

Capítulo 9

Uso de depredadores como agentes de control biológico para insectos plaga

Chapter 9

Use of predators as biological control agents of insect pests

Takumasa Kondo,¹ Diego F. Rincón,¹ Ricardo Pérez-Álvarez,²
Aymer Andrés Vásquez Ordóñez,³ Guillermo González F.⁴

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

² Department of Entomology, Cornell University

³ Sección de Entomología, Universidad del Valle, Ciudad Universitaria
Meléndez

⁴ La Reina, Santiago de Chile

Contenido

Introducción	458
Contexto histórico	458
Casos exitosos	461
Control natural mediante depredadores en cultivos de cítricos	461
Control biológico clásico fortuito de la cochinilla acanalada de Colombia <i>Crypticerya multicatrices</i> Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae)	463
Control biológico del ácaro verde de la yuca <i>Mononychellus tanajoa</i> en África	468
Beneficios y dificultades del uso de depredadores para el control biológico	471
Depredadores para el control biológico en invernaderos	471
Depredadores para el control biológico en libre exposición	474
Conclusiones y perspectivas	477
Agradecimientos	477
Referencias	478

Resumen

El presente capítulo compila el conocimiento actual sobre el uso de depredadores para el control biológico de insectos plaga en Colombia. Inicialmente se presenta un resumen del contexto histórico sobre el uso de diferentes especies de artrópodos con este fin, en especial, ácaros Phytoseiidae e insectos depredadores de varios órdenes (Coleoptera, Diptera, Hemiptera y Neuroptera). Se describen tres casos específicos de control biológico con depredadores en campo en Colombia: 1) en el cultivo de cítricos; 2) el caso de la cochinilla acanalada de Colombia —*Crypticeria multicatrides* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae)— en la isla de San Andrés; y 3) el del ácaro verde de la yuca —*Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae)—. Además, se discuten los beneficios y dificultades del uso de depredadores para control biológico en condiciones de invernadero y de campo abierto, a la luz de la teoría ecológica. Finalmente, se abordan las estrategias de control biológico aumentativo y control biológico por conservación.

Palabras clave

Ácaro verde de la yuca, aumentación, cochinilla acanalada de Colombia, control biológico clásico, control biológico de conservación

Abstract

This chapter compiles current knowledge on the use of predators for the biological control of insect pests in Colombia. Initially, a summary of the historical context on the use of different species of arthropods for this purpose is presented, especially phytoseiid mites and predatory insects of various orders (Coleoptera, Diptera, Hemiptera and Neuroptera). Three specific cases of biological control with predators in the field in Colombia are described: 1) in the cultivation of citrus, 2) the case of the Colombian fluted scale —*Crypticerya multicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae)— on the island of San Andrés and 3) the cassava green mite —*Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae)—. In addition, the benefits and difficulties of using predators for biological control under greenhouse and open field conditions are discussed, in the light of ecological theory. Finally, augmentative biological control and conservation biological control strategies are addressed.

Keywords

Augmentation, cassava green mite, classical biological control, Colombian fluted scale, conservation biological control

Introducción

Un depredador es definido como un organismo que ataca, mata y consume varios o muchos otros individuos durante su tiempo de vida (Flint, Dreistadt, & Clark, 1998). Los depredadores juegan un papel clave en la estabilidad de los ecosistemas y, a diferencia de los parasitoides, la mayor parte puede alimentarse de una amplia diversidad de presas. Una porción importante de la teoría ecológica sobre la regulación natural de poblaciones de herbívoros y la dinámica de comunidades se ha elaborado a partir de la interacción entre depredadores y presas como modelo de estudio (Abrams, 2012; Bacaër, 2011; Holling, 1961).

De hecho, los depredadores marcaron la historia del control biológico de plagas, que tiene sus orígenes en el exitoso programa para el control de la cochinilla acanalada *Icerya purchasi* (Maskell) (Hemiptera: Monophlebidae) (figura 9.1a) en cultivos de cítricos en California, EE. UU., entre 1888 y 1889 (Le Caltagirone & Doult, 1989). Dicho programa partía de la idea de que un insecto plaga introducido (en este caso, desde Australia) carecía de enemigos naturales que regularan sus poblaciones por debajo de los niveles económicos en el nuevo hábitat. De acuerdo con esto y con la hipótesis de que el reencuentro entre *I. purchasi* y su depredador más importante restablecería la regulación natural de la plaga, se introdujeron 514 individuos de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) (figura 9.1b) en dichos cultivos, a finales de 1888. Para 1890, todas las poblaciones de *I. purchasi* estaban por debajo de los niveles económicos, lo cual se convirtió en la primera

y una de las más impresionantes demostraciones de la aplicabilidad del control biológico y de la ecología como ciencia (Le Caltagirone & Doult, 1989).

Sin embargo, la historia del control biológico clásico (o del control biológico por aumentación de población de enemigos naturales) ha estado dominada por el uso de parasitoides y microorganismos entomopatógenos más que por el uso de depredadores (Van Lenteren, Bolckmans, Köhl, Ravensberg, & Urbaneja, 2018). Al parecer, la característica más apreciada de los depredadores es la flexibilidad de su dieta, que facilita su establecimiento y evita costosas reintroducciones (Stiling & Cornelissen, 2005). Sin embargo, el establecimiento no siempre es el objetivo principal de los programas de control biológico de plagas, y la flexibilidad en la dieta puede reducir las tasas de consumo sobre las especies blanco.

En este capítulo se presenta una revisión detallada del papel de los depredadores en programas de control biológico, con énfasis en estudios de caso en Colombia. Se inicia con una descripción de la historia general de este recurso. Luego, se presentan casos que ilustran el proceso de investigación que culmina con el uso exitoso de depredadores en programas de manejo de plagas y un caso de control biológico clásico fortuito que ocurrió en la isla de San Andrés, en el Caribe colombiano, mediante el coccinélido *Anovia punica* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae). Al final, se discuten las principales dificultades del uso de depredadores para el control de plagas en campo y en invernadero, a la luz de la teoría ecológica.

Contexto histórico

El uso intencionado de depredadores en programas de control biológico (es decir, control biológico clásico o por aumentación) de plagas en campo abierto e invernadero en Colombia es bastante incipiente (Bueno & Van Lenteren, 2002). Esta tendencia se repite en todo el mundo, pero especialmente en el continente americano, donde la mayor parte de los programas

de control biológico por aumentación se basan en parasitoides de huevos y hongos entomopatógenos (Van Lenteren, 2012; Van Lenteren et al., 2018). En general, Europa es el continente donde se aprecia el mayor uso intencionado de depredadores para el control de plagas en cultivos, en su gran mayoría, coccinélidos para el control de hemípteros en cultivos



Fotos: Takumasa Kondo y Guillermo González

Figura 9.1. Control biológico. a. La cochinilla acanalada *Icerya purchasi* (Maskell) (Hemiptera: Monophlebidae); b. La mariquita vedalia *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae); c. *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae).

al aire libre y ácaros depredadores para el control de ácaros plaga en invernaderos (Stiling & Cornelissen, 2005; Van Lenteren, 2012). Sin duda, el papel de los depredadores es más relevante en programas de control de plagas por conservación que en aquellos que involucren la cría y la liberación intencionada de especies puntuales. A continuación, se relacionan algunos ejemplos documentados de depredadores que históricamente se han usado o se usan en programas de control biológico por inoculación o aumentación en Colombia.

Hay muy pocos estudios sobre control biológico de plagas mediante depredadores en Colombia. Uno de los primeros registros se refiere a la introducción de un coccinélido comúnmente conocido como la mariquita vedalia, *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) (figura 9.1b). La mariquita vedalia fue introducida en Colombia para controlar la cochinilla acanalada de los cítricos *Icerya* sp. (Hemiptera: Monophlebidae) (figura 9.1a), una plaga invasora de origen australiano. En 1948, durante la celebración de la IX Conferencia Panamericana realizada en Bogotá, se introdujeron unos árboles de acacia para embellecer las avenidas de la ciudad capital; sin embargo, las plantas importadas estaban infestadas con un insecto plaga, la cochinilla acanalada *Icerya* sp., la cual ocasionó brotes poblacionales de una gran magnitud (Valenzuela, 1993). Varios entomólogos se involucraron en el control de esta plaga, entre ellos, Luis María Murillo y sus colaboradores, quienes implementaron un exitoso programa de control biológico clásico mediante la importación de *R. cardinalis* (Valenzuela, 1993).

