> (2012)
Gusano elotero <i>H. zea</i>	Floración, maduración	Larva	<i>Trichogramma</i> sp.	García-Gutiérrez <i>et al.</i> (2012)
Mosca de los estigmas <i>E. stigmatias</i>	Maduración	Adulto	<i>Orius insidiosus</i> y <i>Spalangia</i> spp.	Camacho-Báez <i>et al.</i> (2012); Farhat <i>et al.</i> (2013)
Gusano soldado <i>S. exigua</i>	Germinación, desarrollo vegetativo	Larva	<i>B. thuringiensis</i> , <i>Telenomus</i> sp. y <i>Heterorhbditis bacteriophora</i>	Vázquez <i>et al.</i> (2010); García-Gutiérrez <i>et al.</i> (2012)





**Figura 2. Daño por gusano cogollero (a) y daño por gusano alfilerillo (b).**

Otra plaga que daña el maíz, especialmente la zona radicular es la gallina ciega *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Melolonthidae), el daño lo causa en etapa larval, provocando que se pierda la germinación y se desarrollen plantas raquíticas, su ciclo biológico dura alrededor de 1 ó 2 años pasando por diversos estadios (Lugo-García *et al.*, 2012). Otra de las plagas rizófagas del maíz conocido como diabrotica o gusano alfilerillo *Diabrotica virgifera zea* Krysan y Smith (Coleoptera: Chrysomelidae) (Figura 2), provoca daño en el desarrollo del cultivo alimentándose de raíces, presenta varios estadios y su ciclo biológico es alrededor de 45 días (Pérez *et al.*, 2006).

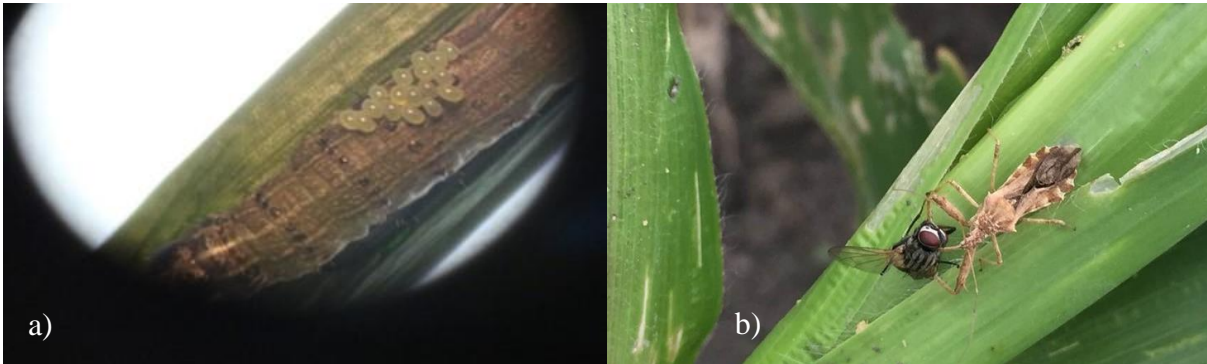
Por otro lado, *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie polífaga que afecta a diversos cultivos, los daños lo ocasionan las larvas en granos de elote y mazorca, la etapa larval es 16 días, presenta hábitos canibalísticos y además propicia la aparición de otras plagas (García-Gutiérrez *et al.*, 2012), como la mosca de los estigmas *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera; Otitidae= Ulidiidae), la cual ocasiona pudriciones que afectan calidad del elote y rendimiento del grano, el daño lo causa en estado de larva, se estima que alrededor de 70% son las pérdidas, en ciclos con condiciones favorables (Camacho-Báez *et al.*, 2012).

### Control biológico de insectos plaga

Particularmente el control biológico es una alternativa viable, contribuye a la sustentabilidad y no afecta al ambiente (Hernández-Velázquez *et al.*, 2011). El interés que se ha observado en cuanto a la utilización de agentes de control biológico es debido a la demanda de estos, ya que han sido creados centros de reproducción de organismos benéficos (Salas-Araiza y Salazar-Solís, 2003). Por lo que, insectos parasitoides, depredadores y microorganismos patógenos (Rios *et al.*, 2017), se utilizan con la finalidad de disminuir las poblaciones de insectos plaga a un nivel en el que no ocasione daño económico (Vázquez-Ramírez *et al.*, 2015).

