

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto del Maíz Genéticamente Modificado Sobre la Diversidad y Abundancia de  
Enemigos Naturales no Blanco

Por:

**ALONSO VILLATORO VENTURA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto del Maiz Genéticamente Modificado Sobre la Diversidad y Abundancia de  
Enemigos Naturales no Blanco

Por:


**ALONSO VILLATORO VENTURA**


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de


**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe  
Asesor Principal Interno

  
Dra. Miriam Sánchez Vega  
Asesor Principal Externo

  
Dr. Agustín Hernández Juárez  
Coasesor

  
Dr. Mariano Flores Dávila  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2020

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe por haberme dado la dicha de vivir esta vida y cumplir una de tantas de mis metas.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme dado la oportunidad de residir en esta gran institución, al Departamento de Parasitología, por el apoyo, asistencia y orientación durante mis estudios de licenciatura.

Mi especial agradecimiento al **Dr. Agustín Hernández Juárez** por todo el tiempo de amistad como mi tutor, buenos consejos, orientación en mis trabajos y por participar en esta fase terminal de mi formación estudiantil.

Al **Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe**, al **Dr. Mariano Flores Dávila** por su apoyo y colaboración en este trabajo que siempre les estaré agradecido.

**Dra. Miriam Sánchez Vega**, por los buenos consejos dentro y fuera del aula y enseñanzas adquiridas en clase. Por su apoyo y colaboración en este trabajo que siempre les estaré agradecido.

Agradezco a mis maestros del Departamento como de otras áreas, por los conocimientos transmitidos a lo largo de estancia como estudiante que son el legado que me llevare de la universidad y servirá de apoyo en mi vida profesional.

A todos mis compañeros y amigos de licenciatura en especial a **Librado Castillo Rodríguez, Juan Manuel Juárez Ozuna, Ricardo Zayit Luviano Jaimes, María Elena Hernández Araiza y José Iver Velasco Pérez** por el apoyo en los cursos que llevamos juntos, durante los trabajos y tareas realizados buenos momentos y principalmente por la amistad brindada que nunca olvidare.

A dos personas especiales a la **Sra. María Guadalupe Praga Gámez y al Ing. Adrián Sánchez Praga** por el cariño brindado a la hora de llegar a Saltillo sin conocer a nadie y brindarme la hospitalidad en su casa al empiezo de la carrera y cobijarme como alguien más de su familia.

A mi novia **Itzel Estefanía Medina Leza** gracias por el apoyo y amor incondicional que me sirvieron en una parte importante de mi formación universitaria.

A la compañía Syngenta Agro S.A de C.V., de México, por el apoyo con los materiales genéticos para la realización de la presente investigación.

## DEDICATORIA

**A mi madre, María Tomasa Ventura López.** Quien nunca me ha dejado solo y siempre me han apoyado en todo, a lo largo de mi vida, con sus buenos consejos, orientación y amor. A quien le dedico mis victorias y metas cumplidas y por cumplir. La amo demasiado.

**A mi padre, Alberto Villatoro Ventura.** Por el apoyo en todo, a lo largo de mi vida, con sus buenos consejos, orientación y amor. A quien le dedico mis victorias y metas cumplidas y por cumplir. Lo amo demasiado.

**A mis hermanos, Vicente, Alberto y Ana Villatoro Ventura.** Porque con ellos crecí y compartí grandes momentos, aprendí que el apoyo de hermanos siempre es importante y que siempre contare con ellos.

**A mis abuelos, Vicente Ventura y Silvia López.** Gracias por el apoyo y el cariño brindado a lo largo de mi vida.

**A mis abuelos, Alberto Villatoro y Florentina Antonio.** Gracias por el apoyo y el cariño brindado a lo largo de mi vida.

**A mis tías y tíos. Floridalma, Elí Juan, Sandra, Corynda, Guadalupe, Esther y Lupita** Gracias por el apoyo y el cariño brindado a lo largo de mi vida.

**A mis padrinos, Yuri e Ismael.** Por los buenos consejos y apoyo brindado.

**EN ESPECIAL A MI TIO EL ING. JOSE ANTONIO CUADROS.** Por ser la persona que me ayudo a ser un buitre y gracias por el apoyo y el cariño brindado.

**“POR USTEDES Y PARA USTEDES”**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>3</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
El Cultivo de Maíz .....	4
Generalidades .....	4
Descripción botánica.....	4
Importancia del maíz.....	6
Plagas del maíz .....	7
Organismos Genéticamente Modificados .....	9
Generalidades .....	9
Adopción y situación actual de los cultivos genéticamente modificados .....	9
Cultivos genéticamente modificados para resistencia a insectos en México .....	11
Maíz Transformado con la Tecnología Bt .....	12
Control de lepidópteros plaga con maíz Bt .....	13
Maíz transgénico evento Agrisure™ 3000 GT .....	13
Maíz transgénico evento Agrisure® Viptera™ 3110 .....	13
Maíz transgénico evento Agrisure® Viptera™ 3111 .....	14
<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt).....	14
Modo de acción de <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	14
Importancia de <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	15
Diversidad de Artrópodos en los Agroecosistemas.....	15
Artrópodos no blancos en el maíz transgénico con la tecnología Bt.....	16
Impacto del maíz con la tecnología Bt sobre los artrópodos no blanco .....	16
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>47</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Depredadores en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3110 y sus convencionales. Localidad Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011. ....	27
<b>Cuadro 2.</b> Depredadores en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales. Localidad Navolato, Sinaloa, México, 2012.....	30
<b>Cuadro 3.</b> Depredadores en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional. Localidad El Dorado, Sinaloa, México, 2012. ....	31
<b>Cuadro 4.</b> Depredadores en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Comunidad El Camalote, Sinaloa, México, 2013. ....	33
<b>Cuadro 5.</b> Depredadores en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Localidad Oso Viejo, Sinaloa, México, 2013. ....	34
<b>Cuadro 6.</b> Parasitoides en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3110 y sus convencionales. Localidad Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011. ....	36
<b>Cuadro 7.</b> Parasitoides en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales. Localidad de Navolato, Sinaloa, México, 2012. ....	37
<b>Cuadro 8.</b> Parasitoides en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional. Localidad El Dorado, Sinaloa, México, 2012. ....	38
<b>Cuadro 9.</b> Parasitoides en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Localidad El Camalote, Sinaloa, México, 2013. ....	39
<b>Cuadro 10.</b> Parasitoides en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Localidad Oso Viejo, Sinaloa, México, 2013. ....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fenología del maíz.....	6
<b>Figura 2.</b> Los 5 principales condados que plantaron cultivos biotecnológicos en 2018 (área y tasa de adopción).....	10
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure™ 3000 GT y su convencional. Localidad de Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011.....	26
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3110 y su convencional. Localidad Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011.....	27
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure™ 3000 GT y su convencional. Localidad Navolato, Sinaloa, México, 2012.....	28
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y su convencional. Localidad Navolato, Sinaloa, México, 2012.....	29
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y su convencional. Localidad El Dorado, Sinaloa, México, 2012.....	31
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales con y sin aplicación de insecticida. Comunidad El Camalote, Sinaloa, México, 2013.....	32
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales con y sin aplicación de insecticidas. Localidad Oso Viejo, Sinaloa, México, 2013.....	34



## RESUMEN

La adopción de cultivos genéticamente modificados (CGM) ha llevado a la necesidad de evaluar los impactos sobre los organismos no objetivos. Para ello se estudió el impacto del cultivo de maíz *Zea mays* L. con la tecnología de *Bacillus thuringiensis* (Bt) sobre los insectos no blancos. Para la obtención de los artrópodos se colocaron estaciones de trapeo (trampas cromáticas amarillas y trampas pitfall) y se capturaron con red entomológica, con la finalidad de adquirir la mayor cantidad de insectos en todos los estratos de la planta. Los parámetros evaluados fueron: abundancia, diversidad, riqueza y uniformidad. Los datos de la abundancia total de enemigos naturales en los tres tipos de muestreos fueron analizados mediante estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (2011, 2013), prueba aplicada para tres o más grupos y la prueba de U Mann-Whitney (2012), prueba aplicada a dos muestras; ambas utilizando el software Minitab 18 Statistical (Minitab, Inc.); sin embargo, no se observaron diferencias significativas con relación de diversidad entre los cultivos convencional y el cultivo Bt. En los maíces con la tecnología Bt, Agrisure® Viptera™ 3110, Agrisure® Viptera™ 3111 y Agrisure™ 3000 GT, se registró una abundancia total de 27,796 ejemplares de artrópodos entre depredadores y parasitoides identificados a nivel de Familia durante tres años en híbridos de maíz genéticamente modificado y convencional en localidades del estado de Sinaloa. Las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis* que expresa el maíz genéticamente modificado no tienen un efecto negativo sobre la abundancia de depredadores y parasitoides no blanco asociados al cultivo.

**Palabras clave:** *Bacillus thuringiensis*, insectos no blancos, Organismo Genéticamente Modificado.

## INTRODUCCION

El maíz *Zea mays* L. (Poaceae) es el cereal más ampliamente distribuido a nivel mundial y ocupa la tercera posición en cuanto a producción total, detrás del arroz y del trigo. Su cultivo se realiza desde el ecuador hasta los 50 °C de latitud norte o latitud sur y desde el nivel del mar hasta más de 3 000 metros de altitud, en climas cálidos y fríos y con ciclos vegetativos con rangos entre 3 y 13 meses. Ningún otro cereal tiene un uso tan variado; y casi todas las partes de la planta de maíz tienen valor económico (Poehlman, 1959).

La historia del desarrollo de la ingeniería genética en las plantas inicia en 1983 con las primeras modificaciones de células vegetales. En 1984 se producen las primeras plantas transgénicas y en 1986 se llevan a cabo las primeras pruebas de campo y se desarrollan plantas resistentes a algunos virus. En 1988 se desarrollan plantas resistentes a plagas (insectos) y a herbicidas, en 1989 se trabaja en la maduración de los frutos y en 1990 hay más de 100 pruebas experimentales en el campo, para 1995 se obtienen los primeros productos comerciales (Ortiz y Ezcurra, 2019).

Los cultivos resistentes a insectos mediados por *Bacillus thuringiensis* (Bt) son plantas modificadas mediante ingeniería genética para brindar protección frente a ciertas plagas a través de la expresión, en sus tejidos, de proteínas insecticidas, denominadas proteínas Cry (ArgenBio, 2007).

El modo de acción de las proteínas Cry en los organismos blanco es mediado por medio de la unión de las proteínas en el intestino, lo cual tiene mucha variabilidad interespecífica. Existe alta especificidad de las proteínas Cry para un rango muy restringido de especies de insectos. El espectro de acción de las proteínas Cry1Ab y Cr2Ab incluye sólo insectos lepidópteros y no existe evidencia de toxicidad para otros organismos no blanco (CONACYT, 2015).

Los insectos no blancos son poblaciones a los cuales no está dirigida la tecnología Bt como los fitófagos, depredadores, parasitoides, polinizadores y saprófagos. Se presenta toda una red trófica que incluye a artrópodos pertenecientes o no a la diversidad de órdenes que están en contacto con los cultivos y que pueden quedar expuestos o no a la tecnología de cultivos GM con Bt (Hernández, 2015).

Las interacciones entre parasitoides y cultivos Bt suelen ser negativas indirectamente porque el parasitoide es especialista, de tal manera que cuando alguno de sus hospederos es susceptible a un cultivo con tecnología Bt el balance de estos también lo será a distintos grados: de esta manera, el cultivo Bt al reducir las poblaciones de especies plaga y de otras especies relacionadas también reducen las poblaciones de parasitoides. La reducción de poblaciones de parasitoides es un efecto de los cultivos GM con Bt que se debe vigilar de cerca pues el control biológico, como servicio ecológico que es, no es un proceso confinado a un campo de cultivo sino dependiente del movimiento de parasitoides de un campo a otro y de un ciclo de cultivo al siguiente (Castañera *et al.*, 2010).

Algunos estudios han indicado que la diversidad y riqueza de organismos no blanco son equivalentes como por ejemplo en algodón convencional y en algodón con la tecnología Bt, no observando un impacto negativo sobre los artrópodos no blancos presentes en el cultivo de algodón Bt (Castañera *et al.*, 2010).

Los estudios de diversidad de especies dan un parámetro de las condiciones de las poblaciones, así como determinan si han sido afectadas en su hábitat por factores externos, tal es el caso de los monocultivos y más aún si estos son cultivos Bt, bajo el contexto anterior, se evaluó en el cultivo de maíz Bt, establecido para pruebas experimentales en el año 2011, en el Estado de Sinaloa, principalmente enfocado a la diversidad y abundancia de enemigos naturales.

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el efecto del maíz genéticamente modificado resistente a insectos sobre la diversidad y abundancia de enemigos naturales no blancos, asociados al cultivo en Sinaloa, México.

### Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del maíz Agrisure™ 3000 GT sobre la diversidad y abundancia de depredadores y parasitoides no blanco, asociados al cultivo en Sinaloa, México.
- Evaluar el efecto del maíz Agrisure® Viptera™ 3110 sobre la diversidad y abundancia de depredadores y parasitoides no blanco, asociados al cultivo en Sinaloa, México.
- Evaluar el efecto del maíz Agrisure® Viptera™ 3111 sobre la diversidad y abundancia de depredadores y parasitoides no blanco, asociados al cultivo en Sinaloa, México.