Otro coccinélido, *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) (figura 9.1c), fue importado desde el Perú en los años sesenta para el control del pulgón *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) en cultivos de algodón (Smith & Bellotti, 1996). Existe un estudio de revisión para los años 1995-2003, realizado por Bellotti et al. (2005), sobre el control biológico en el neotrópico con énfasis en los numerosos parasitoides y entomopatógenos (incluyendo los baculovirus) que se han utilizado en esa región, especialmente, para el control de plagas de cultivos de algodón, café y yuca. Entre los controladores biológicos, Bellotti et al. (2005) listaron varios depredadores del ácaro verde de la yuca *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), como el

Oligota minuta Cameron (Coleoptera: Staphylinidae), varias especies no determinadas de ácaros depredadores (Acari: Phytoseiidae), la mariquita *Stethorus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), que ejercen un control natural en cultivos de yuca (Bellotti et al., 2005).

En Colombia, el uso de depredadores para el control de plagas se ha llevado a cabo con relativa frecuencia y, a veces, de forma intensiva en invernaderos destinados a la producción de flores, hortalizas y plantas ornamentales, entre otros. El crisópido *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) se vende actualmente en el país para el control de los áfidos como el *Aphis gossypii* Glover y el *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), así como para el control de varias especies de trips (Thysanoptera) en cultivos de flores, plantas ornamentales de invernadero y hortalizas como el pimentón (*Capsicum* spp.) (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2016).

Por otro lado, para el control de varias especies de áfidos (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de flores y plantas de invernadero, se ha utilizado el mosco depredador *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae), insecto que prefiere ambientes sombríos y húmedos (Nicholls, Parrella, & Altieri, 1998). La larva de *A. aphidimyza* inyecta a su presa una toxina en las articulaciones de las patas que la inmoviliza para luego alimentarse succionando su contenido (Harris, 1973). En cuanto al control de ácaros fitófagos en cultivos de flores y plantas de invernadero, se han utilizado exitosamente varios ácaros depredadores con buenos resultados. Por ejemplo, para el control de la arañita roja *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) se ha reportado el *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae); para el control del ácaro del ciclamen *Phytonemus pallidus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) se ha reportado el *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae), y para el control del ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) se ha reportado el *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) (Andrade, Briceño, Muñoz, & Jiménez, 1989; Nicholls et al., 1998).

El trips occidental de las flores, *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), se puede controlar mediante el uso de cuatro especies de ácaros depredadores: *Hypoaspis miles* Berlese (Mesostigmata:

Laelapidae), el *Iphiseius degenerans* (Berlese), el *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) y el *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en cultivos de flores y en plantas de invernadero (Andrade et al., 1989; Nicholls et al., 1998). En Colombia, en ambientes de invernadero, también se han utilizado los llamados chinches piratas, que son hemípteros depredadores que succionan la hemolinfa de sus presas utilizando su estilete para penetrar la cutícula de insectos blandos, como el trips occidental de las flores *F. occidentalis*, el *Orius insidiosus* (Say), el *O. laevigatus* (Fieber) y el *O. tristicolor* (White) (Hemiptera: Anthocoridae) (Andrade et al., 1989; Nicholls et al., 1998).

Para el control de la cochinilla acanalada de Colombia, *Crypticeria multicastrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae), plaga de numerosas especies frutales, árboles leguminosos urbanos y palmáceas, entre otros, se ha reportado la mariquita *Anovia punica* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae) como un buen controlador natural. De hecho, *A. punica* fue de utilidad en la isla de San Andrés para controlar poblaciones de *C. multicastrices* mediante un exitoso control biológico clásico fortuito (Kondo, Gullan, & González, 2014; Kondo, Ramos-Portilla, Peronti, & Gullan 2016b) (para más detalles ver el apartado correspondiente de este capítulo, p. 463).

En el área de la salud, se ha reportado el uso del crustáceo *Mesocyclops longisetus* (Thiébaud) (Crustacea: Cyclopoida: Cyclopidae) como depredador de larvas del mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae). El crustáceo fue criado y liberado en alcantarillas y depósitos de agua en la ciudad de Cali, departamento del Valle del Cauca (Colombia), en un estudio realizado entre 1999 y 2000, con resultados promisorios (Suárez-Rubio & Suárez, 2004).

Para el control del chinche de encaje, *Leptopharsa gibbicarina* Froesch. (Hemiptera: Tingidae), que ataca severamente las hojas del cultivo de palma de aceite en Colombia, se han utilizado con buenos resultados hormigas del género *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae) (Aldana, Calvache, & Méndez, 1995; Aldana, Aldana, Calvache, & Arias, 1998; Aldana, Calvache, & Arias, 2000; Aldana, Aldana, & Calvache, 2002; Barrios-Trilleras, Cuchimba-Triana, & Bustillo-Pardey, 2015; Guzmán, Calvache, Aldana, & Méndez, 1997; Montañez, Calvache, Luque, & Méndez, 1997).

En cultivos de pinos comerciales (*Pinus* spp.), se ha utilizado en Colombia una especie de basurita o crisópido, *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), para controlar una importante plaga invasora, el adélgido *Pineus boernerii* Annand (Hemiptera: Adelgidae) (Rodas et al., 2014). En cultivos de caña

de azúcar, para el control del áfido *Sipha flava* Forbes (Hemiptera: Aphididae) se pueden encontrar de forma comercial los crisópidos *Chrysoperla carnea* y *C. rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) (ICA, 2016), los cuales se liberan en el campo en los ingenios azucareros.

Casos exitosos

Control natural mediante depredadores en cultivos de cítricos

En Colombia existen unas 160.000 hectáreas plantadas de cítricos y, en el 2013, se cosecharon aproximadamente 1.682.000 toneladas de fruto fresco (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2016). En un estudio realizado en el municipio de Caicedonia (Valle del Cauca) en naranja Valencia, se evaluó el control del ácaro blanco *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) mediante la liberación de cuatro especies de ácaros depredadores nativos: *Amblyseius herbicolus* (Chant), *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, *Neoseiulus anonymous* (Chant & Baker) y *N. californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae), en dosis de 500 individuos/árbol, junto con liberaciones del crisópido *C. carnea* en dosis de 100 larvas/árbol. Tal combinación de depredadores resultó más efectiva que la aplicación de abamectinas (Imbachi et al., 2012).

Como plagas de los cítricos en Colombia se destaca la orthezia de los cítricos *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Ortheziidae) (Kondo, Peronti, Kozár, & Szita, 2012b; León & Kondo, 2017), un insecto sumamente polífago que puede causar infestaciones severas asociadas con fumagina y muerte de ramas. Prefiere alimentarse en el envés de las hojas, pero puede hacerlo en ambas superficies, ramas, flores y troncos (Kondo et al., 2012b; León & Kondo, 2017). La orthezia de los cítricos está asociada a la defoliación de los árboles, el retardo de crecimiento y la baja producción (León & Kondo, 2017). La fumagina, que generalmente es causada por el hongo *Capnodium* sp., se desarrolla en la miel de rocío excretada por los insectos y causa una reducción en la tasa fotosintética de la planta (Kondo et al., 2012b; Kondo, Peronti, Kozár, & Szita, 2013).

En el departamento del Valle del Cauca, el crotón ornamental y la buganvilia son los reservorios más importantes de dicho insecto, que se convierte a

menudo en una permanente fuente de infestación (Kondo et al., 2012b). Las altas infestaciones de *P. praelonga* en los cítricos están asociadas frecuentemente con la falta de enemigos naturales como consecuencia directa del uso de plaguicidas. Según Kondo et al. (2012b), la práctica del control químico de *P. praelonga* no solo es ineficaz, sino que a menudo destruye el equilibrio natural del ecosistema, causa la aparición de nuevas plagas de insectos y el resurgimiento de otros.

Según Velásquez, Núñez y García (1992), la orthezia de los cítricos en Colombia es controlada por varios enemigos naturales, entre ellos, un coccinélido (Coleoptera: Coccinellidae: Hyperaspidae), dos especies de chinches depredadores —*Ambracius daufouri* Stål y *Proba vittiscutis* Carvalho (Hemiptera: Miridae)—, una crisopa —*Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae)— y una mosca depredadora (Diptera: Drosophilidae) cuyas larvas se alimentan de los huevos del insecto. Otros depredadores, como *Hyperaspis* sp. (Coccinellidae: Hyperaspidae) y *Monalocoris* sp. (Hemiptera: Miridae), entre otros, también ejercen un control de *P. praelonga* de forma natural (León & Kondo, 2017). A nivel mundial existe una larga lista de enemigos naturales reportados para *P. praelonga*, entre ellos, once especies de coccinélidos, ocho especies de dípteros, cinco especies de hemípteros, dos himenópteros y cuatro neurópteros (Kondo et al., 2013).

En Colombia se han reportado en cítricos 34 especies de insectos escama distribuidas en seis familias: Diaspididae, Coccidae, Margarodidae, Monophlebidae, Ortheziidae y Pseudococcidae (Kondo et al., 2012, 2013; Ramos-Portilla & Caballero, 2017).



