



CONTROL BIOLÓGICO COMO HERRAMIENTA SUSTENTABLE EN EL MANEJO DE PLAGAS Y SU USO EN EL ESTADO DE NAYARIT, MÉXICO

BIOLOGICAL CONTROL AS A TOOL IN SUSTAINABLE PEST MANAGEMENT AND ITS USE IN THE STATE OF NAYARIT, MEXICO

Gutiérrez-Ramírez A^{1*}, Robles-Bermúdez A², Santillán-Ortega C²,
Ortiz-Catón M², Cambero-Campos OJ².

Universidad Autónoma de Nayarit, ¹Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias; ²Unidad Académica de
Agricultura. Carretera Tepic-Compostela Km. 9, Apdo. Postal 49, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México.

RESUMEN

Con el objetivo de concentrar la información referente a parasitoides reportados para el estado de Nayarit, México se realizó la presente revisión. Los insecticidas representan una de las principales armas para el manejo de plagas agrícolas, provocan altos costos económicos, contaminación ambiental, disminución de organismos benéficos y especies silvestres, intoxicaciones, efectos negativos sobre aplicadores y personas relacionadas con el manejo de plaguicidas y el desarrollo de resistencia a plaguicidas de diversas especies consideradas plaga. Una alternativa ante esta problemática es el uso de organismos benéficos, como son los depredadores, entomopatógenos y parasitoides que brindan la regulación de la plaga debido a la relación densidad-dependiente que establecen, no son nocivos para el ser humano y no contaminan. El uso y manejo de enemigos naturales representa una estrategia sustentable, ecológica que no afecta el equilibrio biológico y conocer cuáles son los organismos presentes en el estado de Nayarit, ofrece una herramienta técnica, estratégica para integrar los programas de manejo de plagas agrícolas en función al comportamiento del organismo plaga y agente de control biológico, cultivo, distribución, condiciones ambien-

PALABRAS CLAVE

control biológico, parasitoides, densidad-dependencia, autosostenible.

tales óptimas y organismos preferenciales para su crecimiento y desarrollo. Se concluye que para el estado de Nayarit México, se tienen reportadas 36 especies de parasitoides que se encuentran de forma natural o fueron introducidos por el ser humano con el objetivo de disminuir la población de alguna plaga.

ABSTRACT

This review was carried out in order to concentrate the information on parasitoids reported for the state of Nayarit Mexico. Insecticides are one of the main tools for the management of agricultural pests, causing high costs, environmental pollution, beneficial organisms and wildlife reduction, applicators poisoning and negative effects on people related to pesticide management and the development of resistance to pesticides of several species considered pests. An alternative to this problem is the use of beneficial organisms, such as predators, parasitoids and entomopathogenic providing pest regulation because of the density dependent relationship they establish, are not harmful to humans and do not pollute. The use and management of natural enemies represents a sustainable strategy, which does not affect the ecological balance and to know what bio-

Información del artículo

Recibido: 26 de noviembre de 2012.

Aceptado: 11 de abril de 2013.

***Autor responsable:**

Gutiérrez-Ramírez A. Estudiante de maestría en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km. 9, Apdo. Postal 49, C.P. 63780. Xalisco, Nayarit, México. Tel.: +52(311) 211 0128. Correo electrónico: aligura7@hotmail.com

logical organisms in the state of Nayarit provides a technical tool to integrate strategic management programs according to agricultural pests behavior and biological control agent, cultivation, distribution, and optimal environmental conditions for preferential organisms grow and develop. It was concluded that the use of 36 species of parasitoids, which were either naturally found or introduced by humans, have been reported in order to reduce the population of pests in the state of Nayarit Mexico.

KEY WORDS

Biological control, parasitoids, density dependence, self-sustaining.

Introducción

La FAO estima que las pérdidas en la producción agrícola mundial por plagas fluctúan entre 20 y 40 %, y que por lo menos el 10 % de las cosechas se destruye por roedores e insectos en los lugares de almacenamiento. La magnitud del daño varía en función a la región, temporada, cultivo y plaga como factor causal, que ocasionan mermas económicas de miles de millones de dólares al año (FAO, 2011). Muchos de los esfuerzos, son encaminados a la elaboración y aplicación desordenada de sustancias químicas para el control de plagas agrícolas, así como la implementación de técnicas que generan una inversión de más de 20,000 millones de dólares al año, sin considerar que la aplicación sistemática de muchas de estas sustancias originan trastornos notables en el ambiente, salud humana y desarrollo de resistencia de plagas (González y Bernal, 2000).

En México se siembra una superficie de 22,136,741.58 ha con más de 200 especies cultivadas (SIAP-SAGARPA, 2011) y se utilizan aproximadamente 95,025 toneladas de plaguicidas al año (Hernández y Hansen, 2011). Los insecticidas utilizados se caracterizan por ser de amplio espectro y ser tóxicos, afectan la salud humana, contaminan las corrientes subterráneas de agua, actúan de forma negativa sobre las diferentes especies de insectos benéficos, entre los cuales figuran los enemigos naturales como son los parasitoides, depredadores y polinizadores.

El desconocimiento y mal uso de plaguicidas afectan a todo el entorno, específicamente especies silvestres, provocan un desequilibrio en el ecosistema, au-

nado al desconocimiento técnico de las aplicaciones de agroquímicos como dosis, frecuencias de aplicación, manejo de grupos toxicológicos y químicos, sitio de acción de los plaguicidas y la calidad de la aspersión como la calibración se convierten en un problema de contaminación (González y Bernal, 2000). De ésta manera, el control biológico es una herramienta sustentable, ecológica que bien operada evita los desequilibrios biológicos reportados por el mal uso y manejo de plaguicidas.