## Hipótesis

El maíz transformado con la inserción del gen de *Bacillus thuringiensis* para control de lepidópteros plaga, no presentara un efecto negativo sobre la abundancia de los enemigos naturales no blanco, por la exposición a las toxinas Cry insertadas en el maíz genéticamente modificado.

# REVISION DE LITERATURA

## El Cultivo de Maíz

### Generalidades

México es identificado como centro de origen, diversidad y domesticación del maíz (Diario Oficial de la Federación, 2012; SAGARPA, 2016). De las aproximadamente 300 razas de maíz que existen en América Latina, en México se encuentran entre 59 y 62 razas; las cuales son el resultado de la cuidadosa selección que realizaron poblaciones indígenas durante unos 10, 000 años y recientemente, grupos mestizos que las han domesticado adaptándolas a climas, suelos, plagas y a diferentes usos (SAGARPA, 2016).

### Descripción botánica

- Botánica.

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual (CONACYT, 2014).

- Tallo.

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (CONACYT, 2014).

- Inflorescencia.

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden

de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina consta de alrededor de los 800 o 1000 óvulos (granos) y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (CONACYT, 2014).

- Hojas.

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (CONACYT, 2014).

- Raíces.

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (CONACYT, 2014).

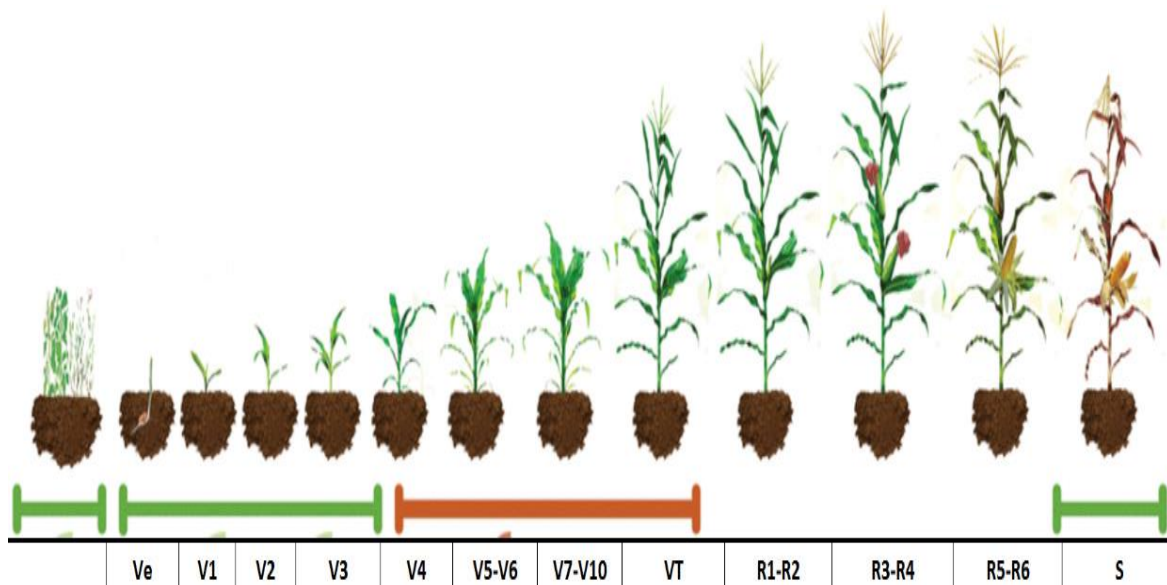
- Fruto.

Cada grano es un fruto llamado cariósipide. Está conformado por una capa exterior llamada pericarpio, generalmente dura, por debajo una capa de aleurona que es la que lleva el color, rica en proteínas (CONACYT, 2014).

## **Fenología del maíz**

El maíz es un cereal eficiente como productor de grano, además del gran porte de la planta con tallos fuertes, la cual está dotada también de un área foliar abundante y tejido vascular eficiente. El ciclo de desarrollo del maíz comprende las etapas que comienza con la germinación de semillas a floración y finalmente la formación del fruto. Un sistema de clasificación de las etapas del maíz es el utilizado por la Universidad de Iowa en Estados Unidos, el cual se divide en vegetativo (V) y

reproductivo (R); una representación gráfica es como la que se muestra a continuación:



**Figura 1.** Fenología del maíz

### **Importancia del maíz**

El maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria. El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. En 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se determinan centros de origen y centros de diversidad genética del maíz. Se registran 59 variedades criollas de maíz en México (ASERCA, 2018).

México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz. En México, la producción de maíz en 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie sembrada en el mismo año fue de 7.5 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en las 32 entidades de la República Mexicana se produce maíz para grano (ASERCA, 2018).

## Plagas del maíz

El cultivo de maíz presenta una gran variedad de plagas de la raíz, tallo, follaje y la mazorca:

- Plagas del suelo.

El grupo de plagas de suelo está conformado por gusanos de la raíz (*Diabrotica balteata* LeConte, *Diabrotica virgifera* LeConte, *Diabrotica longicornis* Say, *Diabrotica speciosa* Germar, *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim y *Diabrotica* spp. [Coleoptera: Chrysomelidae]), gusanos de alambre (Coleoptera: Elateridae: *Agriotes* spp. Eschscholtz y *Dalopius* spp. Eschscholtz), (Coleoptera: Tenebrionidae: *Eleodes* spp.), el picudo del maíz *Nicentrites testaceipes* Champion (Coleoptera: Curculionidae), pulga saltona *Chaetocnema pulicaria* Melsheimer (Coleoptera: Chrysomelidae), gallinas ciegas (*Phyllophaga* spp. Harris y *Cyclocephala* spp. Dejean) (Coleoptera: Scarabaeidae), gusano de la semilla *Hylemya* spp. Robineau-Desvoidy (Diptera: Anthomyiidae) y el escarabajo de la semilla *Stenolophus* spp. Dejean (Coleoptera: Carabidae). Estas plagas taladran y se alimentan de las raíces; perforan las semillas en germinación, dañan la base del tallo y/o se alimentan en el cogollo provocando daño (Hernández, 2015).

- Plagas del tallo y follaje

En este grupo de plagas se encuentran las palomillas, grupo que más daño causa a nivel mundial, conformado por los gusanos cortadores (*Agrotis ipsilon* Hufnagel, *Peridroma saucia* Hübner y *Chorizagrotis auxiliaris* Grote [Lepidoptera: Noctuidae]). Otro grupo de palomillas son los gusanos soldados *Spodoptera exigua* Hübner y *Mythimna unipuncta* (= *Pseudaletia unipuncta*) Haworth (Lepidoptera: Noctuidae). Se presentan otras plagas importantes que afectan la planta como las arañas rojas (*Tetranychus urticae* C. L. Koch, *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval y *Oligonychus* spp. Berlese (Acari: Tetranychidae). Los trips, *Frankliniella* spp. Karny, *Anaphothrips* spp. Uzel y *Caliothrips phaseoli* Hood



(Thysanoptera: Thripidae). El frailecillo *Macrodactylus* spp. Dejean (Coleoptera: Scarabaeidae). El Gusano saltarín *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). En este grupo destaca el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Los barrenadores, dentro de este grupo inciden *Diatraea lineolata* Walker, *Diatraea grandiosella* Dyar, *Chilo partellus* Swinhoe, *Ostrinia furnacalis* Guenée, *Eoreuma loftini* Dyar (Lepidoptera: Crambidae), *Busseola fusca* Fuller y *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae). Se destaca a *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae) (Hernández, 2015).

- Plagas de la mazorca

Mosca de los estigmas *Euxesta* spp Loew (Diptera: Ulidiidae). El gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) (Hernández, 2015).

- Plagas de granos almacenados

En el grupo de granos almacenados encontramos a la palomilla de los cereales *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), la palomilla de la harina *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae), plaga que solo ataca el grano almacenado, los gorgojos (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Sitophilus oryzae* L. y *Sitophilus granarius* L. [Coleoptera: Curculionidae]) y los barrenadores de los granos *Rhyzopertha dominica* F. y *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) (Hernández, 2015).

# **Organismos Genéticamente Modificados**

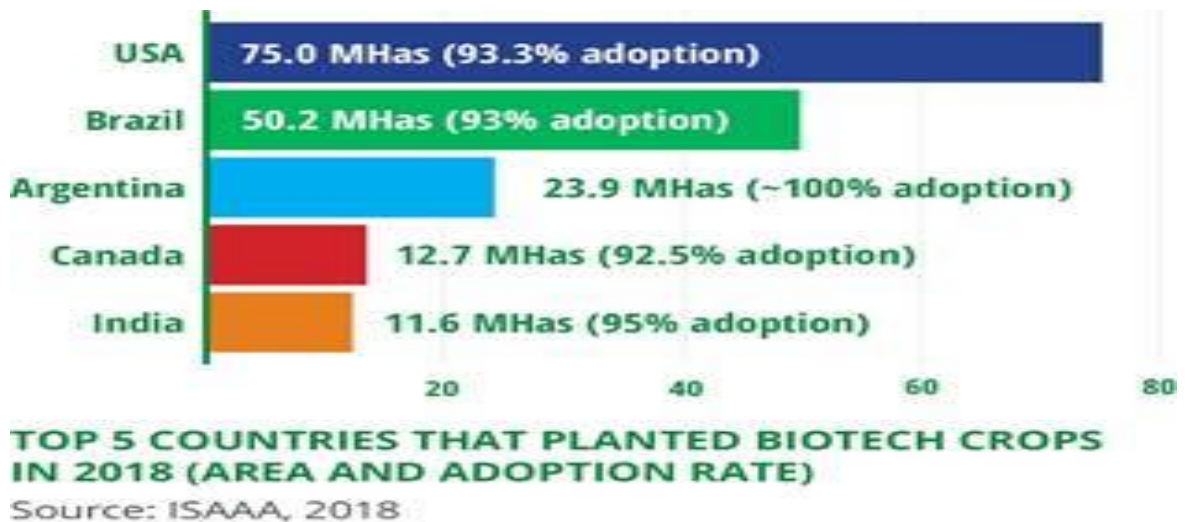
## **Generalidades**

Los Organismos Genéticamente Modificados (OGM's), también llamado Organismo Vivo Modificado (OVM) u Organismo Modificado por Ingeniería Genética (MIG), es aquel organismo vivo desarrollado por científicos, en el que se ha alterado o modificado su material genético mediante el uso de técnicas de ingeniería genética, diferentes a las modificaciones tradicionales. Estas técnicas permiten separar, modificar y transferir partes del ADN de un ser vivo (bacteria, virus, vegetal, animal o humano) para introducirlo en el de otro (COFEPRIS, 2017).

## **Adopción y situación actual de los cultivos genéticamente modificados**

El área global de cultivos biotecnológicos se ha incrementado 113 veces de 1.7 millones de hectáreas en 1996 a 191.7 millones de hectáreas en 2018, esto hace que los cultivos biotecnológicos sean la tecnología de cultivo adoptada más rápidamente en los últimos tiempos (ISAAA, 2018).

La tasa promedio de adopción de cultivos biotecnológicos en los cinco principales países productores de cultivos biotecnológicos aumentó en 2018 para llegar casi a la igualdad, con Estados Unidos en 93.3% (promedio para la adopción de soya, maíz y canola), Brasil (93%), Argentina (~ 100%), Canadá (92.5%) e India (95%). La expansión de las áreas de cultivos biotecnológicos en estos países sería a través de la aprobación inmediata y la comercialización de nuevos cultivos y rasgos biotecnológicos para abordar los problemas relacionados con el cambio climático y la aparición de nuevas plagas y enfermedades (ISAAA, 2018).



**Figura 2.** Principales países que plantaron cultivos biotecnológicos en 2018 (área y tasa de adopción).

Los cuatro principales cultivos biotecnológicos (soya, maíz, algodón y canola) en área decreciente fueron los cultivos biotecnológicos más adoptados por 26 países. La soya lidera en 95.9 millones de hectáreas con el 50% de la adopción mundial de cultivos biotecnológicos, un aumento del 2% desde 2017. A esto le sigue el maíz (58.9 millones de hectáreas), el algodón (24.9 millones de hectáreas) y la canola (10.1 millones de hectáreas). Según el área de cultivo global de la FAO de 2017 para cultivos individuales, el 78% de la soya, el 76% del algodón, el 30% del maíz y el 29% de la canola fueron cultivos biotecnológicos en 2018 (ISAAA, 2018).

En México, el aumento del 100% en el área de algodón se debió al regreso de los agricultores a la siembra de maíz después de un año de rotación de cultivos, así como al clima favorable para la siembra y el precio del algodón. El aumento en el área de cultivos biotecnológicos en la mayoría de los países de América Latina compensó las pérdidas de la extensa sequía en 2017. Además, la rentabilidad, los precios elevados, la alta demanda del mercado en el mercado local e internacional y las tecnologías de semillas disponibles para la soya y el algodón; crédito subsidiado disponible para agricultores e inversiones extranjeras de la industria; el clima favorable y las prácticas agronómicas mejoradas con aplicaciones de fertilizantes

eficientes alentaron a los agricultores de Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Honduras a plantar cultivos biotecnológicos (ISAAA, 2018).