Fotos: Takumasa Kondo

Otra plaga común de los cítricos es el piojo blanco *Unaspis citri* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae). De las 34 especies de insectos escama reportadas en cítricos, 20 son diaspídidos (Diaspididae) (Ramos-Portilla & Caballero, 2017), de los cuales probablemente *U. citri* es uno de los más importantes. *Unaspis citri* se localiza en las ramas, hojas, troncos y frutos de la planta hospedera. Cuando las poblaciones son muy altas en los troncos, la corteza de estos se agrieta, especialmente, en árboles jóvenes, lo cual afecta su crecimiento (León & Kondo, 2017; Vélez, 1997). Los parasitoides frecuentemente mantienen las poblaciones de este insecto bajo control, junto con varias especies de depredadores, dentro de las cuales se incluyen *Diomus* sp., *Pentilia castanea* Mulsant, *Cryptolaemus* sp., *Scymnus* sp. y *Cryptognatha* spp. (León & Kondo, 2017).



De otra parte, el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es considerado como un insecto plaga invasor en Colombia. Los daños directos causados por el psílido resultan por la remoción de grandes cantidades del floema de la planta hospedera. Tales daños adquieren mayor importancia por ser el vector de la bacteria causante de la enfermedad devastadora de los cítricos, el *huanglongbing* o HLB (Mead & Fasulo, 2010). Esta enfermedad ya se encuentra en seis departamentos del norte del país, donde se han erradicado árboles infectados y se ha controlado el psílido mediante aplicaciones de insecticidas (ICA, 2015).



En Colombia se han reportado 17 especies de enemigos naturales de la clase Insecta para el control del psílido asiático de los cítricos, distribuidas en seis familias y en cinco órdenes (Kondo et al., 2017). Aparte del ectoparasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) y el endoparasitoide *Diaphorencyrtus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), todos los demás enemigos naturales de *D. citri* son depredadores generalistas: nueve especies de coccinélidos, *Azya orbiger* Mulsant, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (figuras 9.2a y b), *Chilocorus* cf. *cacti* (L.), *Curinus colombianus* Chapin, *Cycloneda sanguinea* (L.), *Harmonia axyridis* (Pallas) (figura 9.2c), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Olla v-nigrum* (Mulsant) y *Scymnus rubicundus* Erichson (Coleoptera: Coccinellidae); dos especies de moscas depredadoras, *Allograpta* (Fazia) CR-2 aff. *hians* (Enderlein) y *Leucopodella* sp. (Diptera: Syrphidae);

Figura 9.2. Coccinélidos en cultivos de cítricos. a. Larva de *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius); b. Adulto de *C. sexmaculata*; c. *Harmonia axyridis* (Pallas).

un chinche asesino, *Zelus cf. nugax* Stål (Hemiptera: Reduviidae); una avispa, *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae); y dos especies de crisópidos, *Ceraeochrysa* sp. y *Ceraeochrysa cf. claveri* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae) (Kondo, González, & Guzmán-Sarmiento, 2017).

Entre las especies más importantes de depredadores de *D. citri*, se han reportado varias de la familia Coccinellidae: *Olla v-nigrum*, *C. sanguinea*, *Chilocorus cacti*, *Axion* sp., *Arawana* sp., *Azya orbigera* y *Brachiacantha decora* (Casey) (González, Gómez Pacheco, Hernández Espinosa, & Rodríguez Tapia, 2010; Michaud, 2001, 2002; Michaud & Olsen, 2004; Palomares-Pérez et al., 2016). En México, la mariquita *Exochomus marginipennis* (Le Conte) se ha reportado como un enemigo natural con potencial para su integración en programas de control biológico de *D. citri* (Palomares-Pérez et al., 2016). Según Michaud (2001), en la Florida (EE. UU.), las poblaciones del coccinélido *Olla v-nigrum* en cultivos de cítricos aumentaron después de la invasión de *D. citri*, lo que indica que *O. v-nigrum* juega un papel clave en el control biológico de esta plaga.

Según un estudio realizado en la India, el coccinélido *C. sexmaculata*, el parasitoide *T. radiata* y el crisópido *Mallada boninensis* (Okamoto) (Neuroptera: Chrysopidae) son los tres enemigos naturales más eficaces en el control de *D. citri* (Shivankar & Rao, 2010). De acuerdo con Chávez et al. (2017), la presencia del parasitoide específico *T. radiata* y del depredador general *C. sexmaculata* probablemente explica por qué no se han observado altas poblaciones de *D. citri* en Ecuador, a pesar de su reciente introducción en ese país. En la India, en los agroecosistemas del distrito de Papum Pare, en el estado de Arunachal Pradesh, *C. sexmaculata* es una de las especies más dominantes (Hemchandra, Kalita, & Singh, 2010).

De las especies registradas en Colombia como depredadores de *D. citri*, se observó que el coccinélido *C. sexmaculata* ejerció un control biológico importante en los cultivos de cítricos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Palmira, departamento del Valle del Cauca (T. Kondo, observación personal, 26 de septiembre de 2017). Liberaciones en campo de este coccinélido podrían ayudar a disminuir las

poblaciones de *D. citri* y la dispersión de la enfermedad devastadora de los cítricos *huanglongbing*. Para una lista de enemigos naturales de plagas comunes de los cítricos, se recomienda consultar el trabajo de León y Kondo (2017).

Control biológico clásico fortuito de la cochinilla acanalada de Colombia *Crypticerya multicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae)

En la última década, los insectos-escama de la tribu Iceryini (Hemiptera: Cocomopha: Monophlebidae), conocidos comúnmente como cochinillas acanaladas, han sido reportados frecuentemente como plagas invasoras en muchas partes del mundo (Kondo et al., 2014, 2016a, 2016b). Algunos ejemplos de la invasión de estos insectos en el Nuevo Mundo incluyen *Crypticerya genistae* (Hempel) en el estado de Espírito Santo (Brasil) (Culik et al., 2007), en la isla de Guadalupe (Etienne & Matile-Ferrero, 2008), en el estado de la Florida (EE. UU.) (Hodges, 2008; Hodges, Hodges, & Unruh, 2008) y en Colombia (Kondo et al., 2016a, 2016b). También incluyen *Icerya purchasi* Maskell en las islas Galápagos (Causton, 2004), *Crypticerya multicatrices* Kondo & Unruh en la isla de San Andrés (Colombia) (ICA, 2010; Kondo, Gullan, & Ramos Portilla; Kondo et al., 2012a, 2014, 2016b; Silva-Gómez et al., 2013) y, más recientemente, *Crypticerya brasiliensis* (Hempel) en Colombia (Kondo et al., 2016a, 2016b).

Crypticerya genistae se reportó en Colombia como una plaga del ají *Capsicum* sp. cv. Topito (Solanaceae) (Kondo et al., 2016a, 2016b). Las plantas de las familias Asteraceae, Euphorbiaceae y Fabaceae son afectadas por *C. genistae* (Etienne & Matile-Ferrero, 2008; Hodges et al., 2008), así como las familias Malvaceae y Solanaceae (Kondo et al., 2016a).

San Andrés es la isla principal del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, que está compuesto por una extensa área de islas, bancos y cayos en el oeste del Caribe. San Andrés Isla está ubicada a

unos 700 km al noroeste de Colombia continental y 250 km al este de Nicaragua (Geister & Díaz, 1997; Hartnoll, Baine, Grandas, James, & Atkin, 2006). Por lo tanto, San Andrés está más cerca de Nicaragua (y de otros países centroamericanos) que de Colombia. Sin embargo, a pesar de la proximidad geográfica de este archipiélago con América Central, la cochinilla acanalada de Colombia (CAC), *C. multicastrices*, probablemente fue introducida en las islas en plantas ornamentales infestadas traídas desde Colombia continental, ya que este es el único lugar desde el cual se había informado previamente de su existencia: como *Icerya brasiliensis* Hempel (Kondo, 2001) y como *Crypticerya* sp. (Kondo, 2008) (Kondo-Rodríguez, 2009; Kondo & Unruh, 2009). Además, existe un comercio intensivo entre las islas y el territorio continental de Colombia, lo que explicaría su introducción en la isla (Kondo et al., 2012a, 2014).

Desde 2010 hasta principios de 2013, el daño causado por la CAC resultó en la pérdida de la competitividad y la rentabilidad del sector agrícola de la isla de San Andrés, lo cual disminuyó la calidad de vida de las familias nativas, ocasionó la pérdida de la autosostenibilidad en la seguridad alimentaria local y la disminución de la satisfacción de los turistas que visitan las islas debido a la decadencia visual causada por las altas infestaciones de esta plaga invasora (Kondo et al., 2014).