Los parasitoides son considerados insectos con una actividad amplia, debido a su diversa capacidad de búsqueda, se les confiere la capacidad de reproducción y así darle continuidad a la especie (Salas-Araiza y Salazar-Solís, 2003). Por su parte, los depredadores son un grupo de organismos que consumen diferentes insectos plaga y considerados como generalistas, destacan las catarinas en sus diversos colores como los de la familia Coccinellidae; son utilizadas para el control de huevo de Lepidópteros (Hernández-Trejo *et al.*, 2018). Además, los microorganismos entomopatógenos como bacterias, virus y hongos son utilizados (Vázquez-Ramírez *et al.*, 2015). De manera que no presentan riesgo al ambiente ni efectos nocivos en la salud humana; además que poseen control adecuado y fortalecen las prácticas de un manejo integrado de plagas (Rios *et al.*, 2017).

Está claro que la intención que ejerce el uso del control biológico en población de plagas tiene como enfoque primordial complementar no sustituir (Gallegos *et al.*, 2003; Murguido y Elizondo, 2007). Además de reducir riegos de resistencia y la cantidad de aplicaciones químicas en los cultivos (Carreras, 2011). Por lo que es evidente los resultados que ha demostrado la liberación de parasitoides de huevos de insectos plaga en campo (Figura 3), y donde ha causado más de 80% de mortalidad sobre la etapa de huevo de *S. frugiperda* (Farhat *et al.*, 2013).



**Figura 3.** Huevecillos de parasitoide sobre *S. frugiperda* (a) y depredación de moscas por chiche (b).

### Entomopatógenos para el control de plagas en maíz

Los hongos entomopatógenos son microorganismos que poseen la particularidad de parasitar a diferentes grupos de insectos e inclusive a algunos artrópodos; el ciclo biológico de estos comprende dos fases: la primera parasítica y la segunda saprofita (Schapovaloff *et al.*, 2015). Algunos de estos como *M. anisopliae* el cual es considerado uno de los principales hongos entomopatógenos que controlan algunas plagas de Lepidópteros de importancia agrícola (Acuña *et al.*, 2015) y principalmente se alimentan de estados larvales (Del Rincón-Castro *et al.*, 2006).

Se conoce que existe diferentes grupos de hongos entomopatógenos con más de 750 especies, los cuales se encuentran en el ambiente (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011), además del suelo que también constituye un reservorio para diferentes hongos y que contribuyen a la regulación de poblaciones de insectos plaga (Schapovaloff *et al.*, 2015). Los géneros considerados de los más importantes son: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, entre otros (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

En México, diversos estudios han constatado la presencia de hongos entomopatógenos como *M. anisopliae*, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Paecilomyces* sp., en cultivos de maíz (Hernández-Velázquez *et al.*, 2011). En cuanto al control biológico que se ejerce sobre algunos insectos plaga, los hongos entomopatógenos *Metarhizium* y *Paecilomyces* han sido utilizados sobre larvas de como *S. frugiperda* (Ángel-Ríos *et al.*, 2015). Asimismo, *B. bassiana* es conocida por su amplio rango de hospederos, desarrolla un micelio blanco que cubre al insecto después de haberse infectado y se ha evaluado sobre larvas de *Galleria mellonella* (Gallegos *et al.*, 2003). *Isaria fumosoroseus* (antes conocido como *Paecilomyces fumosoroseus*) por su parte es encontrado afectando insectos plaga y ha sido considerado como agente de control potencial debido a que no afecta a otros insectos benéficos (Flores *et al.*, 2013).

Estos microorganismos patógenos son efectivos en el control de insectos plaga (Rios *et al.*, 2017), sin embargo, es importante destacar que para ello es necesario el desarrollo de las condiciones que requieren para su reproducción, además de considerar el manejo que se le haya dado en la preparación hasta la aplicación del mismo (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011; Ángel-Ríos *et al.*, 2015). Por todo lo anterior, es importante mencionar que estos microorganismos son de los más utilizados para el control de insectos plaga (Rios *et al.*, 2017).