### **Cultivos genéticamente modificados para resistencia a insectos en México**

- Algodón

De las 778 000 hectáreas de cultivos GM (principalmente de algodón, soya, trigo y maíz) sembradas en 2011, 341, 000 hectáreas fueron de algodón producidas comercialmente, el resto de hectáreas corresponde a pruebas experimentales y piloto de acuerdo a la Ley de Bioseguridad de México. El algodón GM con tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos fue el primer cultivo autorizado para siembra comercial y ha sido aprobado para su cultivo en los estados de Baja California, Sonora, Durango, Chihuahua y Coahuila. El algodón GM es el cultivo de mayor expansión en el país y con el que México cuenta con mayor experiencia, ya que es uno de los países pioneros en el uso del cultivo desde el año 1996, cuando se iniciaron las primeras pruebas experimentales (Galeano *et al.*, 2015).

- Soya

En el año 2010 se realizó la siembra piloto de 26, 500 hectáreas de soya tolerante a herbicida en siete estados de México. En 2011 se autorizó la siembra experimental y piloto de soya tolerante a glifosato, e inhibidores de enzima acetolactato sintetasa (ALS) y de alto contenido de ácido oleico. En el año 2012 se autorizó la siembra comercial de soya GM resistente a glifosato a escala comercial en un área agrícola de 253 000 hectáreas en los estados de Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Chiapas, Tamaulipas, San Luis de Potosí y Veracruz (Galeano *et al.*, 2015).

- Trigo

Durante el 2011 se presentaron 15 solicitudes de siembra experimental de trigo GM con tolerancia a sequía, desarrollado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), la superficie total permitida para 2011 fue de 14 hectáreas en el estado de Morelos (Galeano *et al.*, 2015).

- Maíz

En cuanto al maíz GM, éste sigue siendo el foco central de la regulación biotecnológica en México y hasta la fecha no se permiten liberaciones comerciales de maíz GM. Sin embargo, durante el 2011 las autoridades competentes aprobaron 61 solicitudes de permisos de liberación al ambiente de maíz GM, 55 en etapa experimental y 6 en etapa piloto que suman 171 470 y 71 030 hectáreas respectivamente, para un total de 242 500 hectáreas sembradas de acuerdo a las medidas de bioseguridad establecidas por las autoridades en los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Durango. Los eventos permitidos corresponden a fenotipos de tolerancia a herbicidas, resistencia a insectos y tolerancia a sequía y frío en etapa experimental (Galeano *et al.*, 2015).

### **Maíz Transformado con la Tecnología Bt**

Los genes Cry se han insertado al maíz para generar resistencia a insectos plaga específicamente al Orden Lepidoptera y Coleoptera, extraídos de diferentes cepas de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bacillales: Bacillaceae); con base en ISAAA (2019), se reportan 117 eventos referentes a maíz transgénico Bt a nivel mundial, con 52 eventos reportados para Lepidoptera y Coleoptera en combinación, 55 eventos reportados para Lepidoptera, y 10 eventos reportados para Coleoptera, las empresas que dominan el campo son Syngenta, Dupont, Monsanto, Dow AgroScience, Bayer y Renessen LLC (Castillo, 2019).

## **Control de lepidópteros plaga con maíz Bt**

Los lepidópteros se consideran plagas de alta importancia en el cultivo de maíz, tanto insectos barrenadores y defoliadores, por lo que la tecnología Bt, va destinada para el control de plagas como: el barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Lepidoptera: Crambidae), el barrenador de la caña (*D. saccharalis*), el barrenador neotropical (*D. lineolata*), el barrenador del suroeste (*D. grandiosella*), los gusanos del elote (*Heliothis virescens* F. [Lepidoptera: Noctuidae] y *H. zea*) y el gusano cogollero (*S. frugiperda*), los cuales durante sus primeros estadios larvales atacan a la planta que dañan la planta. El maíz Bt es un maíz transgénico o genéticamente modificado que produce en sus tejidos proteínas Cry y últimamente también proteínas Vip. Así, cuando las larvas de las plagas blanco intentan alimentarse de la hoja o del tallo del maíz Bt, mueren (Ramírez *et al.*, 2016).

## **Maíz transgénico evento Agrisure™ 3000 GT**

Fue desarrollado por Syngenta Agro, la línea de maíz que se obtuvo mediante el cruzado tradicional de cada uno de los organismos parentales para producir un maíz que expresa mCry3A, pmi, Cry1Ab, EPSPS y pat genes. La expresión de estos genes confiera resistencia a lepidópteros y coleópteros, y presenta tolerancia al herbicida glufosinato y glifosato y la capacidad de usar manosa como fuente de carbono (ISAAA, 2017).

## **Maíz transgénico evento Agrisure® Viptera™ 3110**

Fue desarrollado por Syngenta Agro, la línea de maíz que se obtuvo a través del cruce tradicional de cada uno de los organismos parentales para producir maíz que expresa Cry1Ab, PAT, Vip3Aa, EPSPS y genes pmi. La expresión de estos genes confiere resistencia a lepidópteros y coleópteros, y tolerancia al herbicida de glufosinato y al herbicida de glifosato y permita que el OVM (Organismo Vivo Modificado) use manosa como fuente de carbono (ISAAA, 2017).

## **Maíz transgénico evento Agrisure® Viptera™ 3111**

Fue desarrollado por Syngenta Agro, la línea de maíz que se obtuvo a través del cruzado tradicional de cada uno de los organismos parentales para producir un maíz que expresa la toxina Cry1Ab, Genes mCry3A, pat, Vip3Aa, EPSPS y pmi. La expresión de estos genes confiere resistencia a lepidópteros y coleópteros, y tolerancia al herbicida glufosinato y al herbicida glifosato y permite que el OVM use manosa como fuente de carbono (ISAAA, 2017).

### ***Bacillus thuringiensis* (Bt)**

Es una bacteria Gram-positiva, aerobia estricta, que durante su ciclo de vida presenta dos fases principales: crecimiento vegetativo, donde las bacterias se duplican por bipartición, y esporulación, un programa de diferenciación de bacteria a espora. *B. thuringiensis* es considerada una bacteria ubicua, ya que se ha aislado de todas partes del mundo y de muy diversos sistemas, como suelo, agua, hojas de plantas, insectos muertos, telarañas, etc. A Bt se le caracteriza por producir un cuerpo paraesporal conocido como cristal durante su fase de esporulación, el cual es de naturaleza proteínica y tiene propiedades insecticidas (Soberón y Bravo, 2007).

### **Modo de acción de *Bacillus thuringiensis***

Los síntomas que se observan a partir de que las larvas de insectos susceptibles ingieren los cristales son protoxinas que antes de afectar al insecto deben ser activadas, es altamente insoluble en condiciones neutras y solo se solubiliza en un pH alcalino. La activación ocurre por una discreta proteólisis causada por las enzimas estomacales del insecto. Las protoxinas cristalizan formando inclusiones de hasta 1.0  $\mu\text{m}$  de longitud. La toxina activa se une a receptores localizados en las microvellosidades de las células del epitelio del mesenterón, la toxina o parte de ella se inserta en la membrana formando poros iónicos, provocando eventualmente lisis celular (Gómez *et al.*, 2002).

## **Importancia de *Bacillus thuringiensis***

La bacteria *B. thuringiensis* es considerada el insecticida biológico más aplicado en el mundo y se utiliza para controlar diversos insectos que afectan la agricultura, la actividad forestal y que transmiten patógenos humanos y animales. *B. thuringiensis* constituyó durante las últimas décadas un tema de investigación intensiva. Estos esfuerzos brindaron datos importantes sobre las relaciones entre la estructura, el mecanismo de acción y la genética de sus proteínas cristalinas pesticidas, y una visión más clara y coherente sobre estas relaciones ha emergido gracias a ellos. Otros estudios se centraron en el rol ecológico de las proteínas cristalinas de *B. thuringiensis*, su funcionamiento en sistemas agrícolas y en otros sistemas naturales (Sauka y Benintende, 2008).

## **Diversidad de Artrópodos en los Agroecosistemas**

La introducción comercial de cultivos transgénicos ha generado la necesidad de evaluar los posibles impactos de esta tecnología en el medio ambiente, y los efectos sobre los organismos no objetivos. Algunos estudios han indicado efectos tóxicos de las proteínas insecticidas Bt en especies no objetivo, incluyendo otros herbívoros, de depredadores y parasitoides, la reducción de las poblaciones de insectos fitófagos, debido a la presencia de la proteína insecticida en la planta GM, puede representar un impacto en la estructura de la población de las especies de parasitoides y depredadores (Sánchez *et al.*, 2018).

Estudios de cultivos transgénicos Bt han revelado que la exposición a las proteínas Cry varía ampliamente entre los agroecosistemas tienen un importante efecto sobre la abundancia de los diferentes grupos de artrópodos. Artrópodos como los depredadores o parasitoides están principalmente expuestos a las toxinas producidas en la planta cuando se alimentan o parasitan herbívoros que se han alimentado con cultivos transgénicos. Existe evidencia de que la concentración del compuesto activo para los artrópodos suele diluirse a medida que se mueve hacia la



cadena alimentaria (Meissle y Romeis, 2012; Romeis *et al.*, 2014). Por otra parte, desde el punto de vista medioambiental, una posible ventaja del uso del maíz transgénico sería la reducción de las aplicaciones de insecticidas especialmente el ingrediente activo de amplio espectro, ya que su efecto puede ser más impactante sobre la persistencia de la comunidad de insectos (Dively, 2005; Naranjo, 2005 y Sánchez *et al.*, 2018).

## **Estudios sobre Organismos No Blanco en Cultivos Bt**

### **Artrópodos no blancos en el maíz transgénico con la tecnología Bt**

Los artrópodos no blancos son aquellos a los que no va dirigida la tecnología Bt y por ende no son afectados directamente por las toxinas insertadas en el cultivo, para el caso del cultivo de maíz con la tecnología Bt, este no afecta a este tipo de organismos. Existe una red trófica que incluye a artrópodos pertenecientes o no a los órdenes bajo control y que están en contacto con los cultivos, como otros lepidópteros y coleópteros no blanco y otros fitófagos, depredadores, parasitoides, polinizadores y saprófagos. Los artrópodos no blancos pueden convivir con el maíz con tecnología Bt, debido a que no tiene un efecto negativo sobre su población y presenta mayor densidad poblacional y riqueza de la diversidad de estos organismos (Vitti, 2014).

### **Impacto del maíz con la tecnología Bt sobre los artrópodos no blanco**

- Depredadores.

Estudios de laboratorio realizados bajo condiciones del peor escenario posible (exposición continua a toxina Cry1Ab a dosis superiores a la expresada en maíz Bt) demuestran que el maíz Bt no tiene efectos negativos en la supervivencia y desarrollo de las tres especies el coccinélido *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) el carábido, *Poecilus cupreus* L.

(Coleoptera: Carabidae), los antocóridos del género *Orius* spp. Wolff (Hemiptera: Anthocoridae), que fueron utilizadas como bioindicadores en ensayos de laboratorio (Castañera *et al.*, 2010).

- Parasitoides.

Hoy en día se han realizado estudios para ver cómo afectan los cultivos Bt a los enemigos naturales y como pueden llegar a tener un impacto en las poblaciones de insectos plaga y/o insectos de control biológico, cabe mencionar que la reducción de las poblaciones de insectos fitófagos, debido a la presencia de la proteína insecticida en la planta GM, puede representar un impacto en la estructura de la población de las especies de parasitoides. Algunos estudios han indicado efectos tóxicos, pero en otros casos desechan la posibilidad de que les cause daño, esto se debe a que su red alimenticia disminuye debido al control del maíz Bt sobre insectos blanco, por tanto, los efectos pueden considerarse como indirectos (Sanchez *et al.*, 2018).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del Experimento**

La investigación se llevó a cabo en las localidades de Oso Viejo, El Dorado y El Camalote, en los municipios de Culiacán y Navolato, ambos en el estado de Sinaloa, México, durante las estaciones de cultivo otoño-invierno 2011-2013.

### **Condiciones del Experimento**

Las siembras se realizaron bajo condiciones de bioseguridad, en parcelas con un aislamiento de más de 500 m de cualquier otro lote con siembras comerciales de maíz y con un desfase de 21 días en la fecha recomendada de siembra, para evitar la sincronía de la etapa floral de los maíces con eventos genéticamente modificados con los maíces convencionales de los predios vecinos y así evitar la polinización cruzada; protocolo a seguir para cumplir con el marco de regulación para experimentación en campo con maíz genéticamente modificado en México (Halsey *et al.*, 2005; LBOGM, 2005).

### **Material Genético: Híbridos de Maíz**

En esta investigación se utilizaron tres híbridos de maíz transgénico Bt: híbrido Agrisure™ 3000 GT, que expresa las toxinas Cry1Ab y mCry3A; híbrido Agrisure® Viptera™ 3111, con la Cry1Ab, Vip3Aa20 y mCry3A e híbrido Agrisure® Viptera™ 3110, que expresa las toxinas Cry1Ab y Vip3Aa20 y se compararon con sus respectivos híbridos convencionales no modificados; materiales provistos por Syngenta Agro S. A. de C.V. de México (Avenida Insurgentes Sur #1431, Piso 12, Colonia Insurgentes, Mixcoac, CP. 03920, Ciudad de México). Las toxinas Cry1Ab y Vip3Aa20 confieren resistencia a insectos del Orden Lepidoptera y la toxina mCry3A a insectos del Orden Coleoptera; por lo cual los primeros dos híbridos son resistentes a Lepidoptera y Coleoptera y el último es resistente solo a Lepidoptera.

## Diseño Experimental

El experimento se realizó bajo un diseño en bloques completamente al azar en cada localidad y fecha.