La CAC es una plaga polífaga nativa de Colombia continental, reportada en 147 especies vegetales, principalmente, palmas (Arecaceae), mango *Mangifera indica* (Anacardiaceae), árboles y arbustos leguminosos (Fabaceae). También ha sido reportada en muchos cultivos utilizados como alimento por los isleños y en las plantas ornamentales que forman parte del paisaje tropical de las islas (Kondo et al., 2012a, 2014). El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) informó que, en 2010, hubo 180 hectáreas afectadas por la cochinilla rosada de hibisco *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) y *C. multicastrices* en la isla de San Andrés, afectación que aumentó a 1.740 hectáreas para 2011 (Alterio & Ramos, 2011). El menor daño fue causado por *M. hirsutus*, dado que esta especie contó con dos especies de parasitoides: *Anagyrus kamali* Moursi y *Gyranoidea indica* Shafee, Alam y Agarwal (Hymenoptera:

Encyrtidae). Estas últimas se introdujeron junto con la cochinilla harinosa o poco después de la introducción de esta en la isla (Evans et al., 2012).

La CAC tiene cuatro etapas de desarrollo: tres etapas ninfales y la etapa adulta (Kondo & Unruh, 2009). Por lo general, todas las etapas se pueden encontrar en una sola población; la especie se considera hermafrodita (Kondo et al., 2012a), similar a *C. zeteki*, especie estrechamente relacionada (Hughes-Schrader & Monahan, 1966). Los machos de la CAC se desconocen (Kondo & Unruh, 2009; Kondo et al., 2012a). Sin embargo, Silva-Gómez et al. (2013) reportaron haber criado dos machos adultos en el laboratorio. La CAC puede encontrarse en todos sus estados durante todo el año, aunque las infestaciones suelen ser más severas en tiempos de sequía. Las plántulas son especialmente susceptibles y pueden secarse cuando las poblaciones son altas (Kondo et al., 2012a).

Crypticerya multicastrices es un insecto que tiene un ciclo de desarrollo bastante largo, que se extiende hasta aproximadamente cinco meses, en los cuales los individuos sobreviven $152,6 \pm 2,40$ días (desde el huevo hasta el adulto) en condiciones de semicampo y $136,74 \pm 2,91$ días en condiciones de invernadero (Sotelo & Kondo, 2017). Además, el insecto permanece en la etapa adulta más del 60% del tiempo de supervivencia total, lo que sugiere el uso de agentes de control biológico: depredadores que se especializan en alimentarse en esta etapa del desarrollo (Sotelo & Kondo, 2017).

La CAC se encuentra comúnmente en las ramas y hojas de la planta hospedera, pero puede aparecer en el tronco y sobre los frutos cuando las poblaciones son altas. A menudo, las hormigas las atienden para recolectar la miel de rocío que excretan (Kondo et al., 2012a). En San Andrés, la CAC se ha encontrado atendida hasta por siete géneros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) distribuidas en cuatro subfamilias; los géneros son *Crematogaster*, *Monomorium* (Myrmicinae), *Paratrechina*, *Camponotus* (Formicinae), *Dorymyrmex*, *Dolichoderus* (Dolichoderinae) y *Ectatomma* (Ectatomminae) (Silva-Gómez et al., 2013).

En la guanábana *Annona muricata* L. (Annonaceae), se ha informado que *C. multicastrices* (como *Crypticerya* sp.) está relacionada con el retraso en el crecimiento

(Kondo, 2008) y que puede causar defoliación y muerte de la planta hospedera en ataques severos (Kondo et al., 2012a). La especie produce miel de rocío, un líquido azucarado que promueve el crecimiento de hongos que se asocian a síntomas de fumagina. Esta última causa daños cosméticos a las partes comerciales de la planta, con reducción de la calidad del producto, y puede disminuir la tasa fotosintética de las hojas (Kondo et al., 2012a). Curiosamente, en Colombia continental no se ha reportado esta especie asociada a síntomas de fumagina (Kondo & Unruh, 2009), pero se asocia comúnmente con la fumagina en San Andrés (Kondo et al., 2012a). Kondo et al. (2012a) indicaron que es probable que la miel de rocío producida por la CAC sea baja en azúcares, pues la fumagina generalmente no se observa cuando las poblaciones son bajas. Por otra parte, cuando hay fumagina, no se encuentran hormigas o se encuentran muy pocas atendiendo a la CAC (Silva-Gómez et al., 2013).

La CAC se describió originalmente con base en especímenes recolectados en los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca, en Colombia continental, donde se registró en 11 plantas hospederas (Kondo & Unruh, 2009). Una especie del mismo género, *C. montserratensis*, ha sido reportada como una plaga de *Citrus* spp. en la parte continental de Colombia, pero, de acuerdo con Kondo et al. (2012b), esta puede corresponder a una identificación errónea de *C. multicatrices*. En 2010, se informó de afectación de la CAC a 13 especies de plantas (ICA, 2010). Recientemente, Kondo et al. (2012a) reportaron infestaciones en otras 82 plantas hospedadoras, y Silva-Gómez et al. (2013), en un estudio sobre la incidencia de la CAC y *M. hirsutus* en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, informaron de 52 nuevos registros de plantas hospedadoras, lo que incrementó las especies de plantas hospedadoras a un total de 147 especies (Kondo et al., 2014). Para 2010, la CAC estaba bien establecida en San Andrés y también estaba presente en la isla de Providencia (Alterio & Ramos, 2011; ICA, 2010). Debido al largo ciclo de vida de la CAC, para que el insecto se haya propagado a toda la isla, tuvo que haber llegado a esta a fines de la década de los 2000, probablemente entre 2007 o 2008 (Kondo et al., 2014).

Las estrategias de manejo para la CAC se basaron originalmente en el control químico. Los primeros

intentos de control biológico se llevaron a cabo por la Universidad Nacional de Colombia, con la producción masiva de un hongo que se encontró infestando especímenes de CAC recolectados en una planta de mango en San Andrés. El hongo se reportó inicialmente como *Paecilomyces* sp. (Quiroga, Maya, Martínez, & Hoyos, 2011), pero más tarde se identificó como *Isaria* sp. (Eurotiales: Trichocomaceae) (Kondo et al., 2012a; Silva-Gómez et al., 2013). Quiroga et al. (2011) realizaron experimentos de patogenicidad de *Isaria* sp. y obtuvieron tasas de mortalidad de 30 % a 88 % en condiciones de humedad artificialmente alta, pero no se publicaron reportes sobre la eficacia bajo condiciones de campo (Kondo et al., 2016b). Entre 2010 y 2011 no se reportaron otros enemigos naturales de la CAC en las islas de San Andrés (Alterio & Ramos, 2011; ICA, 2010).

Así, en vista de la falta de controladores en la isla de San Andrés, Kondo et al. (2012a) discutieron sobre la necesidad de implementar un programa de control biológico clásico allí, y recomendaron el uso de enemigos naturales especializados, en lugar de los generalistas, para minimizar el impacto ecológico sobre insectos no objetivo. En un esfuerzo por implementar dicho programa en San Andrés, AGROSAVIA, con financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), llevó a cabo investigaciones en la parte continental de Colombia, lo que resultó en el descubrimiento de varios enemigos naturales. Los dos primeros enemigos naturales se encontraron en el municipio de Palmira (Valle del Cauca), y fueron identificados como los coccinélidos *Delphastus quinculus* Gordon y *Diomus seminulus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), los cuales se reportaron por primera vez alimentándose de huevos y ninfas de primer estadio de la CAC (González, López, & Kondo, 2012). Los adultos de *D. quinculus* y *D. seminulus* comen a través del ovisaco (un saco de cera adherido al abdomen y producido por el insecto donde se guardan los huevos) de la hembra adulta de la CAC, para llegar hasta los huevos y las ninfas recién nacidas del primer instar (ocasionalmente se encuentran varios coccinélidos en un ovisaco) (González et al., 2012).

En otro estudio, Gaimari et al. (2012) reportaron la mosca *Syneura cocciphila* (Coquillett) (Diptera: Phoridae) como un depredador de la CAC en la ciudad de Cali (Colombia) (Kondo et al., 2016b). Las larvas

depredadoras de *S. cocciphila* se alimentan del contenido corporal del adulto y también de los huevos dentro del ovisaco (Kondo et al., 2016b; Muñoz, Manrique, Sotelo-Cardona, Gaimari, & Kondo, 2018). La pupación ocurre dentro del cuerpo del insecto, dentro del ovisaco o justo afuera de él; generalmente dejan un orificio circular de emergencia en el extremo posterior del ovisaco o (con menor frecuencia) directamente en el cuerpo del insecto (Gaimari, Quintero, & Kondo, 2012). Las larvas de la mosca depredadora hacen que los huevos dentro de cada ovisaco se sequen, de modo que quedan visibles solo los coriones de estos (Gaimari et al., 2012).