Los virus entomopatógenos son otro grupo de organismo que causan epizootias sobre insectos plaga y la infección viral ocurre por vía oral, a través de la ingestión del alimento contaminado con cuerpos de oclusión virales (Cano *et al.*, 2004). Se reportan que al menos 12 familias de virus infectan a insectos y a algunos artrópodos, siendo los de la familia Baculoviridae los más estudiados, estos afectan a larvas de insectos plagas como *S. frugiperda* (Rios *et al.*, 2017).

Dentro de los microorganismos de bacterias, la de mayor consideración es *Bacillus thuringiensis*, la cual posee una toxicidad selectiva debido a que tiene un amplio espectro, especialmente una especificidad para insectos lepidópteros (Sauka y Benintende, 2008). Es utilizada para el control del gusano trozador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) (Jojoa-Bravo y Salazar-González, 2011). Por lo cual, el control biológico a base de microorganismos entomopatógenos en el combate de insectos plaga es promisorio, debido a que ocasionan mortandad en diferentes etapas biológicas (Lezama *et al.*, 2007).

### **Enemigos naturales para el control de plagas en maíz**

Los enemigos naturales, forman parte importante de la regulación de insectos plaga y se presentan de manera natural en cultivos de maíz, tanto depredadores como parasitoides (Hernández-Trejo *et al.*, 2018). Debido a la diversidad de enemigos naturales, hábitos, ciclo de vida, metabolismo, entre otros, cada una de las plagas puede ser controlada por diversos depredadores o parasitoides, siendo algunos específicos (Hernández-Velázquez *et al.*, 2012).

Dentro de la gran diversidad de insectos que afectan al maíz se encuentra la mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias*) (Figura 3), y es parasitada por diversas especies como algunas avispa del género *Spalangia* (Hymenoptera: Pteromalidae) específicamente en etapa de pupas, esta mosca se introduce y deposita sus huevos dentro de esta (Camacho-Báez *et al.*, 2012). Para el caso de *S. frugiperda* es parasitado por varias especies como *Chelonus insularis* Cresson y por *Meteorus* sp., (Nees) (Rios *et al.*, 2017) y además la familia Ichneumonidae destacan las especies *Campoletis sonorensis* (Cameron), también avispias como algunas especies del género *Trichogramma* son los parasitoides más utilizados en el control biológico de lepidópteros (Hernández-Trejo *et al.*, 2018). aunado a esto, se han diseñado programas mediante la liberación de parasitoides, como *Telenomus remus*, para el control biológico de *S. frugiperda*, con resultados satisfactorios (Farhat *et al.*, 2013). Por otro lado, para el control del *H. zea*, se ha reportado el parasitoide *Cotesia marginiventris* Cresson, (Hymenoptera: Braconidae) (García-Gutiérrez *et al.*, 2012).

Los depredadores son considerados insectos polívoros, de modo que son menos específicos que los parasitoides, de estos destaca los hemimetábolos, el orden Hemiptera es uno de los más efectivos, sobresaliendo la familia Pentatomidae, Lygaeidae, Nabidae, Miridae, entre otros (Rios *et al.*, 2017). Ejemplo de estos es la chinche pirata (*Orius insidiosus*) (Say) (Hemiptera: Anthracoridae) el cual es depredador de la mosca de los estigmas en diferentes estados biológicos y por lo que se considera

promisorio para ser utilizado como agente de control biológico, además de que se ha observado que se alimenta de huevos de lepidópteros; la chinche asesina *Sinea* sp., (Hemiptera: Reduviidae) que depreda larvas de *S. frugiperda* (Camacho-Báez *et al.*, 2012).

Asimismo, los holometábolos destacan del orden Diptera, Coleoptera, Neuroptera, e Hymenoptera (Ríos *et al.*, 2017), como ejemplo, esta *Trichogramma* sp., (Hymenoptera: Trichogrammatidae) como enemigos naturales de lepidópteros. Por tanto, los depredadores considerados generalistas, siguen jugando un papel importante, ya que en diversos estados biológicos del cultivo de maíz (García-Gutiérrez *et al.*, 2012).