El concepto de control biológico involucra la acción de organismos benéficos sobre organismos plaga. Van Driesche *et al.*, (2007) definen el control biológico como el uso de enemigos naturales, para disminuir la población de uno o más organismos plaga a densidades menores ya sea de forma temporal o permanente. H. S. Smith fue el primero en utilizar el término control biológico, enfatizando en el uso de enemigos naturales para el control de insectos plaga (Rodríguez y Arredondo, 2007). El éxito de esta alternativa de manejo de plagas depende de los enemigos naturales usados, pues constituyen el recurso fundamental. De lo anterior se origina la importancia de conocer la taxonomía, biología, ecología y el comportamiento del agente de control de interés (Nicholls, 2008). Los enemigos naturales se clasifican en: parasitoides, depredadores y patógenos, en este último se incluyen a hongos, bacterias, virus, nematodos y protozoarios, mientras que los dos primeros grupos se les denomina entomófagos y el último entomopatógenos (Bahena, 2008).

Conocer los reportes de parasitoides como agentes de control biológico en el estado de Nayarit, México ofrece herramientas para que el sector productivo disponga de información concentrada de alternativas biológicas, de menor impacto, sustentables en el manejo de plagas, por lo tanto el objetivo de este artículo fue realizar una revisión bibliográfica de las distintas investigaciones que reportan los parasitoides presentes en el estado de Nayarit, México.

Caracterización de los agentes de control biológico

Depredadores

Los insectos depredadores típicamente son más grandes que los organismos que consumen, a los cuales se les denomina presas, requieren de matar y consumir varios organismos durante su ciclo de vida

para realizar funciones esenciales, estos insectos buscan activamente su alimento. En función de la alimentación de los depredadores se pueden clasificar como: Polífagos, aquellos que consumen un amplio rango de especies presa; mientras que a los que se alimentan de un rango más estrecho se les llama Oligófagos; Por otra parte, aquellos que son altamente específicos en su alimentación se les llama Monófagos. Los depredadores oligófagos y monófagos son mejores como agentes de regulación, esto desde el punto de vista de control biológico. Los depredadores juveniles usan la presa para crecimiento y desarrollo, una vez alcanzada la madurez fisiológica las utilizan para mantenimiento y reproducción (Rodríguez y Arredondo, 2007). El uso de depredadores en sistemas agrícolas cada vez es mayor, pero el éxito de esta alternativa de manejo de plagas está ligado al conocimiento de la taxonomía y biología del depredador, su especificidad y de las tasas de depredación. Las órdenes taxonómicas de uso potencial en el control biológico son: Dermaptera, Mantodea, Hemiptera, Thysanoptera, Coleoptera, Neuroptera, Hymenoptera y Diptera, pero Hemiptera, Coleoptera, Hymenoptera y Diptera son los más importantes. Existen más de 30 familias de insectos depredadores, de las cuales Anthocoridae, Nabidae, Reduviidae, Geocoridae, Carabidae, Coccinellidae, Nitidulidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Formicidae, Cecidomyiidae y Syrphidae son las más importantes en el manejo de plagas en agroecosistemas (Van Driesche *et al.*, 2007) y ocho familias de la subclase Acari que representan un gran potencial para el control biológico, entre estas se encuentran: Phytoseiidae, Stigmaeidae, Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Hemisarcoptidae, Laelapidae y Macrochelidae.

Las características principales de los depredadores son (Nicholls, 2008):

- Usualmente generalistas y no específicos.
- De mayor tamaño que su presa.
- Se alimentan de un gran número de individuos.
- Individuos inmaduros como adultos pueden ser depredadores.
- Atacan presas inmaduras y adultas.
- Los depredadores requieren de polen y néctar como recurso alimenticio adicional.

Entomopatógenos

La mayoría de los organismos son susceptibles a una inmensa variedad de enfermedades agudas y fatales causadas por patógenos en los que se inclu-

yen bacterias, virus, hongos, nemátodos y protozoarios, los insectos no son la excepción y dichos patógenos son los causantes de epizootias en las poblaciones naturales (Nicholls, 2008). Todos estos organismos entomopatógenos pueden ser potencialmente útiles como agentes de control biológico contra algún insecto plaga en particular (Bahena, 2008). Las enfermedades infecciosas creadas por estos microorganismos generalmente invaden y se multiplican en el insectos, pueden transmitirse por contacto, ingestión y a veces de padres a nuevas generaciones, se dispersan e infectan a otros individuos (Nicholls, 2008). Diversos entomopatógenos pueden causar una gran mortandad, mientras que otros producen sólo efectos crónicos (Bahena, 2008). El éxito de producir infección puede deberse a la susceptibilidad característica del hospedero o a la habilidad del microorganismo para sobrevivir y multiplicarse en el medio ambiente del hospedero (Nicholls, 2008).

El virus de la poliedrosis nuclear, virus de la poliedrosis citoplasmica y virus de la granulosis; bacterias como *Bacillus popilliae*, y diversas variedades de *Bacillus thuringiensis*; hongos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Entomophthora ceous*; nemátodos pertenecientes a la familia Mermithidae, Steinernematidae y Heterorhabditidae, así como el protozoario *Nosema* spp. son algunos ejemplos de entomopatógenos usados como agentes de control biológico, muchos de estos organismos se manipula su reproducción y se formulan diversos insecticidas microbianos conocidos como bioplaguicidas.