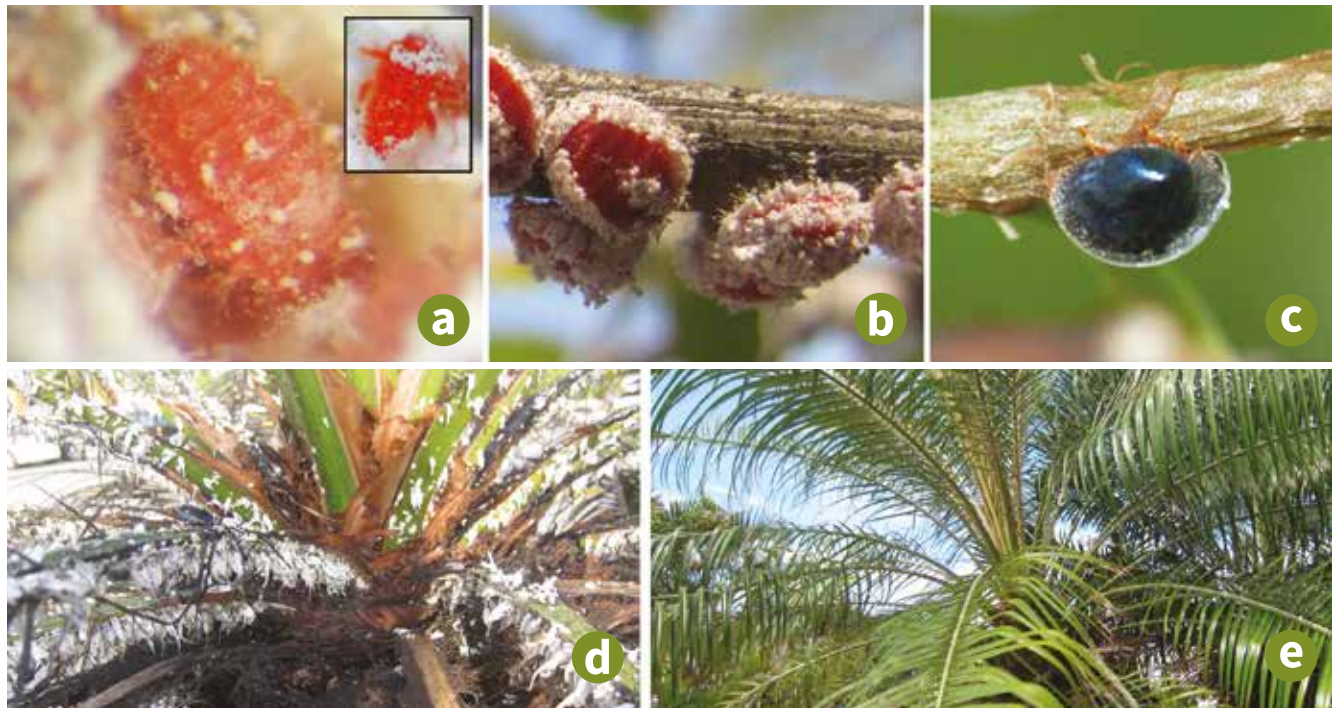
Syneura cocciphila ha sido reportada como un enemigo natural de *C. genistae*, especie invasora en Puerto Rico (Ciomperlik, 2010). En la isla de Montserrat, se informó sobre ataques de *S. cocciphila* a *C. montserratensis* (Bartlett, 1978), especie de cochinilla acanalada cercana a la CAC (Kondo et al., 2016b). *Syneura cocciphila* parece especializarse en insectos escama de la tribu Iceryini (Gaimari et al., 2012). El ciclo de vida de *S. cocciphila* desde la oviposición hasta la emergencia de los adultos es 20,04 días, el estado de huevo dura $1,38 (\pm 0,18)$ días, el tiempo total de desarrollo de los tres estadios larvales dura $4,5 (\pm 0,19)$ días, el estado de prepupa dura $1,63 (\pm 0,09)$ días y el estado de pupa dura $12,53 (\pm 0,12)$ días (Muñoz et al., 2018). En promedio, las hembras adultas viven aproximadamente 13 días y los machos adultos 11 días en condiciones de laboratorio. *S. cocciphila* es un agente de control biológico efectivo de *C. multicastrices*, sin embargo, la cría de *S. cocciphila* en condiciones de laboratorio no ha sido factible hasta el momento. Es posible que *S. cocciphila* requiera de espacios amplios para que ocurra la cópula. Se deben realizar estudios adicionales para determinar qué estímulos inducen la cópula, ya que este es un componente crítico en la cría masiva de esta importante mosca depredadora (Muñoz et al., 2018).

Además de las dos especies de coccinélidos y el mosco depredador, se han encontrado otros enemigos naturales de la CAC en la parte continental de Colombia (en Palmira, Valle del Cauca), que incluyen al menos dos parasitoides himenópteros (Encyrtidae) extraídos de los adultos de la CAC y larvas de una especie de Chrysopidae que se alimentan de huevos y ninfas de la CAC (Kondo et al., 2012a, 2016b). En febrero de 2013, se recolectaron adultos y ninfas de una especie de

coccinélido en el noreste de la isla de San Andrés que se alimentaban de los huevos dentro de los ovisacos de la CAC. El coccinélido inicialmente fue identificado como una especie no descrita del género *Anovia* Casey (Kondo et al., 2014). La mariquita no se identificó a nivel de especie cuando se informó de su aparición por primera vez en la isla, ya que en ese momento la especie no parecía corresponder a ninguna de las especies descritas en el género *Anovia* Casey, 1908 (Coleoptera: Coccinellidae: Novini), tanto por su *habitus* como por la morfología de la *genitalia* del macho. Posteriormente, a través de un análisis de muchas muestras de especímenes de *Anovia* recolectados en Colombia y Perú, la especie fue finalmente identificada como *Anovia punica* Gordon, 1972 (figuras 9.3a, b y c), una especie originalmente descrita de Venezuela y reportada también en Honduras, Panamá y Trinidad (González & Kondo, 2014).

Las etapas de desarrollo de *A. punica* se clasifican de la siguiente manera: huevo, cuatro instares larvales (figura 9.3a), prepupa, pupa (figura 9.3b) y adulto (figura 9.3c). El ciclo de vida, desde huevo hasta adulto, dura en promedio $29,41 \pm 1,85$ días (Pinchao, Sotelo, González, & Kondo, 2017). La longevidad de la hembra y del macho es de 94 y 90 días, respectivamente. Los parámetros de la tabla de vida muestran que una hembra de *A. punica* es reemplazada por 86 hembras (R_0). La tasa intrínseca de crecimiento (r_m) es de 0,1115, el tiempo promedio de generación (T) es de 40 días y el tiempo de duplicación (Dt) es de 6,2 días (Pinchao et al., 2017). Los parámetros de la tabla de vida sugieren que *A. punica* puede utilizarse como un potencial depredador de *C. multicastrices* (Pinchao et al., 2017). En Cali, se han registrado tanto ninfas como adultos de otra especie de coccinélido, la mariquita vedalia *R. cardinalis*, que se alimenta de huevos y ninfas y que comúnmente se encuentra cohabitando con *A. punica* (Pinchao, Kondo, & González, 2015).

Recientemente, Silva-Gómez et al. (2017) reportaron dos especies adicionales a *A. punica* en la isla de San Andrés como depredadores de *C. multicastrices*: *Cryptognatha auriculata* Mulsant, 1850, en cocotero (*Cocos nucifera*), y *Zagloba beaumonti* Casey, 1899, en limón (*Citrus limon*). Sin embargo, estos registros se consideran dudosos y deben ser confirmados. En estudios de campo realizados por Silva-Gómez entre 2010 y 2017, se encontraron varias especies de



Fotos: Takumasa Kondo

Figura 9.3. *A. punica*, depredador principal de *C. multicitricis*. a. Larva del segundo instar de *A. punica* y larva del primer instar (primer plano); b. Pupa de *A. punica* (izquierda) y larva del cuarto instar (derecha); c. Adulto de *A. punica*; d. Palma *Phoenix roebelenii* con una infestación alta de *C. multicitricis*; e. La misma palma ocho meses después del primer avistamiento de *A. punica* en la isla de San Andrés.

coccinélidos cerca a individuos de *C. multicitricis*, pero solo *A. punica* se encontró como depredador de *CAC*. *Cryptognatha auriculata*, tal como lo mencionan Silva-Gómez et al. (2017), es un gran depredador de la escama de armadura *Aspidiotus destructor* Signoret (Hemiptera: Diaspididae). Especies del género *Cryptognatha* han sido normalmente conocidas como depredadores de Diaspididae, entre ellas, *Aspidiotus destructor* (Chapin, 1964; Gordon, 1985), *Parlagena bennetti* Williams (Chapin, 1964) y *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Gordon, 1985). Otros trabajos como el de Bortoli, Venvenga, Gravena y Miranda (2001) sobre otra especie de un género de Chryptognathini, *Pentilia egena* Mulsant, también lo relacionan con Diaspididae —con la especie *Chrysomphalus aonidum* (Linnaeus) (citada como *Chrysomphalus ficus*)—; mientras que *Pentilia discors* Gorham es mencionada por Arias-Reverón (1990) como depredador de varias especies de diaspididos del género *Lepidosaphes*.