## Conclusiones

El maíz es afectado por una amplia diversidad de insectos plaga, existen plagas primarias y secundarias, todas presentes en diferentes etapas vegetativas, causantes de daños en menor y mayor proporción. Existe una gran diversidad y abundancia de parasitoides, depredadores y microorganismo entomopatógenos, en contraste con lo anterior dependerá del insecto plaga a combatir y de las condiciones en las cuales se quiera ejercer el control biológico, los cuales pueden ser considerados como parte de un programa de control biológico.

Razón por la cual se debe considerar un control menos agresivo con el ambiente como el control biológico, siendo una alternativa factible que contribuye a la sustentabilidad que además busca reducir el número de aplicaciones químicas. Sin embargo, el control biológico no es del todo aceptable, debido al tiempo requerido para ejercer su acción, lo cual se prolonga más en comparación a los químicos. Sin embargo, a pesar de ello se ha considerado la agricultura orgánica, debido la demanda de productos sin aplicaciones químicas.

## Literatura citada

- Acuña, J. M.; García, G. C.; Rosas, G. N. M.; López, M. M. y Saínz, H. J. C. 2015. Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). Rev. Inter. Contam. Amb. 31(3):219-226.
- Ángel-Ríos, M. D.; Pérez-Salgado, J. y Morales, F. J. 2015. Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), del maíz en el estado de Guerrero. Entomol. Mex. 2:260-265.
- Ayala, R. O.; Navarro, F. and Virla, E. G. 2013. Evaluation of the attack rates and level of damages by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), affecting corn-crops in the northeast of Argentina. Rev. Fac. Cienc. Agr. 45(2):1-12.
- Blanco, C. A.; Portilla, M.; Jurat-Fuentes, J. L.; Sánchez, J. F.; Viteri, D.; Vega-Aquino, P.; Terán-Vargas, A. P.; Azuara-Domínguez, A.; López, J. D.; Arias, R.; Yu-Cheng, Z.; Lugo-Barrera, D. and Jackson, R. 2010. Susceptibility of isofamilies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Cry1Ac and Cry1Fa proteins of *Bacillus thuringiensis*. Southwestern Entomol. 35(3):409-415.
- Camacho-Báez, J. R.; García-Gutiérrez, C.; Mundo-Ocampo, M.; Armenta-Bojorquez, A. D.; Nava-Pérez, E.; Valenzuela-Hernández, J. I. y González-Guitrón, U. 2012. Enemigos naturales de las moscas de los estigmas del maíz: *Euxesta stigmatias* (Loew), *Chaetopsis massyla* (Walker) y *Eumecosomyia nubila* (Wiedemann) en Guasave Sinaloa, México. Ra Ximhai. 8(3b):71-77.