Los entomopatógenos reúnen las siguientes características principales (Nicholls, 2008):

- Reducen o detienen el crecimiento poblacional y matan a sus hospederos.
- Generalmente son específicos de las plagas.
- Su efectividad está en función de las condiciones ambientales y de la abundancia del hospedero.
- El grado de control de los entomopatógenos que ocurre de forma natural es impredecible.
- Su acción puede llevar varios días para alcanzar un control efectivo.
- Son ambientalmente seguros.

Parasitoides

Los parasitoides son insectos que en su estado inmaduro son parasíticos, generalmente monó-

fagos y que se desarrollan sobre o dentro de un solo individuo huésped se alimentan de sus fluidos corporales, órganos y ocasionan la muerte. La mayoría de los parasitoides atacan a una determinada etapa del ciclo de vida de una o varias especies de hospederos, el ciclo de vida del parasitoide y hospedero generalmente coinciden, una vez que la larva del parasitoide ocasiona la muerte del hospedero, éste queda en estado momificado y de él emerge el parasitoide para pupar o bien el adulto. Un parasitoide requiere de un hospedero para completar su ciclo de vida, así el hospedero (que puede ser insecto plaga) pierde y el enemigo natural gana. De esta forma se favorece la población del parasitoide, la cual se incrementa y es la base del control biológico (Nicholls, 2008). En su estado adulto los parasitoides son de vida libre, se alimentan de miel, néctar o polen, el objetivo principal del macho es aparearse, mientras que la hembra busca activamente hospedero y oviposita en éstos (Bahena, 2008). En función del estadio que atacan es el nombre que reciben, por ejemplo Trichogrammatidae ataca a huevos, por dicha razón se les llama parasitoides de huevos (Van Driesche *et al.*, 2007), *Diaeretiella* son parasitoides de ninfas, parasitoides de larvas como *Cotesia flavepis* y parasitoides de pupas diferentes especies de *Spalangia* spp. (Carballo, 2002). Los parasitoides se clasifican en Koinobiontes e idio-biontes, en el primero se encuentran los parasitoides que permiten que el hospedero crezca después de ser atacado, mientras que el segundo no permite el desarrollo del hospedero después del ataque. Las especies de parasitoides que tiene la característica de poder desarrollar varios descendientes en el mismo hospedero, se llaman parasitoides gregarios, mientras que aquellos en los cuales un descendiente se desarrolla por hospedero se le denomina parasitoide solitario, el hiperparasitismo ocurre cuando un parasitoide ataca a otro, este tipo de organismos se considera desfavorable para el control biológico. Los parasitoides usualmente son muy específicos como el bráconido *Cotesia*, que es parasitoide larval interno, pero existen algunos que atacan varias especies de la misma familia, tal es el caso de *Trichogramma* spp. que es parasitoide de huevos de diferentes especies del orden lepidóptera (Van Driesche *et al.*, 2007).

Nicholls (2008) considera las siguientes características de los parasitoides, como las principales:

- Son específicos en cuanto a su hospedero.
- Son de menor tamaño que el hospedero.
- La hembra es quien busca al hospedero.

- Varias especies de parasitoides pueden atacar las diferentes etapas del ciclo de vida del hospedero.
- Los huevos o larvas de los parasitoides son puestos cerca, dentro o en la superficie del hospedero.
- Los estados inmaduros casi siempre matan al hospedero.
- Los adultos requieren de polen y néctar como alimento suplementario.

Aproximadamente el 15 % de todos los insectos son parasíticos, es decir, alrededor de 150,000 especies son potencialmente agentes de control biológico (Nicholls, 2008). Cecidomyiidae, Acroceridae, Nemestrinidae, Bombyliidae, Phoridae, Pipunculidae, Conopidae, Pyrgotidae, Sciomyzidae, Cryptochetidae, Calliphoridae, Sarcophagidae y Tachinidae, son familias del orden *Diptera* que incluyen especies parasíticas, pero Tachinidae, Phoridae y Cryptochetidae, son las de mayor importancia. Al menos 36 familias del orden Hymenoptera poseen especies parasíticas, pero los parasitoides más sobresalientes para el control biológico pertenecen a dos superfamilias, Chalcidoidea e Ichneumonoidea; Encyrtidae y Aphelinidae son las familias más usadas en el control biológico de un total de 16 que pertenecen a la superfamilia Chalcidoidea. La superfamilia Ichneumonoidea está compuesta por dos familias, Ichneumonoidea, los miembros de esta familia parasitan a diferentes tipos de hospederos, diversas especies tienen antenas y ovipositores largos, en otras son cortos y no visibles; las especies de la familia Braconidae son utilizados ampliamente en el control biológico, especialmente contra áfidos, larvas de diferentes especies del orden Lepidoptera y Coleoptera, en esta familia hay diversos tipos de endoparasitoides, tal es el caso de los endoparasitoides de escarabajos adultos o ninfas de Hemiptera, así como endoparasitoides de huevo-larva de lepidópteros. De la superfamilia Chrysidoidea, la familia Bethyidae son los más importantes para el control biológico, aunque varias especies de Dryinidae son liberados contra plagas de cultivos y ornamentales (Van Driesche *et al.*, 2007).