Por otro lado, el cocotero, además de ser un hospedero de *C. multicitricis*, también es uno de los principales hospederos de *A. destructor*, especie común en la isla de San Andrés. Otro diaspidido muy común en

las hojas de cocotero en San Andrés es la escama blanca del cocotero, *Parlagena bennetti* Williams (Hemiptera: Diaspididae) (Kondo, Gullan, Watson, Bustillo Pardey, & Montes, 2015), especie ya mencionada como presa de *C. auriculata* (Chapin, 1964). Adicionalmente, en la figura 9.3 (Silva-Gómez et al., 2017), la hoja en que se encuentra *C. auriculata* presenta síntomas de clorosis típicas causadas por *A. destructor*, donde los tejidos por donde pasa el estilete del diaspidido se vuelven cloróticos debido a las toxinas que el insecto inyecta durante la alimentación. Es de anotar que *C. multicitricis* no causa este tipo de síntomas en las hojas.

Finalmente, *C. auriculata* es un coccinélido de color rojizo y puede confundirse, por su color y tamaño, con el fenotipo rojo de *A. punica*, por lo tanto, es muy posible que Silva-Gómez et al. (2017) hayan confundido las dos especies que se pueden encontrar cohabitando en hojas de cocotero, es decir, *C. auriculata* como depredador de diaspididos y *A. punica* como depredador de *C. multicitricis*. En estudios de cría de *A. punica* en laboratorio, de vez en cuando se obtienen especímenes de coloración totalmente roja provenientes de padres de coloración típica azul.

La segunda especie, *Z. beaumonti*, reportada por Silva-Gómez et al. (2017) sobre cítricos también se conoce como depredador de diaspídeos; por ejemplo, *Chrysomphalus* sp., y es muy probable que este sea también un error de asociación del hospedero. Coronado-Blanco, Ruiz-Cancino y Marín-Jarillo (2000) mencionaron a *Z. beaumonti* en relación con *Unaspis citri*, plaga muy común en los cítricos (Kondo et al., 2012b). Arias-Reveron (1990) reportó esta misma especie (*Z. beaumonti*) como depredador sobre varias especies de *Lepidosaphes*, mientras que Lima (1999) la reportó sobre *Diaspis echinocacti* (Bouché), todas, especies de la familia Diaspididae.

Es de anotar que existen 112 especies de Diaspididae reportadas en los cítricos en el mundo (García-Morales et al., 2016) y 20 especies en Colombia (Kondo et al., 2012b; Ramos-Portilla & Caballero, 2017). Los diaspídeos son insectos diminutos de coloración críptica y pueden pasar desapercibidos, por lo tanto, pueden ocurrir este tipo de errores en la asociación depredador-hospedero. Es importante realizar experimentos de laboratorio para verificar la depredación de *C. auriculata* y *Z. beaumonti* sobre *C. multicastrices*, hacer observaciones directas que permitan evidenciar que las dos especies cumplen su ciclo de vida alimentándose de *C. multicastrices*, para así determinar si estos coccinélidos en verdad depredan a este insecto plaga. En este sentido, mientras no se realicen estudios de seguimiento, no es posible considerar a *C. auriculata* y *Z. beaumonti* como depredadores de *C. multicastrices*.

Anovia punica es un depredador efectivo de *C. multicastrices* en el archipiélago de San Andrés (figuras 9.3a, b y c) (Kondo et al., 2014). Las ninfas y los adultos de *A. punica* (como *Anovia* sp.) se alimentan de los huevos de *C. multicastrices* perforando los ovisacos de las hembras adultas (Kondo et al., 2014). Gordon (1972) reportó como presas de *A. punica* a las especies *Icerya purchasi* (Maskell) y *Crypticerya montserratensis* (Riley & Howard) en Panamá y Venezuela. Todas las presas conocidas de *A. punica* son escamas acanaladas de los géneros *Crypticerya* Cockerell e *Icerya* Maskell, pertenecientes a la tribu Iceryini (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae) (González & Kondo, 2014). Debido a que *A. punica* es un depredador especialista de cochinillas acanaladas, se considera un enemigo natural ideal de *C. multicastrices*, puesto que no se alimenta de otras presas.

Se observaron brotes poblacionales de la CAC desde 2010 hasta febrero de 2013. Sin embargo, en un estudio de campo realizado en octubre de 2013, solo ocho meses después de que el coccinélido *A. punica* fue visto por primera vez, este ya se había extendido a toda la isla, y las poblaciones de la CAC habían sido diezgadas hasta el punto de que era muy difícil encontrar un espécimen (figuras 9.3d y e) (Kondo et al., 2014). Además de la depredación efectiva por *A. punica*, las fuertes lluvias en San Andrés podrían haber ayudado a reducir las poblaciones de la CAC. La temporada de lluvias en San Andrés se compone de un periodo de lluvias moderadas (mayo-julio) y un periodo de máxima precipitación (octubre-diciembre), en el que se registra el 80% de las precipitaciones anuales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 1995). Sin embargo, las poblaciones de la CAC bajaron drásticamente entre febrero y octubre, lo que no concuerda con el periodo de fuertes lluvias, por lo tanto, la depredación por *A. punica* debe haber sido el principal factor de control de la CAC en la isla (Kondo et al., 2014).

Este es un ejemplo de control biológico clásico fortuito, que se produjo espontáneamente sin intervención humana deliberada (Kondo et al., 2014). Además, es muy posible que *A. punica* haya llegado a la isla de San Andrés de manera similar a la CAC, probablemente en plantas ornamentales infestadas con *C. multicastrices* traídas de la parte continental de Colombia.

Control biológico del ácaro verde de la yuca *Mononychellus tanajoa* en África

El ácaro verde de la yuca o *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) es originario de las Américas (Braun et al., 1993) y se alimenta principalmente de plantas del género *Manihot* (Bolland et al., 1998; Migeon, Nougouier, & Dorkeld, 2011). *Mononychellus tanajoa* afecta de manera importante a la especie cultivable de yuca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) (Yaninek & Herren, 1988). La asociación *M. tanajoa*-*M. esculenta* había sido reportada exclusivamente en las Américas hasta 1971, cuando se registró la presencia de este ácaro en yucas

también en Uganda, en el continente africano (Lyon, 1973; Yaninek & Herren, 1988). Durante el resto de la década de los setenta y los ochenta se presentaron reportes de esta asociación en 27 países africanos más, lo cual resultó en pérdidas estimadas entre el 13 % y el 84 % en la producción de yuca en ese continente (Girling, Bennet, & Yassen, 1977; Herren, 1982; Yaninek & Herren, 1988). Esta situación condujo al desarrollo de iniciativas para controlar este ataque severo: una de las estrategias fue el control biológico clásico con enemigos naturales de las Américas (Girling et al., 1977; Yaninek & Herren, 1988).

La primera tarea realizada para el control biológico fue la búsqueda de enemigos naturales en las Américas por parte de investigadores del Commonwealth Institute of Biological Control. Estas exploraciones se efectuaron en Trinidad, donde se documentaron varios depredadores (Yaseen, 1982). Posteriormente, se ejecutaron otras exploraciones en Colombia, México, Nicaragua, Perú y diferentes islas del Caribe, entre 1974 y 1976 (Yaseen & Bennet, 1976). En estas campañas se determinaron varios depredadores, entre los cuales *Oligota minuta* Cameron (Coleoptera: Staphylinidae), *Amblydromalus manihoti* (Moraes) y *Amblydromalus rapax* (De Leon) (Acari: Phytoseiidae) fueron sugeridos para su introducción en África (Yaseen & Bennet, 1976). Otras visitas realizadas en el norte de Suramérica, incluyendo Colombia entre 1977 y 1979, confirmaron a las especies *O. minuta* y *A. manihoti* como potenciales controladores en África y adicionaron otras especies de *Holobus* y de *Stethorus* (Coleoptera: Coccinellidae) para la exportación hacia África (Yaseen, 1982).

A partir de estos primeros estudios, se realizaron las primeras importaciones de enemigos naturales de *M. tanajoa* a África provenientes de Trinidad (Girling et al., 1977; Yaninek & Herren, 1988). En total se introdujeron 1.600 adultos de *O. minuta* en el oeste de Kenia (Girling et al., 1977; Ingram, 1982), pero muy pocos controladores se establecieron (Ingram, 1982; Yaseen, 1982). La falla en la permanencia de *O. minuta* se atribuyó a la inadecuada información biológica sobre la plaga y el enemigo natural. En este caso, el depredador no sobrevivió a las bajas poblaciones del ácaro, además, se presentaron dificultades logísticas que condujeron a una excesiva mortalidad durante el transporte, por lo que solo se pudieron hacer pocas liberaciones (Girling et al., 1977; Yaninek & Herren, 1988).