El 28 de enero de 2011, se sembró en Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, los híbridos Agrisure™ 3000 GT y Agrisure® Viptera™ 3110 y sus respectivos híbridos convencionales; con dos tratamientos y cuatro repeticiones, para cada híbrido Bt.

En 2012, se realizaron las siembras el 15 de febrero, para los experimentos donde se establecieron los híbridos Agrisure® Viptera™ 3111, Agrisure™ 3000 GT en Navolato, Sinaloa y su respectivo híbrido convencional y el 19 de febrero en El Dorado, Culiacán, se sembró el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 y su híbrido convencional. En ambas localidades, se establecieron por cada híbrido Bt un diseño con dos tratamientos y tres repeticiones.

Para el año 2013, se realizó la siembra del híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 y su híbrido convencional en las localidades de El Camalote y Oso Viejo, Culiacán el 14 y 15 de marzo, respectivamente. En ambas localidades se establecieron los experimentos con tres tratamientos y cuatro repeticiones; en este año, se incluyó un control con insecticida químico en un híbrido convencional con Benzoato de emamectina (Denim®19 CE, 200 mL i.a.·ha<sup>-1</sup>; Syngenta Agro). Se realizaron dos aplicaciones de insecticida dirigidas principalmente al control de *S. frugiperda*; la primera se realizó en la etapa V4 (número de hojas completamente desarrolladas) y la segunda en la etapa V8; bajo un umbral de infestación de 10% en plantas menores a los 20 cm o 20% de infestación en plantas de más de 20 cm de altura.

Cada tratamiento consistió de 10 surcos de 5.0 m lineales de largo y un espacio entre surcos de 0.8 m, con una densidad de siembra de 40-50 semillas por surco y aclareo posterior ajustado a 34 plantas (equivalente a 85,000 plantas/ha). El ensayo fue rodeado con un bordo de maíz convencional que consistió de 6 surcos de 5.0 m

de largo y otro bordo de las mismas dimensiones separando cada repetición del estudio. Los bordos fueron sembrados siguiendo la misma metodología de establecimiento del experimento y en las mismas fechas. El manejo agronómico del cultivo durante el desarrollo del experimento se realizó con base a las prácticas agrícolas típicas de la región y de acuerdo a las guías técnicas para el cultivo de maíz desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-CIRNO, 2010).

### **Muestreo de insectos**

Para la obtención de los artrópodos se colocaron estaciones de trampeo (trampas cromáticas amarillas y trampas de caída o Pitfall) y se capturaron con red entomológica, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de insectos en todos los estratos de la planta. Los muestreos iniciaron 30 días después de la siembra y hasta una semana antes de la cosecha.

#### **Red entomológica**

Este tipo de muestreo se utilizó para artrópodos muy móviles y consistió en dar 10 pases dobles de red (38 cm de diámetro) en los cuatro surcos centrales en cada tratamiento. Esta actividad se realizó semanalmente y los insectos capturados se colocaron en alcohol al 70%, se etiquetaron y trasladaron al Laboratorio en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

#### **Trampas cromáticas amarillas-pegajosas**

Este tipo de muestreo se utilizó para medir el número de artrópodos en el área cercana al tallo, hojas e inflorescencia y consistió de una trampa de acrílico de color amarillo de 20 x 20 cm con adhesivo (pegamento) expuesto de un solo lado en cada tratamiento, colocadas en estacas de madera (postes o tablas con punta) dentro de los cuatro surcos centrales, perpendicular al suelo y al surco, en la parte central de

este, al nivel del follaje de la planta, ajustándola al crecimiento de la misma. Las trampas semanalmente se recogieron/cambiaron, se etiquetaron y transportaron al Laboratorio en la UAAAN con el adhesivo hacia adentro sin doblarse totalmente, en bolsas de polietileno transparente y se conservaron a -4 °C (Bruck *et al.*, 2006; Rose y Dively, 2007).

### **Trampas Pitfall o de caída**

Este tipo de muestreo se utilizó para los artrópodos caminadores y consistió de una trampa (envase de plástico de 15 cm de diámetro por 12 cm de profundidad) colocado dentro de los cuatro surcos centrales y sobre el surco, las trampas se colocaron en orificios en el suelo de manera que quede el nivel superior al ras de la superficie y en el interior se colocó una cantidad aproximada de 200 a 300 cc de sustancia jabonosa para capturar los artrópodos caminadores. Las trampas permanecieron en campo una semana, al cabo de la cual fueron reemplazadas, etiquetadas y trasladadas al laboratorio de la UAAAN. El contenido de la trampa se colocó sobre una tela fina para su tamizado y retirar el excedente de jabón; extraer los artrópodos de gran tamaño y posteriormente lavar el contenido con agua corriente para su filtrado y separación de artrópodos más pequeños; y resguardarlos en alcohol al 70% (Rose y Dively, 2007).

### **Identificación de Artrópodos**

Todos los artrópodos fueron trasladados al Laboratorio de Taxonomía de Insectos del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde se contaron e identificaron a nivel de Familia y se clasificaron por nivel o estructura trófica, utilizando como apoyo un microscopio estereoscopio binocular Carl Zeiss y un Olympus SZ21 6X, y claves taxonómicas y publicaciones (Borror y White, 1970; McAlpine *et al.*, 1981; White, 1983; McAlpine *et al.*, 1987; Gauld y Bolton, 1988; McAlpine y Wood, 1989; Goulet y Huber, 1993; Schuh y Slater, 1995;

Gibson *et al.* 1997; Triplehorn y Johnson, 2005; Fernandez y Sharkey, 2006; Bahena 2008; Nájera y Souza, 2010; Noyes, 2011).

## Parámetros a Evaluar.

### Abundancia

Se refiere al número de enemigos naturales (depredadores y parasitoides) encontrados en cada fecha de muestreo por cada uno de los tres tipos de muestreos (trampas amarillas, trampas pitfall y red entomológica) y a la abundancia total por cada híbrido de maíz.

### Atributos de la comunidad

Se determinó el número de órdenes, familias y la abundancia de insectos por cada una y con estos atributos se estimaron la diversidad, riqueza y uniformidad de la diversidad.

### Diversidad

La heterogeneidad de la diversidad se calculó con el índice de Shannon-Wiener (Moreno, 2001; Magurran, 2004); índice que representa el valor de la diversidad en una población y es calculado con la fórmula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:  $H'$  = Índice de Shannon-Wiener;  $p_i$  es la proporción de cada Familia en el total de la población del sitio de muestreo, calculado como una media de la comunidad  $n_i/N$ , es decir que  $P_i$  es la densidad relativa de la especie  $i$  y se calcula dividiendo  $n_i$  (total de individuos de la especie  $i$ ) entre  $N$ ;  $\sum p_i$  es la sumatoria de todas las densidades de todas las especies observadas.

## Riqueza

Se determinó mediante el índice de diversidad de Margalef ( $D_{mg}$ ) (Moreno, 2001; Magurran, 2004), mediante la fórmula:

$$D_{mg} = S - 1 / \ln N$$

Donde **S** es el número de familias encontradas y **N** es el número de individuos observados; este índice mide la riqueza de manera independiente al tamaño de la muestra, se basan en la relación entre el número de familias y el número total de individuos observados, que se incrementa con el tamaño de la muestra.

## Uniformidad

Como medida de heterogeneidad del índice de diversidad de Shannon-Wiener, se calculó el Índice de uniformidad del Pielou ( $J'$ ), también llamado índice de equidad, mediante la fórmula:

$$J' = H' / \ln S ;$$

Donde  $H'$  es el índice de Shannon-Wiener y **S** es el número de familias recolectadas. Este índice representa la uniformidad de una comunidad, con valores de  $J'$  que oscilan entre 0 y 1; valores altos indican baja variación entre las especies dentro de una población dada (Magurran, 2004).

## Análisis Estadístico

Los datos de la abundancia total de enemigos naturales en los tres tipos de muestreos fueron analizados mediante estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (2011, 2013), prueba aplicada para tres o más grupos y la prueba de U Mann-



Whitney (2012), prueba aplicada a dos muestras; ambas utilizando el software Minitab 18 Statistical (Minitab, Inc.). Pruebas que utilizan rangos de datos de muestras independientes para probar la hipótesis de que las muestras provienen de poblaciones con medianas iguales con el objetivo de detectar diferencias entre las poblaciones de maíz Bt y convencional.

## RESULTADOS

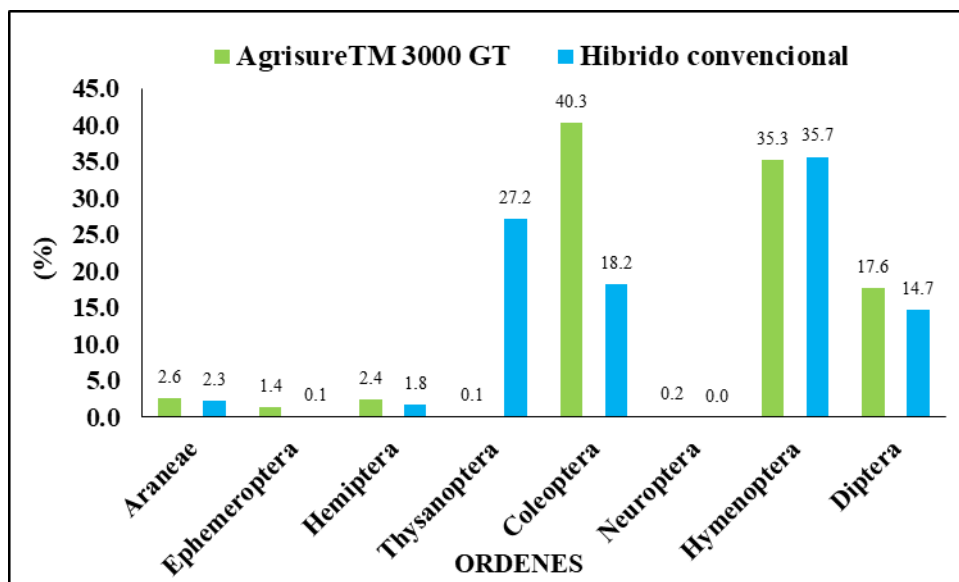
### Abundancia de Artrópodos

Se registró una abundancia total de 27, 796 ejemplares de artrópodos entre depredadores y parasitoides identificados a nivel de familia durante los tres años de evaluación, en híbridos de maíz genéticamente modificado con la tecnología Bt y convencional en localidades del estado de Sinaloa. Por cada localidad e híbrido, con base a cada diseño experimental, se realizó el registro de los artrópodos de los tres tipos de trampeo.

#### Depredadores

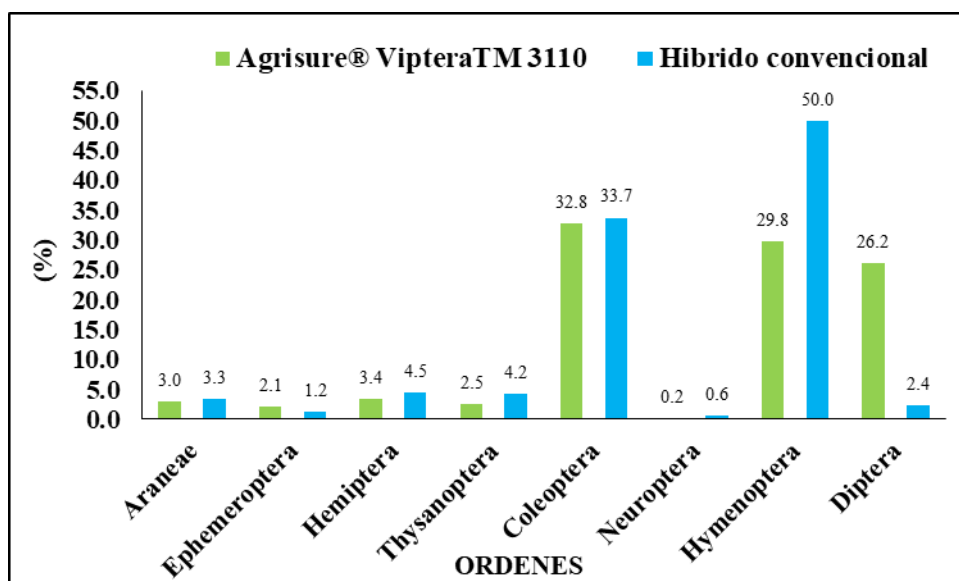
En este nivel trófico se registró una abundancia total de 17 626 depredadores entre el maíz Bt y convencional, en las distintas localidades, repartidos en nueve órdenes diferentes, destacando los órdenes Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera y Diptera.

En el año de 2011, en Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, se registró una abundancia de 1 574 depredadores en ocho ordenes diferentes (**Fig. 3**), de los cuales 834 (53%) se encontraron en el híbrido Agrisure™ 3000 GT y 740 (47%) en su híbrido convencional; ubicados en 14 familias distintas entre los tratamientos; de las cuales, 13 familias se localizaron en el maíz Agrisure™ 3000 GT y 12 en el híbrido de maíz convencional (Cuadro 1), en esta evaluación se encontró una mayor diversidad en el híbrido convencional ( $H' = 1.63 \pm 0.14$ ), seguida del Agrisure™ 3000 GT ( $H' = 1.49 \pm 0.14$ ); mientras que la mayor riqueza se presentó en el híbrido Agrisure™ 3000 GT ( $D_{mg} = 1.78$ ) sobre el híbrido convencional con  $D_{mg} = 1.66$  y una uniformidad homogénea similar entre estos híbridos (Agrisure™ 3000 GT,  $J' = 0.58$ ; híbrido convencional,  $J' = 0.65$ ), con mayor uniformidad en el híbrido convencional.