Uso de enemigos naturales

Existen diversos ejemplos del uso de enemigos naturales para la regulación de plagas, el reporte más antiguo data del año 1200, cuando los agricultores chinos manipularon las hormigas *Oecophylla smaragdina* Fab. (Hymenoptera: Formicidae) para el control del

gusano defoliador de los cítricos *Tessarotoma papillosa* Drury (Bahena, 2008). En cuanto a parasitoides, en 1602 se reporta el primer caso de parasitismo de *Apanteles glomeratus* L. (Hymenoptera: Braconidae) en la especie *Pieris rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae) y en 1718 el parasitismo de un Himenóptero de la familia Ichneumonidae en orugas de lepidópteros (Van Driesche *et al.*, 2007).

Para México en 1949, se registra el primer caso exitoso de control biológico, al introducir de la India y Pakistán, cuatro parasitoides *Amitus hesperidium* Silvestri (Hymenoptera: Platygasteridae), *Encarsia opulenta* Silvestri (Hymenoptera: Aphelinidae), *E. clypealis* y *E. smithi* para la regulación poblacional de la mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) (Rodríguez y Arredondo, 2007). A partir de estos hechos, muchos son los eventos que ocurrieron tanto en México como en muchas otras partes del mundo y existen numerosos casos documentados de éxito completo o parcial (Bahena, 2008), por ejemplo las diferentes especies del género *Trichogramma*, que desde 1963 a la fecha se crían en diferentes laboratorios localizados en la República Mexicana como consecuencia de la alta efectividad que ejercen en la regulación de distintas especies del orden Lepidoptera.

Parasitismo en México

Después del éxito en el control de la mosca prieta de los cítricos, en México surge el interés para combatir biológicamente al género *Anastrepha*, mediante la importación de enemigos naturales (Avendaño, 2006). En 1954 se realizan las primeras introducciones de especies parasitoides enviadas desde Hawaii, esta necesidad surgió por el daño que provoca *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae) y *A. striata* Schiner en algunos estados del país, que reportan importantes mermas económicas. Por lo tanto, se realizaron liberaciones de: *Opius tryoni* Cameron (Hymenoptera: Braconidae), *O. compensans* (Silvestri), *O. vandenboschi* (Fullaway), *O. novocaledonicus* (Ashmead), *Dirhinus giffardi* Silvestri (Hymenoptera: Chalcididae), *Syntomosiphium indicum* Silvestri y *Tribliographa daci* Weld (Hymenoptera: Eucolidae) en diferentes estados del país como: Morelos (Cañón de Tomellin), Tamaulipas, Jalisco, Nayarit, Colima, Oaxaca, Veracruz y Chiapas (Avendaño, 2006). Entre las liberaciones se incluyeron *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae), *Aceratoneuromyia indica* Silvestri (Hy-

menoptera: Eulophidae) y *Pachycrepoideus vindemmia* Rondan (Avendaño, 2006). Dichos organismos lograron reducir la infestación del género *Anastrepha* spp. en el país. El cultivo del café lo afectó *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) conocido como "la broca del café", es considerada la plaga de mayor importancia. En 1988 México busca una alternativa para el control del barrenador e introduce a los parasitoides africanos *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) y *Prorops nasuta* Waterston perteneciente a la familia Bethyilidae y la especie *Phymastichus coffea* LaSalle de la familia Eulophidae para su reproducción en laboratorio y se realizan las primeras liberaciones en el Soconusco, Chiapas con fines de establecimiento. Siendo *C. stephanoderis* la especie que mejor se adaptó y del cual se realizaron más liberaciones en diversos estados del país para controlar a la broca del café mostrando resultados favorables de más del 26 % de parasitismo (Gómez *et al.*, 2010).

Especies parasitoides en el estado de Nayarit, México.

En el estado de Nayarit, son diversas las ocasiones que introdujeron organismos benéficos, para el control de alguna plaga de interés.

En 1995 se detectó la presencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), en los municipios de Santiago Ixcuintla y Ruíz, afectó 1,223 ha. (6.53 %), al mes de marzo de 1997 dicha plaga afectaba 1,700 ha. equivalente al 9 % y para el año 2000 del 30-35 %, es decir, aproximadamente 6,000 ha. (García, 2002). Una de las diferentes medidas de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000, Por la que se establece la campaña contra la broca del café, fue la reproducción y liberación del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* y el entomopatógeno *Beauveria bassiana* en las zonas declaradas bajo control fitosanitario, los municipios de Compostela, Ruíz, San Blas, Santiago Ixcuintla, Tepic y Xalisco estaban en este estatus, con la utilización de estos enemigos naturales se logró disminuir al 2 % de infestación en el 2009 de un 40-45 % que existía en el 2004 (Cesavenay, 2013). *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae) conocida como "cochinilla rosada del hibisco", es una especie altamente polífaga que ataca aproximadamente 300 especies de vegetales, en los que incluye a cultivos de importancia económica como hortalizas, frutales, ornamentales

y forestales. La plaga fue detectada por primera vez en Mexicali, Baja California, de donde se dispersó los municipios de Bahía de Banderas, Ruíz, Santiago Ixcuintla, Tuxpan, Rosamorada, Tecuala, Acaponeta, Compostela, Huajicorí, San Blas, Tepic, Xalisco, El Nayar y Amatlán de Cañas, en febrero de 2004. Debido a las características del insecto plaga y la importancia económica que representa se implementó el Dispositivo Nacional de Emergencia, con el objetivo de confinar y erradicar dicho brote en la región, ante esta situación el Gobierno Mexicano y la Organización Internacional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), en abril del mismo año, implementan un plan emergente fitosanitario para el control de la plaga mediante la importación y liberación de los parasitoides *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae), *Gyranusoidea indica* Shafee, Alam & Agarwal (Hymenoptera: Encyrtidae), provenientes de Puerto Rico y Belice. El parasitoides *Gyranusoidea indica* no se logró adaptar, pero *Anagyrus* y el depredador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) proveniente de Estados Unidos y Canadá lograron disminuir considerablemente la población de cochinilla a niveles de infestación 1 o bajo, es decir, tener 10 cochinillas en promedio por brote, ambos insectos benéficos se lograron establecer en la región y se cumplió con una de las características principales del control biológico, ser autosostenible y mantener una regulación de la plaga (Isiordia et al., 2011).