Posteriormente, se inició en 1980 el proyecto African-wide Biological Control Project (ABCPC), liderado por el International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Este tenía el objetivo de controlar plagas exóticas de la yuca, entre las que se encontraba *M. tanajoa* (Yaninek & Herren, 1988; Yaninek, Onzo, & Ojo, 1993). En el marco de este proyecto, se realizaron a partir de 1983 exploraciones en Colombia y el resto del norte de Suramérica por parte del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Yaninek & Hanna, 2003; Yaninek & Herren, 1988; Yaninek et al., 1993). Estas búsquedas se enfocaron en los ácaros fitoseídos, dado que son muy abundantes y se encuentran ampliamente distribuidos en cultivos de yuca (Yaninek et al., 1993). Las localidades visitadas en Suramérica presentaban similitudes ecológicas con las áreas afectadas en África (Yaninek & Bellotti, 1987). Este estudio permitió la cría y exportación hacia África de 5,3 millones de ácaros fitoseídos pertenecientes a diez especies provenientes de Colombia (tabla 9.1), los cuales fueron liberados en 359 localidades en diez países, entre 1983 y 1990 (Yaninek & Hanna, 2003; Yaninek et al., 1993).

Las especies y poblaciones colombianas exportadas a África no lograron establecerse en los sitios de liberación, lo cual se explicó por la presencia de periodos muy prolongados de baja humedad relativa o ausencia de recursos alimenticios cuando *M. tanajoa* tenía bajas densidades (Yaninek et al., 1993). Por lo anterior, en 1988 se realizó un ajuste de la búsqueda de los controladores en Suramérica, y se priorizaron los sitios con ácaros fitoseídos capaces de sobrevivir a periodos de baja densidad de *M. tanajoa* (Yaninek & Hanna, 2003). Estas nuevas exploraciones condujeron al nordeste de Brasil, desde donde se criaron y exportaron 6,4 millones de ácaros fitoseídos pertenecientes a cinco especies, los cuales fueron liberados en 528 sitios, en 20 países, entre 1989 y 2000 (Yaninek & Hanna, 2003).

De las cinco especies importadas del Brasil, solo *Amblydromalus manihoti*, *Neoseiulus idaeus* y *Typhlodromalus aripo* De Leon se pudieron establecer (Yaninek & Hanna, 2003; Yaninek et al., 1991). *A. manihoti* permaneció en Benín, Burundi, Ghana y Nigeria; *N. idaeus*, en Benín y Kenia; y *T. aripo* se extendió a 20 países de África en menos de diez años (Yaninek & Hanna, 2003). La superioridad de *T. aripo* frente al resto de fitoseídos se atribuye a la poca sobreexplotación de su presa y a su capacidad

Tabla 9.1. Características de las introducciones a África de las especies de fitoseídos provenientes de Colombia entre 1983 y 1990

Especie	# país	# envíos	Depredadores enviados	Sitios de liberación
<i>Amblyseius aerialis</i> (Muma)	7	80	141.335	26
<i>Euseius concordis</i> (Chant)	8	77	170.262	44
<i>Galendromus annectens</i> (De Leon)	10	124	516.728	41
<i>Neoseiulus anonymus</i> (Chant & Baker)	10	169	1.921.580	68
<i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	8	83	443.512	30
<i>Neoseiulus idaeus</i> Denmark & Mumma	10	187	1.819.779	81
<i>Phytoseiulus mexicanus</i> *	1	1	726	1
<i>Amblydromalus manihoti</i> (Moraes)	6	56	86.077	24
<i>Ueckermannseius tenuiscutus</i> McMurtry & Moraes	1	8	33.452	4

* No se encuentra una descripción taxonómica publicada de esta especie, probablemente corresponde a *Proprioseiopsis mexicanus* (Garman), que es la única especie con este epíteto reportada en Colombia (Demite, McMurtry, & De Moraes, 2014; De Moraes & Mesa, 1988; A. A. Vásquez Ordóñez, observación personal, 12 de enero de 2018).

Fuente: Yaninek y Hanna (2003)

de sobrevivir, desarrollarse y ovipositar a partir de una gran diversidad de dietas (Yaninek & Hanna, 2003). Además, *T. aripo* habita en el ápice de las plantas, donde se encuentra protegido de los extremos climáticos y se favorece su transporte entre cultivadores, quienes intercambian cortes de tallos, incluido el ápice (Yaninek & Hanna, 2003). Estas nuevas introducciones redujeron las poblaciones de *M. tanajoa* e incrementaron en un tercio la producción de yuca en África (Yaninek, 2007; Yaninek & Hanna, 2003; Yaninek et al., 1991), lo cual significó un ahorro de cientos de millones de dólares en comida al año (Yaninek, 2007; Yaninek & Hanna, 2003).

Las investigaciones realizadas en Colombia fueron de gran importancia para este programa de control biológico, ya que se estudiaron numerosos controladores de *M. tanajoa* con potencial de exportación hacia África (Yaninek & Bellotti, 1987; Yaninek & Herren, 1988; Yaseen & Bennet, 1977). Así mismo, desde este territorio se exportaron 5,3 millones de ácaros fitoseídos pertenecientes a diez especies (Yaninek & Hanna, 2003; Yaninek et al., 1993). Aunque las mencionadas investigaciones no lograron su objetivo

de controlar a *M. tanajoa* en África, se determinó la importancia de la sobrevivencia del depredador del ácaro verde de la yuca a periodos de baja densidad de *M. tanajoa* y a sequías (Yaninek & Hanna, 2003; Yaninek et al., 1993). Con este conocimiento, se orientó la búsqueda hacia territorios como el nordeste de Brasil, donde se encontraron depredadores que cumplían con estas condiciones, entre estos, *T. aripo*, que se convirtió en el control biológico de *M. tanajoa* en África (Yaninek & Hanna, 2003).

Todo el esfuerzo realizado en Colombia para el control de *M. tanajoa* puede llegar a tener impacto adicional en la yuca. En el CIAT se tienen 1.574 registros de 41 especies de fitoseídos asociados a la yuca en Colombia (A. A. Vásquez Ordóñez, observación personal, 12 de enero de 2018). Esta información demuestra una gran diversidad de fitoseídos asociados a este cultivo, a lo cual se suma la gran riqueza de condiciones ambientales propias de Colombia. Por lo tanto, se podría tener un impacto en futuros programas de control biológico que intenten diezmar poblaciones de ácaros fitófagos en condiciones climáticas distintas a las de África. Cabe destacar la creciente producción

de yuca en Asia (Howeler, 2011), donde se tienen condiciones climáticas muy distintas a las africanas y se han documentado invasiones por ácaros fitófagos (Parsa et al., 2015). Por otra parte, es importante recalcar el papel que podrían tener estos ácaros fitoseídos colombianos en el control de trips y moscas

blancas asociadas a la yuca, puesto que estos se han sugerido como controladores de tales plagas en otros cultivos (McMurtry, De Moraes, & Sourassou, 2013). Cabe destacar que los trips y las moscas blancas tienen un impacto considerable en la producción de yuca (Bellotti et al., 2011).

Beneficios y dificultades del uso de depredadores para el control biológico

Depredadores para el control biológico en invernaderos

Un invernadero, en el contexto agrícola, es definido como una extensión de terreno cerrado mediante una estructura cubierta de plástico o vidrio. Pese a que el nivel de sofisticación puede variar, el objeto de la agricultura de invernadero es favorecer el desarrollo de plantas a través del control de variables ambientales y de la restricción de la entrada de plagas y patógenos vegetales al cultivo. En general, el uso de depredadores para el control biológico de plagas en invernaderos es relativamente limitado. En esta sección, se discuten los retos particulares que representa el uso de depredadores para el desarrollo de programas exitosos de control biológico de plagas en invernaderos. Se presentan las principales limitaciones para el establecimiento de poblaciones de depredadores y los factores asociados a la reducción de su eficacia como agentes de control biológico. Para ilustrar y sustentar la discusión, se utilizan ejemplos de sistemas documentados en cultivos de invernadero en Colombia.

Una característica que distingue a los depredadores de otros enemigos naturales (como parasitoides y patógenos) es que estos, en general, atacan y se alimentan de una amplia diversidad de presas. Esta condición puede incrementar la probabilidad de establecimiento del agente de control, pero también puede reducir el impacto de su aplicación a corto plazo. En invernaderos, por ejemplo, la mayor parte de los cultivos son anuales, y las dinámicas depredador-presa son forzadas a terminar al final de cada ciclo. Por este motivo, los programas de control de plagas en cultivos de invernadero tienen como objetivo principal suprimir la densidad de poblaciones plaga por debajo de los

niveles críticos en el menor tiempo posible, a diferencia de aquellos de libre exposición, en los que se busca el establecimiento de dinámicas depredador-presa a largo plazo (control biológico clásico) (Urano, Shima, Hongo, & Susuki, 2003). Particularmente, la eficacia a corto plazo puede ser una limitación importante para el uso de depredadores en programas de control biológico de plagas. Por ejemplo, en coccinélidos, la diversidad de la dieta está relacionada con la escala espacial en la cual estos depredadores perciben los parches de presas en el ambiente (Bianchi, Schellhorn, & Van Der Werf, 2009; Ives, Kareiva, & Perry, 1993).