**Figura 3.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure™ 3000 GT y su convencional. Localidad de Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011.

En la misma localidad, con la evaluación del híbrido Agrisure® Viptera™ 3110, se identificaron ocho órdenes (**Fig. 4**) y se colectó una abundancia de 771 depredadores, de estos, 439 (57%) correspondieron al híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 y 332 depredadores (43%) se registraron en su híbrido convencional, distribuidos en un total de 11 familias distintas, nueve en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 y 11 en su híbrido convencional (**Cuadro 1**). De esta abundancia se determinó una mayor diversidad en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 ( $H' = 1.62 \pm 0.14$ ) sobre el híbrido convencional ( $H' = 1.51 \pm 0.11$ ) y una mayor riqueza en este último con  $D_{mg} = 1.72$ , sobre el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 con  $D_{mg} = 1.31$ ; y uniformidad homogénea similar entre estos híbridos (Agrisure® Viptera™ 3110,  $J' = 0.74$ ; híbrido convencional,  $J' = 0.63$ ), con una distribución de la diversidad más uniforme en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110.



**Figura 4.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3110 y su convencional. Localidad Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011.

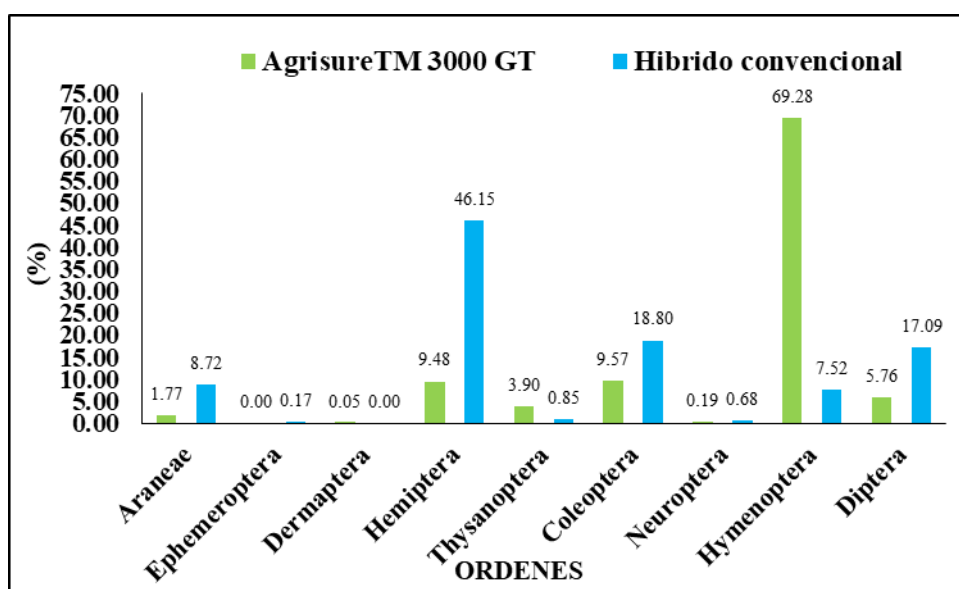
En ambos experimentos se encontró que la densidad poblacional entre los híbridos de maíz evaluados no presenta diferencias (Agrisure™ 3000 GT-híbrido convencional,  $g= 1$ ,  $p= 0.661$ ; Agrisure® Viptera™ 3110-híbrido convencional,  $g= 1$ ,  $p= 0.305$ ), indicando que la población de los artrópodos depredadores monitoreados es similar.

**Cuadro 1.** Depredadores en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3110 y sus convencionales. Localidad Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure™ 3000 GT	Híbrido convencional	Agrisure® Viptera™ 3110	Híbrido convencional
Araneae	Miturgidae	1	0	0	1
	Salticidae	19	12	13	10
	Sicariidae	2	5	0	0
Ephemeroptera	Ephemeridae	12	1	9	4
Hemiptera	Anthocoridae	19	12	15	15
	Geocoridae	1	1	0	0
Thysanoptera	Aeolothripidae	1	201	11	14
Coleoptera	Carabidae	1	3	0	4
	Coccinellidae	42	29	22	26
	Melyridae	0	2	0	0
	Staphylinidae	293	101	122	82
Neuroptera	Chrysopidae	2	0	1	2
Hymenoptera	Formicidae	294	264	131	166
Diptera	Dolichopodidae	147	109	115	8
<b>Total</b>		<b>834</b>	<b>740</b>	<b>439</b>	<b>332</b>

<sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

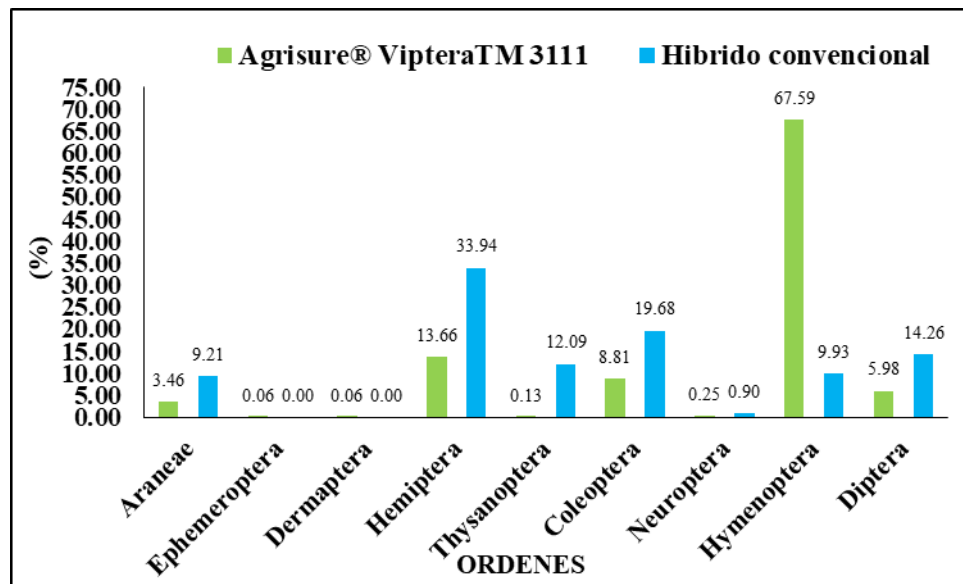
En 2012, en Navolato Sinaloa, México, se contabilizó una abundancia de 2 737 depredadores en nueve ordenes (**Fig. 5**), de los cuales 2 152 (78.6%) se recolectaron en el maíz Agrisure™ 3000 GT y en menor cantidad con 585 depredadores (21.4%) en la parcela de maíz híbrido convencional, distribuidos en 19 familias distintas entre tratamientos; de éstas, 16 se localizaron en el maíz Agrisure™ 3000 GT y 15 en el híbrido de maíz convencional (**Cuadro 2**). En esta evaluación se encontró una mayor diversidad y riqueza en el híbrido convencional ( $H' = 1.77 \pm 0.11$ ;  $D_{mg} = 2.20$ ) sobre el híbrido Agrisure™ 3000 GT ( $H' = 1.20 \pm 0.08$ ;  $D_{mg} = 1.95$ ) y uniformidad desigual entre poblaciones de estos híbridos, con una diversidad homogénea en el híbrido convencional ( $J' = 0.65$ ) y distribución heterogénea en el Agrisure™ 3000 GT ( $J' = 0.43$ ).



**Figura 5.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure™ 3000 GT y su convencional. Localidad Navolato, Sinaloa, México, 2012.

En Navolato, con la evaluación del híbrido Agrisure® Viptera™ 3111, se registró una abundancia de 2 143 depredadores, de los cuales 1 589 (74.1%) se recolectaron en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y en menor cantidad con 554 depredadores (25.9%) en la parcela de maíz híbrido convencional, ubicados en nueve órdenes (**Fig. 6**) y 18 familias distintas; 17 ubicadas en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y 14 familias en el híbrido de maíz convencional (**Cuadro 2**). La diversidad fue mayor en

el híbrido convencional ( $H' = 2.06 \pm 0.11$ ) sobre el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H' = 1.21 \pm 0.09$ ) y la riqueza fue superior en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $D_{mg} = 2.17$ ), sobre el híbrido convencional ( $D_{mg} = 2.06$ ) y uniformidad desigual entre estos híbridos, con distribución heterogénea en el Agrisure® Viptera™ 3111 ( $J' = 0.43$ ) y una distribución homogénea en el híbrido convencional ( $J' = 0.78$ ), con mayor igualdad de abundancia entre especies en la comunidad.



**Figura 6.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y su convencional. Localidad Navolato, Sinaloa, México, 2012.

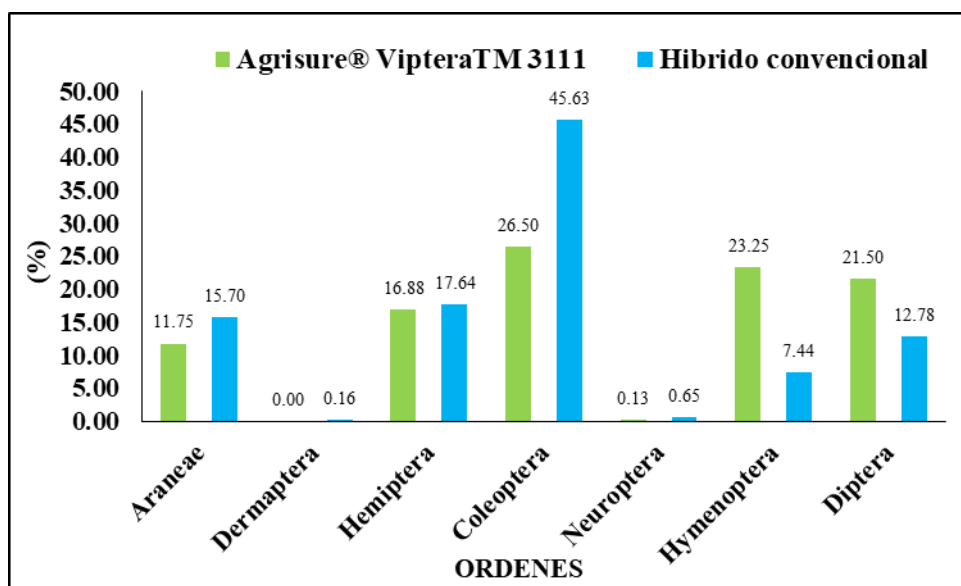
En ambos experimentos la abundancia entre híbridos de maíz no reflejo diferencias significativas, indicando que las poblaciones son similares (Agrisure™ 3000 GT-convencional,  $g' = 1$ ,  $p = 0.749$ ; Agrisure® Viptera™ 3111-convencional  $g' = 1$ ,  $p = 0.461$ ).

**Cuadro 2.** Depredadores en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales. Localidad Navolato, Sinaloa, México, 2012.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure™ 3000 GT	Híbrido convencional	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional
<b>Araneae</b>	Araneae*	38	51	55	51
<b>Ephemeroptera</b>	Ephemeridae	0	1	1	0
<b>Dermaptera</b>	Labiduridae	1	0	1	0
<b>Hemiptera</b>	Anthocoridae	198	270	210	185
	Nabidae	5	0	3	2
	Reduviidae	1	0	4	1
<b>Thysanoptera</b>	Aeolothripidae	84	5	2	67
<b>Coleoptera</b>	Carabidae	1	1	3	0
	Coccinellidae	172	82	109	75
	Malachiidae	0	1	0	0
	Melyridae	1	0	0	0
	Staphylinidae	31	19	26	25
	Trogossitidae	1	7	2	9
<b>Neuroptera</b>	Chrysopidae	4	3	4	5
	Hemerobiidae	0	1	0	0
<b>Hymenoptera</b>	Formicidae	1 491	44	1 074	55
<b>Diptera</b>	Dolichopodidae	53	61	54	31
	Empididae	28	29	18	25
	Micropezidae	0	0	0	1
	Syrphidae	43	10	22	22
	Trichoceridae	0	0	1	0
<b>Total</b>		<b>2 152</b>	<b>585</b>	<b>1 589</b>	<b>554</b>

\*No identificadas a familia. <sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

En 2012, en la comunidad El Dorado, se registró una abundancia de 1 418 depredadores, de estos 800 (56.4 %) se recolectaron en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y en menor cantidad en el híbrido convencional con 618 depredadores (43.6%), abundancia que no presento diferencias entre tratamientos ( $g/ = 1$ ,  $p = 0.869$ ); distribuida en siete órdenes (**Fig. 7**) y 20 familias distintas, de las cuales, se localizaron 18 en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y 17 en el maíz híbrido convencional (**Cuadro 3**). En esta evaluación se determinó una mayor diversidad y riqueza en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H' = 2.06 \pm 0.12$ ;  $D_{mg} = 2.59$ ) sobre el híbrido convencional ( $H' = 1.97 \pm 0.11$ ;  $D_{mg} = 2.44$ ) y uniformidad homogénea similar entre poblaciones de estos híbridos (Agrisure® Viptera™ 3111,  $J' = 0.71$ ; híbrido convencional,  $J' = 0.69$ ), cuyas especies tienden a la igualdad de abundancia.