En el 2010, la bacteria *Candidatus liberobacter asiaticus*, mejor conocida como "Huanglongbing" (HLB) o dragón amarillo se reporta en los municipios de Bahía de Banderas, Compostela, San Blas, Santiago Ixcuintla, Ahuacatlán, San Pedro Lagunillas, Amatlán de Cañas, Tepic y Xalisco de Cañas, (Cesavenay, 2013), a raíz de esto un grupo de investigadores realizaron muestreos del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), en diferentes zonas del estado de Nayarit para conocer sus enemigos naturales y establecer el control biológico de la plaga como una alternativa a dicho problema, de las muestras recolectadas se obtuvieron seis depredadores: *Olla v-nigrum* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), *Chilocorus cacti* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Nephus* sp., *Pentilia* sp. y *Ceraeochrysa* sp., el entomopatógeno *Beauveria bassiana* y el parasitoides *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae) (Rodríguez et al., 2012).

Son diversas las especies de parasitoides que se localizan en el estado de Nayarit, muchos se en-

contran de forma natural y otros se establecieron por la intervención del ser humano, como es el caso de *Anagyrus kamali*, *Cephalonomia stephanoderis* y *Diachasmimorpha longicaudata* que fueron introducidos al estado de Nayarit para el control de plagas agrícolas y con los cuales se obtuvieron resultados favorables.

Las 36 especies de parasitoides que se tienen reportadas para Nayarit pertenecen únicamente al orden Hymenoptera y se encuentran en las siguientes familias taxonómicas:

Aphelinidae: Es la familia de mayor importancia en el control biológico de insectos fitófagos, principalmente de mosquitas blancas y escamas. Son avispidas de 1 mm de longitud o menos, de cuerpo corto y compacto, de color amarillo, pardo o negro, con ojos grandes, antenas formadas por menos de ocho segmentos, a la anterior con vena postmarginal usualmente no desarrollada, de 4 a 5 segmentos tarsales y abdomen con base ancha (Myartseva et al., 2009).

Bethylidae: Representada por especies que tienen una longitud de 0.8 mm o menos usualmente de color negro, son parasitoides de larvas, especialmente del orden Coleoptera y Lepidoptera. Presentan venación reducida, abdomen de 7 u 8 segmentos y de 12 o 13 artejos antenales (Borror et al., 1970).

Braconidae: Este grupo tiene una amplia distribución, las larvas son parasitoides de una amplia gama de insectos y muchas especies son importantes agentes de control de plagas. Pueden ser de color pardo o negro y de 2 a 15 mm de longitud, la vena recurrente 1 puede estar presente o no, ausencia de la 2ª vena recurrente, la 1ª celda submarginal y la 1ª discoidal pueden juntarse o separarse por la base de la vena cubital (Borror et al., 1970).

Encyrtidae: Los ejemplares de este grupo tienen una amplia distribución, son parasitoides de la mosquita blanca y diversos insectos. Muchas especies son poliembriónicas, los adultos tienen una longitud de 1-2 mm y usualmente son de color negro o café, algunos son ápteros. Presentan mesopleura y mesonoto convexos, vena marginal muy corta, escutelo no más ancho que largo (Borror et al., 1970).

Eulophidae: Es un grupo grande y bastante común, reportan 600 especies para América del Nor-

te, algunos son parasitoides del minador de la hoja, la subfamilia Tetrastichinae es parasitoide de huevos, larvas y pupas del orden Coleoptera, Lepidoptera y Diptera. Varían en forma y color, la mayoría de especies presentan coloraciones negras y pocos ejemplares presentan colores metálicos brillantes, su longitud es de 1 a 3 mm aproximadamente, tarsos de cuatro segmentos, en las tibias anteriores presentan un pequeño espolón apical recto y el macho frecuentemente tiene antena pectinada. (Borrór *et al.*, 1970).

Eupelmidae: Parecidos a la familia Encyrtidae pero la vena marginal es larga, mesonoto aplanado o cóncavo, sutura parapsidal generalmente erguida, presentan coloraciones negras o café y son parasitoides de diversos insectos y arañas (Borrór *et al.*, 1970).

Eurytomidae: Tarsos de cinco segmentos y pronoto cuadrado en vista dorsal, coloraciones negro mate, tórax de aspecto áspero o picado y abdomen de la hembra redondeado u ovalado. Algunas especies en etapas jóvenes son parasitoides de otros organismos pero en su etapa adulta se alimentan de plantas, tallos y semillas. (Borrór *et al.*, 1970).