- Cano, E.; Carballo, M.; Chaput, P.; Fernández, O.; González, L.; Grueber, A. K., Guharay, F.; Hidalgo, E.; Narváez, C.; López, P. J. A.; Rizo, C.; Rodríguez, A.; Rodríguez, C. y Salazar, D. 2004. Control biológico de plagas agrícolas. INPASA. Managua. 232 p.
- Carreras, S. B. 2011. Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 12(2):129-133.
- Cortez-Mondaca, E.; Pérez-Márquez, J. y Bahena-Juárez, F. 2012. Control biológico natural de gusano cogollero (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz y en sorgo, en el norte de Sinaloa, México. Southwestern Entomologist Scientific Note. 37(3):423-428.
- Del Rincón-Castro, M. C.; Méndez-Lozano, J. e Ibarra, J. E. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Folia Entomol. Mex. 45(2):157-164.
- Duarte, C. F. 2012. El control biológico como estrategia para apoyar las exportaciones agrícolas no tradicionales en Perú: un análisis empírico. Contabilidad y Negocios. 14(7):81-100.
- Farhat, P. A.; De Freitas, B. A.; Oliveira, F. B. R. C.; De Oliveiras, M. J. A. y Prado, F. F. A. C. 2013. Releasing number of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygasteridae) against *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in corn, cotton and soybean. Ciencia Rural. 43(3):377-382.
- Fernández, J. L. 2002. Nota corta: estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. Inv. Agron. 17(3):467-474.
- Flores, M. F.; Pucheta, D. M.; Ramos-López, M. R.; Rodríguez, N. S.; Ramos, E. G. y Juárez, R. D. 2013. Estudio del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea* como control microbiológico de la mosquita blanca *Bemisia tabaci*. Interciencia. 38(7):523-527.
- Gallegos, M. G.; Cepeda, S. M. y Olayo, P. R. P. 2003. Entomopatógenos. Trillas, México, DF. 148 p.
- García-Gutiérrez, C.; González-Maldonado, M. B. y Cortez-Mondaca, E. 2012. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Ra Ximhai. 8(3b):57-70.
- Gómez, V. J. A.; Guevara, A. E. J.; Barrera C. G. P.; Cotes, P. A. M. y Villarreal, R. L. F. 2010. Aislamiento, identificación y caracterización de nucleopoliedrovirus nativos de *Spodoptera frugiperda* en Colombia. Rev. Fac. Nac. Agron. 63(2):5511-25520.
- González-Maldonado, M. B.; Gurrola-Reyes, J. N. y Chaírez-Hernández, I. 2015. Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Colomb. Entomol. 41(2):200-204.
- Grageda, G. J.; Ruiz, C. J. A.; Jiménez, L. A. y Fu, C. A. A. 2014. Influencia del cambio climático en el desarrollo de plagas y enfermedades de cultivos en Sonora. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 10:1913-1921.
- Hernández-Trejo, A.; Osorio-Hernández, E.; López-Santillán, J. A.; Ríos-Velasco, C.; Varela-Fuentes, S. E. y Rodríguez-Herrera, R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Agroproductividad. 11(1):9-14.
- Hernández-Velázquez, V. M.; Cervantes, E. Z.; Villalobos, F. J.; Lina G. L. y Peña, C. G. 2011. Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 27(3):591-599.
- Jojoa-Bravo, C. J. y Salazar-González, C. 2011. Evaluación *in vitro* de insecticidas biorracionales para el control de *Agrotis ipsilon* Hüfnagel. Rev. Cienc. Agríc. 28(1):53-63.

- León-García, I.; Rodríguez-Leyva, E.; Ortega-Arenas, L. D. y Solís-Aguilar, J. F. 2012. Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a insecticidas asociada a césped en Quintana Roo, México. *Agrociencia*. 46(3):279-287.
- Lezama, R.; Molina, J.; López, M.; Pescador, A.; Galindo, E.; Ángel, C. A. y Michel, C. A. 2005. Efecto del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. *Av. Inves. Agrop.* 9(1):069-074.
- Lugo-García, G. A.; Ortega-Arena, L. D.; Aragón-García, A.; González-Hernández, H.; Romero-Nápoles, J.; Reyes-Olivas, A. y Morón, M. A. 2012. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociadas al cultivo de maíz en Ahome, Sinaloa, México. *Agrociencia*. 46(3):307-320.
- Méndez, B. A. y González, P. Y. M. 2014. Plagas asociadas al cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en un área del estado Aragua, Venezuela. *Fitosanidad*. 18(3):175-179.
- Motta-Delgado, P. A. y Murcia-Ordoñez, B. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Revista Ambiente e Agua* 6:77-90.
- Murguido, M. C. A. y Elizondo, S. A. I. 2007. El manejo integrado de plagas de insectos en Cuba. *Fitosanidad*. 11(3):23-28.
- Ordóñez-García, M.; Bustillos-Rodríguez, J. C.; Loya-Márquez, J.; Ríos-Velasco, C. y Jacobo-Cuellar, J. L. 2015. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Chihuahua, México. *Métodos en Ecología y Sistemática*. 10(1):67-72.
- Pérez, D. J. F.; Romero R. F.; Soltero, D. L. y Álvarez, Z. R. 2006. Susceptibilidad en híbridos de maíz a diabrotica (*Diabrotica virgifera zea*) en México. *Agric. Téc. Méx.* 32(2):143-151.
- Pérez-Agis, E.; Vázquez-García, M.; González-Eguiarte, D.; Pimental-Barrios, E.; Nájera-Rincón, M. B. y Torres-Morán, P. 2004. Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica. *Terra Latinoam.* 22(3):335-341.
- Ramírez-Díaz, J. L.; Ledesma-Miramontes, A.; Vidal-Martínez, V. A.; Gómez-Montiel, N. O.; Ruiz-Corral, J. A.; Velázquez-Cardelas, G. A.; Ron-Parra, J.; Salinas-Moreno, Y. y Nájera-Calvo, L. A. 2015. Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):119-131.
- Rangel, N. J. C.; Vázquez R. M. F. y Del Rincón, C. M. C. 2014. Caracterización biológica y molecular de cepas exóticas de baculovirus SfNPV, con actividad bioinsecticida hacia una población mexicana del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Interciencia*. 39(5):320-326.
- Reséndiz, R. Z.; López S. J. A., Briones, E. F.; Mendoza, C. M. C. y Varela, F. S. E. 2014. Situación actual de los sistemas de producción de grano de maíz en Tamaulipas, México. *Investigación y Ciencia*. 22(62):69-75.
- Reséndiz, R. Z.; López, S. J. A.; Osorio, H. E.; Estrada D. B., Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. 2016. Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 20(59):3-14.
- Rios, V. C.; Bustillos, R. J. C.; Ordoñez, G. M.; Ruiz, C. M. F.; Berlanga, R. D. I.; Ornelas, P. J. J.; Zamudio, F. P. B.; Acosta, M. C. H.; Olivas, O. G. I.; Sepúlveda, A. D. R.; Salas, M. M. A.; Jacobo, C. J. L.; Cambero, C. O. J. y Gallegos, M. G. 2017. Manual de uso y aplicación de bioinsecticidas microencapsulados para el manejo de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea*. Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, A.C. Unidad Cuauhtémoc 56 p.
- Salas-Araiza, M. D. y Salazar-Solís, E. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria*. 13(1):29-35.