**Figura 7.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y su convencional. Localidad El Dorado, Sinaloa, México, 2012.

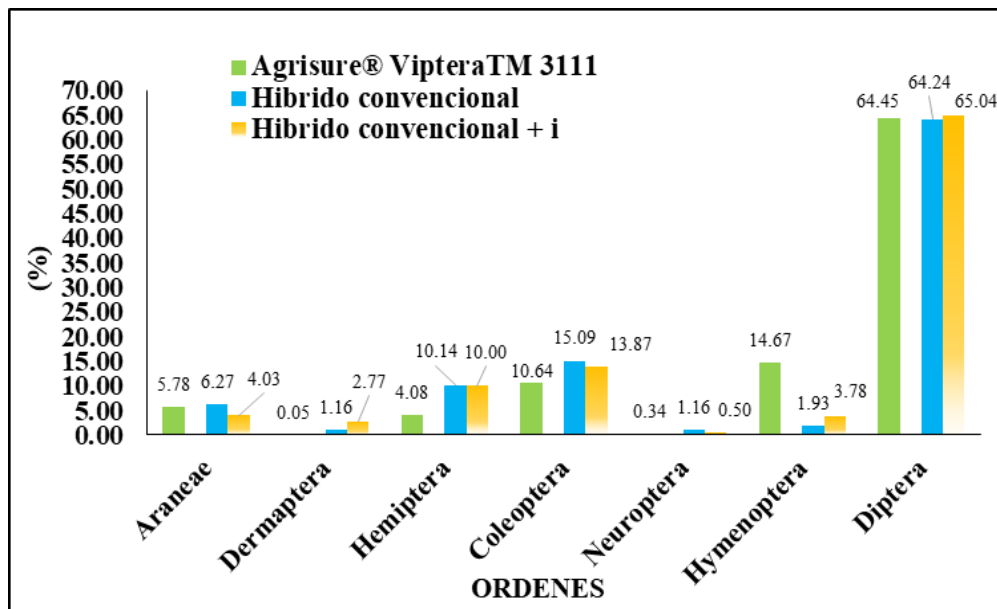
**Cuadro 3.** Depredadores en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional. Localidad El Dorado, Sinaloa, México, 2012.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional
<b>Araneae</b>	Araneae*	94	97
<b>Dermaptera</b>	Forficulidae	0	1
<b>Hemiptera</b>	Anthocoridae	125	104
	Geocoridae	3	3
	Nabidae	2	0
	Reduviidae	5	2
<b>Coleoptera</b>	Cantharidae	1	4
	Carabidae	17	6
	Coccinellidae	171	223
	Staphylinidae	1	27
	Trogossitidae	22	22
<b>Neuroptera</b>	Chrysopidae	0	2
	Hemerobiidae	1	2
<b>Hymenoptera</b>	Formicidae	182	46
	Sphecidae	4	0
<b>Diptera</b>	Asilidae	2	0
	Dolichopodidae	74	40
	Empididae	77	30
	Syrphidae	18	8
	Therevidae	1	1
<b>Total</b>		<b>800</b>	<b>618</b>

\*No identificadas a familia. <sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.



En 2013, en la comunidad El Camalote, se encontró una abundancia de 4 541 depredadores; 1 292 (28.4%) en el híbrido convencional (testigo absoluto), 1 190 (26.2%) en el híbrido convencional con manejo de insectos (testigo químico) y 2 059 depredadores (45.4%) en el Agrisure® Vipitera™ 3111, abundancia que no reflejo diferencias entre los híbridos evaluados ( $g= 2$ ,  $p= 0.863$ ); la cual se distribuyó en siete órdenes (**Fig. 8**) y 17 familias distintas; de éstas, 15 se localizaron en el Agrisure® Vipitera™ 3111, 16 en el híbrido convencional con insecticida y 15 en el convencional sin manejo de insectos (**Cuadro 4**).



**Figura 8.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Vipitera™ 3111 y sus convencionales con y sin aplicación de insecticida. Comunidad El Camalote, Sinaloa, México, 2013.

La diversidad fue mayor en el híbrido convencional sin control de plagas ( $H' = 1.82 \pm 0.12$ ), seguido del convencional con insecticida ( $H' = 1.81 \pm 0.12$ ) y el Agrisure® Vipitera™ 3111 ( $H = 1.60 \pm 0.12$ ) y una mayor riqueza en el convencional con insecticida ( $D_{mg} = 2.12$ ), seguido del convencional sin control de plagas ( $D_{mg} = 1.95$ ) y el Agrisure® Vipitera™ 3111 ( $D_{mg} = 1.83$ ); encontrándose que estas poblaciones son homogéneas y similares entre los híbridos convencionales (convencional,  $J' = 0.67$ ; convencional + i,  $J' = 0.65$ ) y homogénea con menor uniformidad en el Agrisure® Vipitera™ 3111 ( $J' = 0.59$ ).

**Cuadro 4.** Depredadores en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Comunidad El Camalote, Sinaloa, México, 2013.

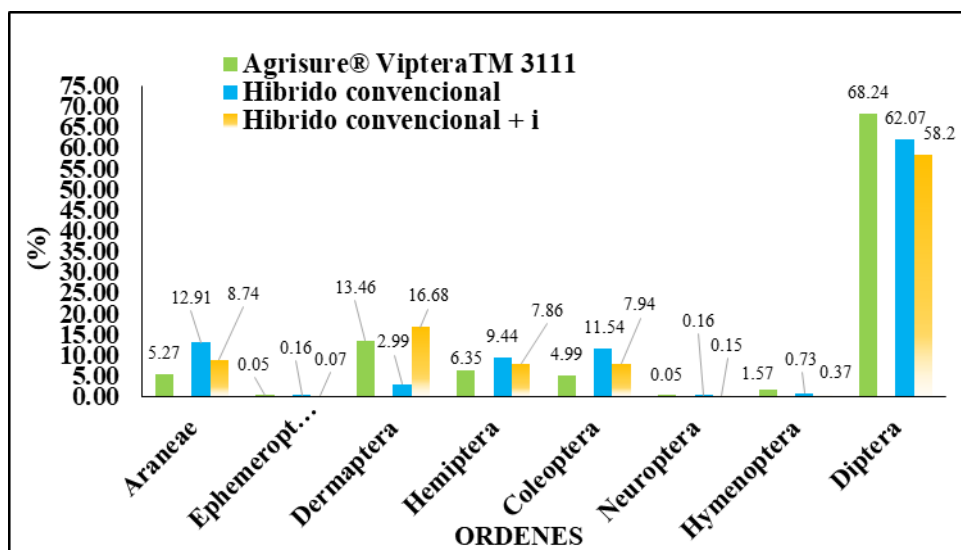
Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional	Híbrido convencional + i
<b>Araneae</b>	Araneae*	119	81	48
<b>Dermaptera</b>	Labiduridae	1	15	33
<b>Hemiptera</b>	Anthocoridae	80	115	99
	Geocoridae	1	0	1
	Nabidae	0	1	3
	Reduviidae	3	15	16
<b>Coleoptera</b>	Cantharidae	2	2	0
	Carabidae	8	14	4
	Coccinellidae	125	44	43
	Lampyridae	1	7	1
	Melyridae	66	111	102
	Staphylinidae	17	17	15
	Chrysopidae	7	15	6
<b>Hymenoptera</b>	Formicidae	302	25	45
<b>Diptera</b>	Dolichopodidae	311	359	416
	Empididae	1 016	471	357
	Syrphidae	0	0	1
<b>Total</b>		<b>2 059</b>	<b>1 292</b>	<b>1 190</b>

\*No identificadas a familia. <sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

Durante el mismo año (2013), en la localidad de Oso viejo, se registró una abundancia de 4 442 depredadores, de los cuales 1 239 (27.9 %) se encontraron en el maíz híbrido convencional (testigo absoluto), 1 361 (30.6 %) en el híbrido convencional con aplicación de insecticida y 1 842 depredadores (41.5 %) en el Agrisure® Viptera™ 3111, abundancia similar entre híbridos que no presento diferencias ( $g= 2$ ,  $p= 0.999$ ). Esta abundancia estuvo representada en ocho órdenes (**Fig. 9**) y distribuida en 15 familias distintas, de las cuales se encontraron 14 familias en cada uno de los híbridos evaluados (**Cuadro 5**).

La diversidad en este estudio fue mayor el híbrido convencional con insecticida ( $H' = 1.82 \pm 0.13$ ), seguido del híbrido convencional sin control de plagas ( $H' = 1.80 \pm 0.12$ ) y el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H = 1.64 \pm 0.13$ ) y una mayor riqueza en el híbrido convencional sin control de plagas ( $D_{mg} = 1.82$ ), seguido del híbrido convencional con insecticida ( $D_{mg} = 1.80$ ) y el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $D_{mg} = 1.73$ ); encontrándose que éstas poblaciones son homogéneas y similares entre los

híbridos convencionales (híbrido convencional,  $J' = 0.68$ ; híbrido convencional + i,  $J' = 0.69$ ) y homogéneas con menor uniformidad en la comunidad de artrópodos depredadores monitoreada en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $J' = 0.62$ ).



**Figura 9.** Porcentaje de depredadores por orden en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales con y sin aplicación de insecticidas. Localidad Oso Viejo, Sinaloa, México, 2013.

**Cuadro 5.** Depredadores en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Localidad Oso Viejo, Sinaloa, México, 2013.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional	Híbrido convencional + i
Araneae	Araneae*	97	160	119
Ephemeroptera	Ephemeridae	1	2	1
Dermaptera	Labiduridae	248	37	227
Hemiptera	Anthocoridae	100	100	77
	Geocoridae	3	0	4
	Nabidae	0	2	0
	Reduviidae	14	15	26
Coleoptera	Carabidae	3	12	10
	Coccinellidae	24	54	23
	Melyridae	44	50	45
	Staphylinidae	21	27	30
Neuroptera	Chrysopidae	1	2	2
Hymenoptera	Formicidae	29	9	5
Diptera	Dolichopodidae	531	444	418
	Empididae	726	325	374
<b>Total</b>		<b>1 842</b>	<b>1 239</b>	<b>1 361</b>

\*No identificadas a familia. <sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

## Parasitoides

En este nivel trófico se registraron 10, 170 parasitoides entre el maíz genéticamente modificado con la tecnología Bt y el híbrido convencional en las distintas localidades, repartidos en tres órdenes diferentes, destacando el Orden Hymenoptera.

En 2011, en la localidad de Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, se registró una abundancia de 146 parasitoides, de los cuales 75 (51.4%) se encontraron en el híbrido Agrisure™ 3000 GT y 71 (48.6%) en su híbrido convencional; ubicados en nueve familias dentro del Orden Hymenoptera; de las cuales, se encontraron siete en cada uno de los tratamientos (**Cuadro 6**), en esta evaluación se determinó que existe mayor diversidad en el híbrido Agrisure™ 3000 GT ( $H' = 1.34 \pm 0.15$ ), seguida del híbrido convencional ( $H' = 1.28 \pm 0.12$ ); mientras que la mayor riqueza se presentó en el híbrido convencional ( $D_{mg} = 1.41$ ), sobre el Agrisure™ 3000 GT ( $D_{mg} = 1.39$ ) y una uniformidad homogénea entre estos híbridos (Agrisure™ 3000 GT,  $J' = 0.69$ ; híbrido convencional,  $J' = 0.66$ ). En la misma localidad, con la evaluación del híbrido Agrisure® Viptera™ 3110, se recolectó una abundancia de 146 parasitoides, de estos, 71 (48.6%) correspondieron al híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 y 75 parasitoides (51.4%) se registraron en su híbrido convencional, distribuidos en un total de 10 familias distintas del Orden Hymenoptera, nueve en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 y cinco en su híbrido convencional (**Cuadro 6**). De esta abundancia se determinó una mayor diversidad y riqueza en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 ( $H' = 1.36 \pm 0.08$ ;  $D_{mg} = 1.88$ ) sobre el híbrido convencional ( $H' = 0.91 \pm 0.11$ ;  $D_{mg} = 0.93$ ), y uniformidad homogénea entre estos híbridos, con mayor uniformidad en el Agrisure® Viptera™ 3110 ( $J' = 0.62$ ) en comparación al híbrido convencional ( $J' = 0.56$ ).

En ambos experimentos se encontró que la densidad poblacional de los artrópodos parasitoides muestreados entre los híbridos de maíz no presenta diferencias (Agrisure™ 3000 GT-híbrido convencional,  $g = 1$ ,  $p = 0.746$ ; Agrisure® Viptera™

3110-híbrido convencional,  $g/\leq 1$ ,  $p= 0.500$ ), indicando que las poblaciones son similares.