Ichneumonidae: Esta representada por un amplio número de insectos, con más de 3,000 especies reportadas para América del Norte, son insectos que se encuentran casi en todas partes, varían de tamaño y color, muchos presentan color uniforme de amarillento a negro, otros son de color brillante y con la combinación negro y marrón o bien negro y amarillo, algunos presentan los segmentos medios antenales con coloraciones amarillentas a blanquecinas. La mayoría de las especies tienen un ovopositor largo. Esta familia se encuentra dividida en un importante número de subfamilias o tribus y cada una de éstas frecuentemente son parasitoides de un grupo específico de insectos. Son avispas de cuerpo delgado, con una longitud de 3-40 mm, presentan dos venas recurrentes, la 2ª celda submarginal es pequeña o inexistente y ausente la base de la vena cubital, las celdas 1ª discoidal y 1ª submarginal se encuentran fusionadas. Antenas formadas por 16 o más artejos y generalmente casi tan largas como la mitad del cuerpo. Muchas especies de esta familia son insectos de importante valor en el control de insectos plaga (Borrór *et al.*, 1970).

Pteromalidae: Insectos con una longitud de 2-4 mm, usualmente de color negro o verde metálico,

presentan tarsos de 5 segmentos, en las tibias anteriores presenta un espolón apical grande y curvo, mesopleura ligeramente cóncava o con una ranura poco profunda y amplia. Fémures posteriores no agrandados, pronoto cónico y estrecho hacia adelante en vista dorsal. Son parasitoides de diversas especies de insectos, muchas especies de esta familia son importantes agentes de control de plagas de los cultivos agrícolas (Borrór *et al.*, 1970).

Signiphoridae (Thysanidae): Algunas especies de esta familia son parasitoides primarios de escamas y otras son hiperparasitoides de parasitoides de escamas y moscas blancas. Son similares a la familia Encyrtidae su tamaño varía de 0.22 a 1.7 mm de tamaño, de colación blanca a negra o rosa salmón, la vena marginal es tan larga como la submarginal y escutelo más ancho que largo. Esta familia es pequeña y rara (Borrór *et al.*, 1970).

Trichogrammatidae: Pertenecen a la superfamilia Chalcidoidea, presentan vena marginal elongada, postmarginal y estigmal reducida, antenas con 5-13 artejos, cuerpo de aproximadamente 1 mm de longitud, metasoma ampliamente unido al propodeum, tarsos de 3 segmentos, alas anteriores con pelos diminutos en filas. Son parasitoides de huevos del orden Lepidoptera y considerados de importancia en el control de plagas agrícolas (Borrór *et al.*, 1970).

A continuación se ilustra un cuadro con la relación de parasitoides reportados para el estado, es importante mencionar que son las especies de las que existe registro, sin embargo, es mucho lo que falta por estudiar con el objetivo de conocer los enemigos naturales de diversas especies y considerar a éstos como alternativa para el manejo de plagas.

El uso de plaguicidas para el control de plagas agrícolas, no es la única opción para lograr el éxito en la producción, existen alternativas que no afectan el equilibrio de poblaciones, que no inducen el desarrollo de resistencia y no desplazan a especies, esta opción es el uso de organismos benéficos, que regulan las poblaciones de organismos plaga, mantienen densidades de plagas que no provocan daños económicos, logran disminuir la contaminación por el uso de moléculas químicas y conservan la diversidad de especies, tal es el caso de *A. kamali* quien en el 2008 ejerció un para-

Tabla 1
Especies de parasitoides del orden Hymenoptera encontrados en el Estado de Nayarit, México.

Familia	Especie parasitoide	Hospedero	Cultivo	Reporta
Aphelinidae	<i>Eretmocerus californicus</i> Howard	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae)	Chile (<i>Capsicum annum</i> L.)	Ortiz, (2003)
	<i>Eretmocerus jimenezi</i> Rose	<i>Aleurothrixus floccosus</i> Maskell (Hemiptera: Aleyrodidae)	-----	Myartseva et al., (2011)
	<i>Eretmocerus comperei</i> Rose	<i>Aleurothrixus floccosus</i> (Maskell) <i>Tetraeurodes</i> sp. (Hemiptera: Aleyrodidae)	-----	Myartseva et al., (2007)
Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem	<i>Hypothenemus hampeii</i> Ferrari (Coleoptera: Scolytidae)	Café (<i>Coffea</i> spp.)	Cesavenay, (2013)
Braconidae	<i>Meteorus laphygmae</i> Viereck	<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith (Lepidoptera: Noctuidae)	Maíz (<i>Zea mayz</i> L.)	Bahena, (2008)
	<i>Cotesia</i> sp.	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Estrada et al., (2011)
	<i>Glyptapanteles</i> sp.	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Molina et al., (2004)
	<i>Aleiodes</i> sp.	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Molina et al., (2004)
	<i>Chelonus</i> sp.	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	González et al., (2003)
	<i>Chelonus insularis</i> Creeson	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Estrada et al., (2011)
	<i>Apanteles deplanatus</i> Muesebeck	<i>Diatraea considerata</i> Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae) <i>Diatraea magnifactella</i> Dyar (Lepidoptera: Pyralidae)	Caña azúcar (<i>S. officinarum</i> L.)	Grifaldo, (2011)
	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i> Ashmead	<i>Anastrepha</i> spp. (Diptera: Tephritidae)	Mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	Isiordia et al., (2011)
	<i>Meteorus</i> sp.	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	González et al., (2003)
	<i>Triaspis eugenii</i> Wharton & López-Martínez	<i>Anthonomus eugenii</i> Cano (Coleoptera: Curculionidae)	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez et al., (2007)
	<i>Urosigalphus</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez et al., (2007)
	<i>Aliolus</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez et al., (2007)
	<i>Bracon</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez et al., (2007)