- Santos, C. G. D.; Wanderley, T. V.; Vargas, de O. J.; Aguiar, C. T. A.; Correia, A. A.; de Souza, A. T. J.; Magliano, da C. F. and Oliveira, B. M. 2015. Histological and histochemical changes by clove essential oil upon the gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Inter. J. Morphol.* 33(4):1393-1400.
- Sauka, D. H. y Benintende, G. B. 2008. *Bacillus thuringiensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. *Rev. Argentina Microbiol.* 40(2):124-140.
- Schapoval, M. E.; Angeli, A. L. F.; Urrutiaco, M. I. y López, L. C. C. 2015. Ocurrencia natural de hongos entomopatógenos en suelos cultivados con yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) en Misiones, Argentina. *Rev. Argentina Microbiol.* 47(2):138-142.
- Troyo-Diéguez, E.; Servín-Villegas, R.; Loya-Ramírez, J. G.; García-Hernández, J. L.; Murillo-Amador, B.; Nieto-Garibay, A.; Beltrán, A.; Fenech, L. y Arnaud-Franco, G. 2006. Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible. *Universidad y Ciencia.* 22(2):191-203.
- Turrent, F. A.; Cortes, F. J. I.; Espinosa, C. A.; Mejía, A. H. y Serratos, H. J. A. ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? 2010. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(4):613-646.
- Valdez-Torres, J. B.; Soto-Landeros, F.; Osuna-Enciso, T. y Báez-Sañudo, A. M. 2010. Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia.* 46(2):399-410.
- Vásquez, J.; Zeddám, J. L. y Tresierra, A. A. 2002. Control biológico del “cogollero del maíz” *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) con el baculovirus SFVPN, en Iquitos-Perú. *Folia Amazónica.* 13(1-2):25-39.
- Vázquez, M. L. L.; Caballero, F. S.; Carr, P. A.; Gil, M. J.; Armas, G. J. L.; Rodríguez, F. A.; Becerra, B. M.; Rodríguez, R. L. A.; Granda, S. R.; Corona, S. T.; Fumero, M. M.; Peña, R. M.; Essen, C. I.; Leyva, C. L.; Concepción, P. E.; Ramos, T. T. y Corbea, S. O. 2010. Diagnóstico de la utilización de entomófagos y entomopatógenos para el control biológico de insectos por los agricultores en Cuba. *Fitosanidad.* 14(3):159-169.