**Cuadro 6.** Parasitoides en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3110 y sus convencionales. Localidad Oso Viejo, Culiacán, Sinaloa, México, 2011.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure™ 3000 GT	Híbrido convencional	Agrisure® Viptera™ 3110	Híbrido convencional
<b>Hymenoptera</b>	Aphelinidae	0	0	1	0
	Bethylidae	23	21	8	15
	Braconidae	32	37	44	52
	Encyrtidae	0	1	1	0
	Eulophidae	14	5	6	5
	Eucoliidae	3	0	0	0
	Figitidae	1	2	3	0
	Perilampidae	1	3	3	1
	Platygastridae	0	0	1	0
	Pteromalidae	0	0	0	2
	Scelionidae	0	2	4	0
	Trichogrammatidae	1	0	0	0
<b>Total</b>		<b>75</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>75</b>

<sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

En el año de 2012, en la localidad de Navolato Sinaloa, se contabilizó una abundancia de 3 273 parasitoides, de los cuales 1 496 (45.7%) se recolectaron en el maíz Agrisure™ 3000 GT y en mayor cantidad con 1 777 parasitoides (54.3%) en la parcela de maíz híbrido convencional, distribuidos en los órdenes Hymenoptera (87.5%) y Diptera (12.5%) en 22 familias distintas entre los tratamientos; de estas, 17 se localizaron en el maíz Agrisure™ 3000 GT y 18 en el híbrido de maíz convencional (Cuadro 7). En esta evaluación se determinó una mayor diversidad y riqueza en el híbrido convencional ( $H' = 1.96 \pm 0.12$ ;  $D_{mg} = 2.27$ ) sobre el híbrido Agrisure™ 3000 GT ( $H' = 1.94 \pm 0.12$ ;  $D_{mg} = 2.19$ ) y uniformidad homogénea similar entre poblaciones de estos híbridos con  $J' = 0.68$ , en cada híbrido evaluado. En la misma localidad, con la evaluación del híbrido Agrisure® Viptera™ 3111, se registró una abundancia en cuanto al número de individuos de parasitoides de 2 913, de los cuales 1 518 (52.1%) se recolectaron en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y en menor cantidad con 1 395 parasitoides (47.9%) en la parcela de maíz híbrido convencional, ubicados en dos órdenes, Hymenoptera (87%) y Diptera (13%) y en 23 familias distintas; 22 ubicadas en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y 18 familias en el híbrido de maíz

convencional (**Cuadro 7**). La diversidad fue mayor en el híbrido convencional ( $H' = 2.10 \pm 0.12$ ) sobre el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H' = 2.08 \pm 0.11$ ) y la riqueza fue superior en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $D_{mg} = 2.87$ ), sobre el híbrido convencional ( $D_{mg} = 2.35$ ) y una distribución de la diversidad homogénea entre comunidades de estos híbridos, con mayor uniformidad en el híbrido convencional ( $J' = 0.73$ ) en comparación al Agrisure® Viptera™ 3111 ( $J' = 0.67$ ).

En ambos experimentos la abundancia entre híbridos de maíz no reflejo diferencias significativas, indicando que las poblaciones son similares (Agrisure™ 3000 GT-convencional,  $g = 1$ ,  $p = 0.804$ ; Agrisure® Viptera™ 3111-convencional  $g = 1$ ,  $p = 0.503$ ).

**Cuadro 7.** Parasitoides en maíz Agrisure™ 3000 GT, Agrisure® Viptera™ 3111 y sus convencionales. Localidad de Navolato, Sinaloa, México, 2012.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure™ 3000 GT	Híbrido convencional	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional
<b>Hymenoptera</b>	Aphelinidae	1	0	2	1
	Bethylidae	3	3	1	2
	Braconidae	43	67	48	49
	Ceraphronidae	57	76	55	101
	Chalcididae	0	0	1	0
	Chrysididae	0	0	1	0
	Diapriidae	3	19	13	32
	Encyrtidae	450	401	370	254
	Eulophidae	24	23	22	26
	Eurytomidae	1	0	0	1
	Figitidae	0	3	2	7
	Ichneumonidae	0	1	2	2
	Megaspilidae	2	0	0	0
	Mymaridae	28	28	31	53
	Platygastridae	1	0	6	2
	Proctotrupidae	22	3	21	20
	Pteromalidae	106	95	155	107
	Scelionidae	212	175	342	294
	Scoliidae	0	2	1	0
	Torymidae	0	3	2	0
Trichogrammatidae	16	26	63	8	
<b>Diptera</b>	Acroceridae	360	393	287	349
	Pipunculidae	0	2	3	0
	Tachinidae	167	457	90	87
<b>Total</b>		<b>1 496</b>	<b>1 777</b>	<b>1 518</b>	<b>1 395</b>

<sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

En el año 2012, en la localidad El Dorado, Sinaloa, México, se registró una abundancia de 1 787 parasitoides, de estos 822 (46.0 %) se recolectaron en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y en mayor cantidad en el híbrido convencional con 965 (54.0%), abundancia que no presentó diferencias entre tratamientos ( $g/ = 1$ ,  $p = 0.666$ ); distribuida en tres órdenes, Coleoptera (4.6%), Hymenoptera (81.8%) y Diptera (13.6%) en 22 familias distintas, de las cuales, se localizaron 21 en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y 20 en el maíz híbrido convencional (**Cuadro 8**). En esta evaluación se encontró una mayor diversidad y riqueza en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H' = 2.46 \pm 0.10$ ;  $D_{mg} = 2.98$ ) sobre el híbrido convencional ( $H' = 1.90 \pm 0.09$ ;  $D_{mg} = 2.76$ ) y uniformidad homogénea entre comunidades de estos híbridos, con una mayor uniformidad de la diversidad en el Agrisure® Viptera™ 3111 ( $J' = 0.81$ ) en comparación al híbrido convencional ( $J' = 0.63$ ).

**Cuadro 8.** Parasitoides en maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional. Localidad El Dorado, Sinaloa, México, 2012.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional
<b>Coleoptera</b>	Rhipiphoridae	9	6
<b>Hymenoptera</b>	Aphelinidae	2	0
	Bethylidae	11	6
	Braconidae	40	31
	Ceraphronidae	97	76
	Diapriidae	43	112
	Encyrtidae	56	29
	Eulophidae	10	8
	Figitidae	13	5
	Ichneumonidae	1	0
	Mymaridae	19	11
	Platygastridae	112	43
	Proctotrupidae	20	16
	Pteromalidae	99	58
	Scelionidae	164	470
	Scoliidae	2	1
	Signiphoridae	0	1
	Torymidae	1	2
	Trichogrammatidae	5	3
<b>Diptera</b>	Acroceridae	74	58
	Pipunculidae	6	4
	Tachinidae	38	25
	<b>Total</b>	<b>822</b>	<b>965</b>

<sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

En el año 2013, en la localidad El Camalote, se encontró una abundancia de 935 parasitoides del Orden Hymenoptera, de los cuales, 403 (43.1%) se encontraron en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111, seguido del híbrido convencional sin manejo de insectos con 275 (29.4%) y el híbrido convencional con aplicación de insecticida con 257 (27.5%) parasitoides, abundancia que no reflejo diferencias significativas entre los híbridos evaluados ( $g= 2$ ,  $p= 0.951$ ); la cual se distribuyó en 17 familias distintas, de estas, 14 se localizaron en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y 15 tanto en el híbrido convencional con insecticida , como en el convencional sin manejo de insectos (**Cuadro 9**). La diversidad y riqueza en esta evaluación fue mayor en el híbrido convencional con control de plagas ( $H' = 2.21 \pm 0.11$ ;  $D_{mg} = 2.52$ ), seguido del híbrido convencional sin manejo de insectos ( $H' = 2.09 \pm 0.11$ ;  $D_{mg} = 2.49$ ) y el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H = 1.86 \pm 0.12$ ;  $D_{mg} = 2.17$ ), encontrándose que estas poblaciones son homogéneas entre los híbridos convencionales (híbrido convencional,  $J' = 0.77$ ; híbrido convencional + i,  $J' = 0.81$ ; Agrisure® Viptera™ 3111,  $J' = 0.71$ ), con menor uniformidad en el maíz GM.

**Cuadro 9.** Parasitoides en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Localidad El Camalote, Sinaloa, México, 2013.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional	Híbrido convencional + i
<b>Hymenoptera</b>	Aphelinidae	1	3	1
	Bethylidae	14	10	14
	Braconidae	17	21	24
	Ceraphronidae	79	35	40
	Chrysididae	1	0	0
	Diapriidae	147	76	53
	Dryinidae	4	4	3
	Encyrtidae	10	25	25
	Eulophidae	0	2	4
	Figitidae	1	1	0
	Ichneumonidae	0	1	1
	Mymaridae	9	13	9
	Platygastridae	25	11	6
	Pteromalidae	72	63	45
	Scelionidae	21	8	25
	Scoliidae	2	0	3
	Torymidae	0	2	1
<b>Total</b>		<b>403</b>	<b>275</b>	<b>257</b>

<sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.



Durante el mismo año, en la localidad de Oso viejo, se registró una abundancia de 970 parasitoides, de los cuales 362 (37.3%) se encontraron en el maíz Agrisure® Viptera™ 3111, 336 (34.6%) en el híbrido convencional con manejo de insectos y 272 (28.1%) se encontraron en la parcela de maíz híbrido convencional (testigo absoluto); en cuanto a la abundancia, esta fue similar entre los híbridos ya que no se presentaron diferencias significativas ( $g= 2$ ,  $p= 0.855$ ), entre los tratamientos. Esta abundancia estuvo representada por 21 familias distintas, de las cuales se encontraron 17 familias en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111, 16 en el híbrido convencional sin manejo de insectos y 15 en el híbrido convencional con manejo de insectos (**Cuadro 10**). La diversidad y riqueza fue mayor en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3111 ( $H= 2.38 \pm 0.10$ ;  $D_{mg}= 2.71$ ), seguido del híbrido convencional sin manejo de insectos ( $H= 2.30 \pm 0.11$ ;  $D_{mg}= 2.67$ ) y el híbrido convencional con insecticida ( $H= 2.07 \pm 0.12$ ;  $D_{mg}= 2.41$ ); por lo que las poblaciones resultaron ser homogéneas y similares entre, el híbrido convencional y Agrisure® Viptera™ 3111 con el mismo valor ( $J= 0.84$ ) y con respecto a éstas el híbrido convencional + i ( $J= 0.76$ ) dichas poblaciones fueron homogéneas con menor uniformidad.

**Cuadro 10.** Parasitoides en la parcela de maíz Agrisure® Viptera™ 3111 y convencional con y sin aplicación de insecticida. Localidad Oso Viejo, Sinaloa, México, 2013.

Orden	Familia <sup>1</sup>	Agrisure® Viptera™ 3111	Híbrido convencional	Híbrido convencional + i
<b>Hymenoptera</b>	Aphelinidae	9	10	3
	Bethylidae	16	29	18
	Braconidae	39	24	25
	Ceraphronidae	43	48	70
	Chalcididae	0	1	0
	Chrysididae	1	0	0
	Diapriidae	69	30	81
	Dryinidae	37	27	13
	Elasmidae	1	0	0
	Encyrtidae	6	4	3
	Eulophidae	0	1	0
	Figitidae	8	2	1
	Ichneumonidae	0	1	0
	Mymaridae	25	24	26
	Platygastridae	14	5	4
	Pteromalidae	58	47	65
	Scelionidae	24	18	22
	Scoliidae	3	1	3
	Tiphidae	0	0	1
	Torymidae	7	0	0
Trichogrammatidae	2	0	1	
<b>Total</b>		<b>362</b>	<b>272</b>	<b>336</b>

<sup>1</sup>Identificación de artrópodos basados principalmente en Triplehorn y Johnson, 2005.

## DISCUSIÓN

En híbridos de maíz Agrisure® Viptera™ 3110, Agrisure® Viptera™ 3111 y Agrisure™ 3000 GT, tanto genéticamente modificados, con la tecnología Bt y en su versión convencional evaluados en localidades del estado de Sinaloa se registró una abundancia total de 27 796 ejemplares de artrópodos entre depredadores y parasitoides identificados a nivel de familia durante tres años de muestreo.

Durante los años 2014 y 2015, Garzón realizó muestreos en el algodón Bt GLT y algodón convencional en diferentes sitios de evaluación y durante diferentes fechas del ciclo productivo de este cultivo, mediante el uso de red entomológica, trampas amarillas pegajosas y revisando de manera directa fructificaciones y hojas, reportó una gran cantidad de organismos no blanco, entre insectos plaga, e insectos benéficos (Garzón, 2015).

La abundancia de la artropofauna benéfica reportada en cultivo transgénico puede atribuirse a la menor aplicación de insecticidas. Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez *et al.* (2009) y Benamú (2010) quienes argumentan que la aplicación de insecticidas para el caso de un cultivo convencional ejerce un efecto negativo sobre la disminución de la diversidad en poblaciones de artrópodos. Estudios realizados por Dively (2005) y Chaves *et al.* (2016) en Brasil sobre la comunidad de insectos no objetivo en el ecosistema agrícola maíz, demostró que el impacto de los insecticidas en cultivos convencionales puede ser más fuerte y de amplio espectro en la estructura de las comunidades insectiles.

## **Depredadores**

En este estudio, el gremio de los depredadores tuvieron mayor presencia en el cultivo de maíz, esto coincide con estudios realizado por Lobos (2003) sobre la evaluación de la fauna benéfica en cultivos de algodón convencional y GM con expresión de la toxina del Bt, en donde argumenta que esta tendencia puede estar influenciada por la ecología nutricional, atributos biológicos y especificidad de los artrópodos.

Durante los 2 primeros años de maíces Bt junto al convencional no hubo diferencia significativa, pero si más abundancia de depredadores en los maíces con tecnología Bt; esto lo corrobora Sanchez *et al.* (2018) entre los dos tipos de cultivo, lo que indica que para este estudio la diversidad de la entomofauna benéfica en cultivos de maíz convencional y transgénico no es diferente.