Encyrtidae	<i>Anagyrus kamali</i> Moursi	<i>Maconellicoccus hirsutus</i> Green (Hemiptera: Pseudococcidae)	Teca (<i>Tectona grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
	<i>Giransoidea indica</i> Shafee, Alam y Agarwal	<i>M. hirsutus</i> Green	Teca (<i>T. grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
	<i>Prochiloneurus</i> sp.	<i>Anagyrus kamali</i> Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae)	Teca (<i>T. grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
	<i>Cheiloneurus</i> sp.	<i>A. kamali</i> Moursi	Teca (<i>T. grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
Eulophidae	<i>Tamarixia radiata</i> Waterston	<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)	Limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka)	Rodríguez <i>et al.</i> , (2012)
	<i>Aprostocetus minutus</i> Howard	<i>A. kamali</i> Moursi	Teca (<i>Tectona grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
	<i>Euderus</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez <i>et al.</i> , (2007)
	<i>Sympiesis</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez <i>et al.</i> , (2007)
Eupelmidae	<i>Eupelmus</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez <i>et al.</i> , (2007)
Eurytomidae	<i>Eurytoma</i> sp.	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez <i>et al.</i> , (2007)
Ichneumonidae	<i>Pristomerus spinator</i> Fabricius	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Molina <i>et al.</i> , (2004)
	<i>Pristomerus</i> sp.	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Estrada <i>et al.</i> , (2011)
	<i>Campoletis flavicincta</i> Ashmead	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Z. mayz</i> L.)	Molina <i>et al.</i> , (2004)
	<i>Eiphosoma vitticole</i> Cresson	<i>S. frugiperda</i> Smith	Maíz (<i>Zea mayz</i> L.)	Molina <i>et al.</i> , (2004)
Pteromalidae	<i>Catolaccus grandis</i> Burks	<i>Anthonomus grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae) <i>Anthonomus hunteri</i>	Algodón (<i>Gossypium</i> spp.) <i>Cienfuegosia</i> spp.	Nicholls, (2008)
	<i>Catolaccus hunteri</i> Crawford	<i>A. eugenii</i> Cano	Chile (<i>Capsicum</i> spp. L.)	Rodríguez <i>et al.</i> , (2007)
Signiphoridae	<i>Signifora</i> sp.	<i>A. kamali</i> Moursi	Teca (<i>T. grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
	<i>Chartocerus</i> sp.	<i>A. kamali</i> Moursi	Teca (<i>T. grandis</i> L.)	García <i>et al.</i> , (2009)
Trichogrammatidae	<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley	Larvas de lepidoptera	Diversos cultivos	García, <i>et al.</i> , (2005)

sitismo promedio de 22.55 % a 42.31 % en *M. hirsutus*, en el municipio de Compostela y para noviembre del 2009 reportan un parasitismo del 44 %, comprobó así la gran eficiencia de los enemigos naturales como un caso exitoso del control biológico (Sánchez, 2010).

Es una amplia diversidad de parasitoides que se encuentran de forma natural en los diferentes

ecosistemas y agroecosistemas regulan a otros insectos, tal es el caso de los parasitoides *Triaspis eugenii*, *Urosigalphus* sp., *Aliolus* sp., *Bracon* sp., *Catolaccus hunteri*, *Euderus* sp., *Sympiesis* sp., *Eupelmus* sp. y *Eurytoma* sp. que regulan la población de *Anthonomus eugenii* lamentablemente no se tienen reportes del porcentaje de parasitismo de estas especies (Rodríguez *et al.*, 2007) y en los estudios realizados por Rodríguez *et*

al., (2012) reporta un parasitismo del 7.6 % de *Tamarixia radiata* en ninfas de *Diaphorina citri*, lo anterior nos indica que los parasitoides mantienen una interacción con su huésped que genera una regulación denso-dependiente.

Conclusiones

El Conocimiento de la entomofauna regional nativa e introducida permite diseñar programas de manejo biológico de plagas, implementar estrategias de manejo de bajo impacto a la fauna benéfica y establecer estrategias de respeto a las cadenas tróficas. El control biológico es una herramienta técnica sustentable para el manejo de plagas de los principales cultivos establecidos en el estado de Nayarit y se reporta una gran diversidad de especies con función de equilibrio

biológico. Se registran 11 familias de parasitoides, de las cuales, la familia Brachonidae, es la que hasta el momento representa mayor diversidad, pues hay reportadas 13 especies, la familia Encyrtidae, Eulophidae e Ichneumonidae están representadas por cuatro especies cada una, seguida de Aphelinidae para la que se reportan tres especies de parasitoides, Signiphoridae y Pteromalidae cuenta con dos especies cada una y las familias Bethyidae, Eupelmidae, Eurytomatidae y Trichogrammatidae solo se tiene reporte de una especie en cada una. La mayoría de especies reportadas se encuentran de forma natural, lo que indica la gran diversidad de organismos y la interacción que existe entre ellos; es importante mencionar que aún son muchos los estudios que faltan por realizarse en este tema con el objetivo de conocer la diversidad y presentar alternativas en el manejo de plagas a los productores agrícolas.

Literatura citada

- Avendaño FS. Búsqueda de parasitoides asociados a *Anastrepha* spp. en frutales de la región de Tapanatepec, Oaxaca (Tesis de maestría). Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional, 2006.
- Bahena JF. Enemigos naturales de las plagas agrícolas del maíz y otros cultivos. Texcoco Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2008: 21-27.
- Barrera FJ. Tres plagas de café en Chiapas. El Colegio de la frontera sur. Tapachula, Chiapas, México: 2002. 7-10.
- Borror JD, White ER. A field guide to the insects of America North of Mexico. The United States of America 1970; 320-340.
- Carballo M. Manejo de insectos mediante parasitoides. Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica) 2002; 66: 118-122.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Nayarit [Campaña Fitosanitaria contra la broca del café] SAGARPA, 2013 [consultado 2013 marzo 14]. Disponible en: http://cesavenay.org.mx/?page_id=47.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Nayarit [Campaña Fitosanitaria contra el Huanglongbing (HLB) de los cítricos] SAGARPA, 2013 [consultado 2013 marzo 11]. Disponible en: http://cesavenay.org.mx/?page_id=43.
- Estrada VMO, Cambero CJ, Carvajal CC, Robles BA, Ríos VC, Caro VF. Reporte preliminar de enemigos naturales del cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México. En: Simposio de Control Biológico. 2011 noviembre 61-64; Monterrey, Nuevo León, México.
- García AM. Efectividad biológica de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., en broca del café, en Xalisco Nayarit (Tesis de licenciatura). Nayarit: Universidad Autónoma de Nayarit, 2002.
- García GF, González HA, España LMP. Especies de Trichogramma westwood (Hemiptera: Trichogrammatidae) presentes en los centros de reproducción de México. Revista acta zoológica mexicana 2005; 21(3): 125-135.
- García VF, Ortega ALD, González HH, Villanueva JJA, López CJ, González HA, et al. Parasitismo natural e inducido de *Anagyrus kamali* sobre la cochinilla rosada en brotes de teca, en Bahía de Banderas, Nayarit. Agrociencia 2009; 43: 729-738.
- Gómez RJ, Santos OA, Valle MJ, Montoya GJ. Determinación del establecimiento de parasitoides de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. Entomotropica 2010; 25(1): 25-36.
- González FB, Bernal IA. Impacto social del uso de los plaguicidas en el mundo. Universidad de Matanzas. 2000. 8-9.
- González HA, Delín GH, Figueroa DLRI, Lomelí FR, López MV, Sánchez GJA, et al. Catalogo Ilustrado de Brachonidae (Hymenoptera: Ichneumonidae) en México. 2003.
- Grifaldo APF. Incidencia de nematodos entomopatógenos en áreas cañeras de Veracruz y su interacción con el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis*. (tesis de maestría). Texcoco: Colegio de Postgraduados, 2011.

- Hernández AA, Hansen AM. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental* 2011; 27(2): 115-127.
- Isiordia AN, García MO, Flores CRJ, Díaz HM, Carvajal CCR, Espino AR. El cultivo del mango en Nayarit, acciones e impactos en materia fitosanitaria 1993-2010. *Revista Fuente* 2011; 2(7): 34-43.
- León MGA. La diversidad de insectos en cítricos y su importancia en los programas de manejo integrado de plagas. *Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica)* 2005; 74: 85-93.
- Molina OJ, Carpenter JE, Lezama GR, Foster JE, González RM, Angel SCA, *et al.* Natural distribution of Hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Florida entomologist* 2004; 84(4): 16-472.
- Myartseva SN, Ruíz CE, Coronado BJM. Especies de *Eretmocerus haldeman* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoides de *Aleurothrixus floccosus* (Marskell) (Homoptera: Aleyrodidae) de México, en la descripción de una nueva especie. *Acta zoológica mexicana* 2007; 23(1): 37-46.
- Myartseva SN, Ruíz CE, Coronado BJM. Identificación de los géneros Aphelinidae de México (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Entomología Mexicana* 2009; 8: 935-939.
- Myartseva SN, Ruíz CE, Coronado BJM. Especies de *Eretmocerus haldeman* (Hymenoptera: Aphelinidae) de México con maza antenal corta, clave y descripción de una nueva especie. *Acta zoológica mexicana* 2011; 27(3): 583-590.
- Nicholls ECI. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia 2008; 2-124.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. 2011: 9.
- Ortiz, CM. Factores bióticos y abióticos que influyen en el desarrollo de las mosquitas blancas y de los hongos entomopatógenos como biocontroladores (tesis de doctorado). Texcoco: Colegio de Postgraduados, 2003.
- Rodríguez DBLA, Arredondo BHC. Teoría y aplicación del control biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. 2007: 2-67.
- Rodríguez LE, Stansly PA, Schuster JD, Bravo ME. Diversity and distribution of parasitoids of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) from Mexico and prospects for biological control. *Florida Entomologist* 2007; 90(4): 693-702.
- Rodríguez PM, Cambero CJ, Robles BA, Carvajal CC, Estrada VO. Enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Nayarit, México. *Acta zoológica mexicana* 2012; 28(3): 625-629.
- Sánchez CB. *Anagyrus kamali* Moursi, *Criptolaemus montrouzieri* Mulsant su impacto sobre *Maconellicoccus hirsutus* Green en el sur de Nayarit (Tesis de licenciatura). Xalisco: Universidad Autónoma de Nayarit, 2010.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera [Anuario estadístico de producción agrícola 2010 en internet] SAGARPA, 2010 [consultado 2012 agosto 18]. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 disponible.
- Van Driesche RG, Hoddle MS, Center TD, Ruíz CE, Coronada BJ, Manuel AJ. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Washington. U. S. D. A, 2007: 3-46.

Como citar este artículo: Gutiérrez-Ramírez A, Robles-Bermúdez A, Santillán-Ortega C, Ortiz-Catón M, Cambero-Campos OJ. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2013; 2(3): 102-112.