En el tercer año además del maíz con la tecnología Bt y el convencional se agregó el tratamiento insecticida en el maíz convencional, donde en este, presento menor abundancia con una mayor diversidad que en los otros dos, coincidiendo con el estudio realizado por Polonia y Alcaraz (2008) atribuyendo que esta situación se debe a que tanto depredadores como sus presas de donde se alimentan han generado resistencia a los químicos y por esa razón hay mayor diversidad ya que no les afecta tanto en su etapa larval como en su etapa adulto, además, se sospecha que esta “resistencia” le ha servido para “disminuir”, por competencia.

## **Parasitoides**

En el caso del gremio de los parasitoides durante el primer año (2011) no se observaron diferencias en la abundancia y se determinó una mayor diversidad y riqueza en el híbrido Agrisure® Viptera™ 3110 sobre el híbrido convencional lo cual se ve que hubo mayor número de parasitoides en los maíces con tecnología Bt.

Otro argumento podría ser que la disminución de parasitoides sea debido a que no tiene su presa para poder parasitar ya sea que hay parasitoides generalistas o parasitoides específicos ya sea de larva o huevo, esto también puede coincidir con lo mencionado por ICA (2007) al evaluar la presencia de artrópodos, entre ellos la de *Chelonus* sp., en parcelas sembradas con el híbrido transgénico de maíz y su isohíbrido convencional, resultando una recolección por jameo de un escaso número del parasitoide y la ausencia con diferencias significativa entre los dos lotes. Esta baja población encontrada, se debió probablemente a la escasez de posturas de *S. frugiperda* y larvas debido al control del maíz transgénico.

Por lo tanto, ICA (2007), menciona que la disminución de los parasitoides en maíces con tecnología Bt puede ser porque casi ya no hay posturas de huevos y también las larvas ya no se desarrollan adecuadamente debido a la toxina, por lo cual las larvas no se desarrollan bien y el parasitoide tampoco puede vivir en una larva con mal desarrollo. Ellos mencionan que como hay parasitoides específicos en lo antes mencionado eso se debía a la disminución en maíces Bt, por lo cual en el convencional se presentaba mayor cantidad.

Hernández (2012) encontró que en maíz GM con la tecnología Bt, existe un excelente control sobre las poblaciones de gusano cogollero *S. frugiperda* en la zona de Díaz Ordaz, Tamaulipas, además obtuvo como resultado un cultivo sano ya que con dicha tecnología se reduce la infestación de esta plaga y por ende la defoliación del cultivo. En este mismo sentido, también se indica que el maíz GM con la tecnología Bt no presenta efectos negativos sobre la abundancia de artrópodos no blanco, además ayuda a reducir los insumos de productos químicos. Por lo tanto, esta tecnología puede contribuir a preservar la biodiversidad del agroecosistema en relación a otras opciones de manejo de plagas.

Hoy en día los cultivos GM resultan una fuente de información importante para la búsqueda de nuevas alternativas en la producción agrícola actual, y cada vez está más aceptada la idea de la conservación y el uso racional de los métodos tradicionales en el control de plagas, resultando en la disminución de contaminantes en la agricultura. *B. thuringiensis* es una herramienta importante en el manejo integrado de plagas, el uso de cultivos transformados con toxinas insecticidas, cada vez se vuelve más una realidad, ya que ofrecen muchas ventajas, las cuales se pueden aprovechar como una alternativa para el control biológico debido a que estos puede ayudar a que se desarrollen los enemigos naturales sin ningún problema.

Al no realizarse aplicaciones de agroquímicos en los maíces modificados, se minimizan efectos negativos, entre los que destacan la contaminación del medio ambiente (suelo, agua, productos alimenticios) que resultan perjudiciales a la salud del ser humano, y por otro lado los transgénicos Bt son específicos a plagas y no dañan a la fauna benéfica que ayudan al maíz en su desarrollo en este caso con los parasitoides y depredadores.

## CONCLUSIONES

Las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis* que expresa el maíz genéticamente modificado no tienen un efecto negativo sobre la abundancia de depredadores y parasitoides no blanco asociados al cultivo.

No se encontraron diferencias en los parámetros de diversidad de los artrópodos depredadores y parasitoides (abundancia, riqueza, heterogeneidad, uniformidad, atributos de la comunidad) entre los híbridos de maíz Bt y los convencionales, con ello se confirma que no existe influencia de las toxinas Cry del Bt sobre la diversidad de los insectos no blanco.

Los maíces con la tecnología Bt en algunos años y con más experimentos y diversos estudios puede ser una alternativa de control de plagas que permita la conservación de los enemigos naturales.

## LITERATURA CITADA

- ArgenBio. (2007). Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Disponible en: <http://www.argenbio.org/index.php?action=acerca&opt=2>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2020
- ASERCA. (2018). Blog Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. Obtenido de Blog Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- Bahena, J. F. (2008). Enemigos Naturales de las Plagas Agrícolas del Maíz y otros Cultivos. Libro Técnico Núm. 5 SAGARPA-INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 180 p.
- Benamú, M. (2010). Composición y estructura de la comunidad de arañas en el sistema de cultivo de soja transgénica. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 120 p.
- Borror, D. J.; White, R. E. (1970). A Field Guide to Insects America North of Mexico. The Peterson field guide series Houghton Mifflin Company. U.S.A. 404 p.
- Bruck, J. D.; Lopez, M. D.; Lewis, L. C.; Prasifka, J. R.; Gunnarson, R. D. (2006). Effects of Transgenic *Bacillus thuringiensis* Corn and Permethrin on Nontarget Arthropods. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*. 23(3): 111-124.
- Caballero L. B. (2010). La diversidad de artrópodos en los agro-ecosistemas: efectos del paisaje, la gestión agronómica y la composición de la flora arvense. *Ecosistemas*. 19(3): 83-88.
- Castañera, P.; Ortego, F.; Hernández-Crespo, P.; Farinós, G. P.; Albajes, R.; Eizaguirre, M.; Pons, X. (2010). Phytohemeroteca. Disponible en: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/218-abril-2010/el-maiz-bt-en-espana-experiencia-tras-12-anos-de-cultivo>



- Castillo R., L. (2019). Resistencia del Maíz Genéticamente Modificado al Daño de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) en Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 17 p.
- Chaves, D.; Martins, S.; Maruccib R.; De Carvalho, A.; Matoso, M.; Magid, J. (2016). Does Bt maize cultivation affect the non-target insect community in the agro ecosystem? *Revista Brasileira de Entomologia*. 60: 82-93.
- CONACYT (2014). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Obtenido: <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- CONACYT (2015). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Obtenido: <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Estado-actual-de-los-cultivos.pdf>. Fecha de consulta: 10 de mayo de. 2017.
- COFEPRIS. (2017). Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Obtenido de Organismos Genéticamente Modificados: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/organismos-geneticamente-modificados>.
- Dively, G. (2005). Impact of transgenic Vip3A and Cry1Ab Lepidopteran-resistant field corn on the nontarget arthropod community. *Environmental Entomology*. 34: 1267-1291.
- Fernández, F.; Sharkey, M. J. (2006). Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 893 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. (2007). Resultados de la evaluación del efecto de la tecnología Yieldgard® sobre poblaciones de artrópodos en el cultivo del maíz en las subregiones del Caribe húmedo colombiano y Alto Magdalena. Subgerencia de Protección y Regulación Agrícola. 41p.
- Gauld, I.; B. Bolton (1988). *The Hymenoptera*. Oxford University Press, New York, U.S.A. 332 p.
- Gibson, G. A. P.; Huber, I. T.; Woolley, J. B. (1997). *Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 794 p.

- Goulet, H.; Huber, J. T. (1993). Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Minister of Supply and Services Canada. Ottawa, Canada. 668 p.
- Gómez, I.; Sánchez J.; Miranda R.; Bravo A.; Soberon M. (2002). Cadherin-like receptor binding facilitates proteolytic cleavage of helixK-1in domain I and oligomer pre-pore formation of Bacillus thuringiensis Cry1Ab toxin. pp. 242-246. Recuperado: <https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1016/S0014-5793%2802%2902321-9>. Consultado: 10/01/2020
- Halsey, M. E.; Remund, K. M.; Davis, C. A.; Qualls, M.; Eppard, P. J.; Berberich, S. A. (2005). Isolation of maize from pollen mediated gene flow by time and distance. Crop Science. 45(6): 2172-2185.
- Hernández, J., A. (2015). Resistencia de maíz genéticamente modificado a plagas y su efecto sobre artrópodos no blanco. (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p 198.
- INIFAP (2010). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNO). Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU). Maíz, pp. 41-47. In: Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacan, Sinaloa; México.
- ISAAA (2017). International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Obtenido de International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=154&Event=Bt11%20x%20MIR162%20x%20GA21>
- ISAAA (2018). International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Obtenido de International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/executivesummary/default.asp>
- ISAAA (2019). International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Obtenido de International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications:

<http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=137&Event=Bt11%20x%20MIR162%20x%20MIR604%20x%20GA21>

- LBOGM (2005). Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. 2005. Diario Oficial de la Federación. México.
- Lobos, E. (2003). Evaluación de la fauna benéfica en cultivos de algodón convencional y transgénicos con expresión de la toxina del *Bacillus thuringiensis*. INDEAS-Facultad de Agronomía y Agroindustrias-UNSE. Av. Belgrano 1912- 4200 Santiago del Estero- Argentina.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company. United Kingdom. pp: 256.
- McAlpine, J. F., B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey; J. R. Vockeroth and D. M. Wood. (Eds.). (1981). *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 1. Monograph No. 27. Canada. Pp: 1-674.
- McAlpine, J. F. (Ed.), B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth and D. M. Wood. (1987). *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Monograph No. 27. Canada. Pp: 675-1332.
- McAlpine, J. F. (Ed.) and D. M. Wood. (1989). *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 3. Monograph No. 32. Canada. Pp: 1333-1581.
- Meissle, M. and Romeis, J. 2012. No accumulation of Bt protein in *Phylloneta impressa* (Araneae: Theridiidae) and other arthropods in Bt maize. *Environ. Entomol.* 41:1037–1042.
- Minitab Inc. Quality Plaza 1829 Pine Hall Road State College PA 16801-308. Disponible en: [www. Minitab.com](http://www.Minitab.com).
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 Pág.
- Nájera, R. M. B.; Souza, B. (2010). *Insectos Benéficos. Guía para su Identificación*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 73 p.
- Naranjo S. (2005). Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the function of the natural enemy community. *Environmental Entomology* 34: 1211–1223.

- Noyes, J. S. (2011). Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/database/>
- Ortiz, S.; Ezcurra, E. (2001). Los organismos genéticamente modificados y el medio ambiente, Gaceta Ecológica, Nueva Época. 60: 32-36. Consultado en <http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/gaceta.html>.
- Poehlman, J. M. (1959). Breeding Field Crops. Holt, New York, USA.
- Polanía, I. Z.; Alcaráz, G. A. (2008). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Obtenido de Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262008000100016](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262008000100016)
- Pérez, G.; Tamajón, R.; Aldebis, H.; Vargas O. (2009). Comunidad de arañas en cultivos de algodón ecológico en el sur de España. Revista Colombia Entomológica. 35: 168-172
- Ramírez, Z. R.; Santillán, J. A.; Hernández, E. O.; Drouaillet, B. E.; Martínez, J. A.; Castillo, M. D. (2016). Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. Temas de Ciencia y Tecnología. pp. 3-14.
- Romeis, J., Meissle, M., Naranjo, S., Li, Y. and Bigler, F. 2014. The end of a myth – Bt (Cry1Ab) maize does not harm Green lacewings. Front Plant Sci. 5:1-10.
- Rose, R., Dively, G. P. (2007). Effects of Insecticide-Treated and Lepidopteran-Active Bt Transgenic Sweet Corn on the Abundance and Diversity of Arthropods. Environmental Entomologist. 36(5): 1254-1268.
- SAGARPA. (2016). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/maiz-zea-mays-l>. Fecha consultada: 10 enero del 2019
- Sanchez, M. L.; Linares, J. C.; Herrera, C. F.; Pérez G., K. D. (2018). Análisis de la entomofauna benéfica en cultivos de maíz transgénico y convencional, Córdoba-Colombia. TEMAS AGRARIOS. 23(2): 121-130.
- Sauka, D. H.; Benintende, G. B. (2008). *Bacillus thuringiensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. Revista Argentina de Microbiología, 40 p.

- SIAP-SIACON. (2006). Consultado en [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)
- Soberón, M.; Bravo, A. (2007). Las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis*: modo de acción y consecuencias de su aplicación. Disponible en red: [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro\\_25\\_aniv/capitulo\\_27.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_27.pdf)
- Schuh, R. T.; Slater, J. A. (1995). True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera). Cornell University Press, New York, U.S.A. 336 p.
- Triplehorn, C. A.; Johnson, N. F. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7<sup>th</sup> Edition. Thompson Brooks/Cole. USA. 65 p.
- Vitti, A. (2014). agrositio. Obtenido de agrositio: <https://www.agrositio.com.ar/noticia/51691-impacto-del-cultivo-de-maiz-transgenico-en-la-biodiversidad-de-artropodos-no-blanco>
- White, R. E. (1983). A Field Guide to Beetles of North America. The Peterson field guide series Houghton Mifflin Company. U.S.A. 367 p.
- Zenner de Polanía, I.; Álvarez R., J. A.; Mejía C., R.; Bayona R., M. A. 2005. Influencia de la toxina Cry1Ac del *Bacillus thuringiensis* sobre el desarrollo del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 8(2):129-139.