Las especies con una dieta diversa tienden a percibir parches de presas a escalas amplias debido a que existe la probabilidad de encontrar fuentes de alimento alternativas. Esto implica que, en general, los coccinélidos generalistas gastan menos tiempo buscando presas en plantas individuales que aquellos con dietas más especializadas (Bianchi et al., 2009; Ives et al., 1993). Esto, por supuesto, reduce la eficacia de los coccinélidos generalistas como agentes de control biológico en ambientes cerrados, ya que tienden a invertir la mayor parte del tiempo volando entre plantas o intentando emigrar a otros hábitats (Hodek, Honek, & Van Emden, 2012; Krivan, 2008).

Sin embargo, algunos coccinélidos se han usado con relativo éxito para el control biológico de plagas en invernadero. Tal es el caso de *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) (figura 9.4a), un depredador nativo del norte de Suramérica especializado en el consumo de moscas blancas

(Hemiptera: Aleyrodidae) (figura 9.4b) (Hoelmer & Pickett, 2003). Debido a su relativo grado de especialización de la dieta, los adultos y larvas de *D. catalinae* tienden a invertir una buena cantidad de tiempo buscando ninfas de mosca blanca en plantas en campo y en invernaderos. Evaluaciones de laboratorio y campo han revelado que *D. catalinae* puede ser un agente de control eficiente en EE. UU. (Heinz & Parrella, 1994; Heinz & Zalom, 1996; Heinz, Brazzle, Parrella, & Pickett, 1999; Legaspi, Legaspi, Simmons, & Soumare, 2008) y en Colombia (González, Benítez, & López-Ávila, 2006; Pérez, García-González, & Cotes, 2008). De hecho, es uno de los depredadores de moscas blancas más populares en Europa (Van Lenteren, 2012) y el único indicado para cultivos de invernadero en el mercado de los EE. UU. (Hunter, 1998; Rincón-Vitova Insectaries, 2011). Sin embargo, el uso de *D. catalinae* para controlar infestaciones de mosca blanca en invernaderos puede resultar altamente costoso y, por lo tanto, inviable (Heinz & Parrella, 1994). Además, las tasas de liberación recomendadas por los proveedores exceden en mucho aquellas que se derivan de las tasas de consumo de presas reportadas en laboratorio (Biobest, 2011; Rincón-Vitova Insectaries, 2011).

El caso de *D. catalinae* se ha usado como modelo de estudio para comprender las características de las interacciones depredador-presa que determinan el éxito o el fracaso del uso de un depredador como agente de control de plagas. Estudios detallados sobre la interacción entre *D. catalinae* y la mosca blanca *Bemisia tabaci* biotipo B (= *Bemisia argentifolii*; = grupo Middle East-Asia Minor 1) (De Barro, Liu, Boykin, & Dinsdale, 2011) (figura 9.4b) en plantas de tomate revelaron que tanto la plaga como el depredador se distribuyen dentro de las plantas en patrones bien definidos. Mientras que las ninfas de *B. tabaci* se localizan en su mayoría en el segundo quinto superior del dosel de la planta (Rincón, Hoy, & Cañas, 2015), los adultos de *D. catalinae* concentran su búsqueda de presas en las hojas ubicadas en el estrato medio y medio-bajo del dosel (Rincón, Cañas, & Hoy, 2016). Estos resultados explican, en parte, la dificultad de predecir el resultado de una liberación de *D. catalinae* para el control de *B. tabaci* si se usan únicamente las tasas de consumo observadas en laboratorio como referencia.

Si las probabilidades de encuentro entre depredadores y presas no se distribuyen de manera homogénea



Fotos: Diego Rincón y Stephanie Numa Vergel

Figura 9.4. Control biológico en condiciones de invernadero. a. *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) en depredación de ninfas de mosca blanca; b. Mosca blanca de los invernaderos, *Bemisia tabaci* biotipo B (= *Bemisia argentifolii*) (Hemiptera: Aleyrodidae); c. Ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae).

dentro del dosel de las plantas, la mayoría de los modelos depredador-presa entregarán predicciones sobredimensionadas con respecto a la eficacia de *D. catalinae* como agente de control. Además, se evidenció que los adultos de *D. catalinae* pueden percibir la densidad de presas en una planta y, así, modular el área buscada dentro del dosel. Entre más presas en una planta, mayor es el número de folíolos visitados por el depredador (Rincón, Cañas, & Hoy, 2017). Con el fin de comprender los factores que determinan las tasas de consumo de un sistema con estas características, Rincón et al. (2017) construyeron un modelo de simulación que incorpora explícitamente las distribuciones de las presas y del esfuerzo de búsqueda de los depredadores en las plantas. Con este modelo, se encontró que ligeras discrepancias entre la distribución de las presas y el esfuerzo de búsqueda de los depredadores pueden llegar a causar impactos significativos en la magnitud de las tasas de consumo por depredador en una planta. Además, se evidenció que la capacidad del depredador de modular su esfuerzo de búsqueda en función de la cantidad de presas en una planta puede causar cambios en su tipo de respuesta funcional. Al final, el estudio del sistema “tomate-*B. tabaci*-*D. catalinae*” demostró que la predicción del resultado de una liberación de depredadores en invernaderos puede ser más complicado que extrapolar las tasas de consumo observadas en condiciones de laboratorio. En particular, la aparente eficacia de *D. catalinae* como agente de control de *B. tabaci* puede verse afectada por el comportamiento de búsqueda de presas que este depredador exhibe en ambientes estructuralmente complejos (plantas) y por la distribución heterogénea de los parches de presas.

Otro depredador con una dieta relativamente especializada que es usado con relativo éxito en programas de control biológico en cultivos de invernadero es el ácaro *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) (figura 9.4c). Hoy en día, este depredador está disponible comercialmente en Colombia y se usa con frecuencia para el control de la arañita roja *Tetranychus* spp., en cultivos de plantas ornamentales de invernadero en la sabana de Bogotá (Daza Vallejos, Bustos Rodríguez, Cantor Rincón, Rodríguez Caicedo, & Cure Hakim, 2010; De Vis & Barrera, 1999). *Phytoseiulus persimilis* se especializa en el ataque y consumo de diferentes estados de ácaros del

género *Tetranychus*, el cual incluye varias especies plaga de plantas ornamentales y vegetales de invernadero. De hecho, las poblaciones de *P. persimilis* no pueden subsistir sin la presencia de poblaciones de *Tetranychus* spp. En ocasiones, *P. persimilis* resulta ser tan eficiente que llega a consumir virtualmente todas las presas disponibles, lo que conlleva su propia desaparición y la necesidad de eventuales reintroducciones en caso de que *Tetranychus* spp. reaparezca (Flint et al., 1998; Hilarión, Niño, Cantor, Rodríguez, & Cure, 2008). Este resultado, sin embargo, puede responder al tamaño del invernadero, ya que se ha observado que la complejidad estructural del ambiente y el tamaño del área donde ocurre la interacción entre depredadores y presas pueden afectar la respuesta funcional y numérica de los depredadores (Bergstrom & Englund, 2004; Freeman & Smith, 1990; Rincón et al., 2017; Stiling, Throckmorton, Silvanima, & Strong, 1991).

En particular, Nachman (2006a) demostró que la combinación entre la distribución por parches de *T. urticae* y el comportamiento de agregación de *P. persimilis* contribuye a la estabilización de las dinámicas depredador-presa en el tiempo. Nachman (2006a) sugirió que las dinámicas depredador-presa a escala local son propensas al colapso debido a que la tasa de mortalidad de *T. urticae* es constante (independientemente de la densidad de las presas). Sin embargo, a escala de múltiples parches, la mortalidad de *T. urticae* es baja cuando la densidad de sus poblaciones es baja, pero se incrementa conforme aumenta el número de individuos de *T. urticae* por unidad de área. Esta condición favorece el establecimiento de dinámicas depredador-presa estables en el tiempo (Berryman, 1999).

El mecanismo propuesto por Nachman (2006b) es que las poblaciones de *T. urticae* presentan distribuciones aleatorias (dispersas) en bajas densidades, pero tienden a agruparse conforme el número de individuos por unidad de área incrementa. Por su parte, los individuos de *P. persimilis* tienen una relativa dificultad para encontrar presas dispersas en el ambiente, pero tienen la capacidad de agregarse en respuesta a la agregación de *T. urticae*, lo que causa un incremento en su eficiencia de búsqueda y en las tasas de mortalidad de *T. urticae*. En consecuencia, en un ambiente lo suficientemente grande, la disposición de las poblaciones de *T. urticae* será lo suficientemente dispersa (aleatoria) para reducir las tasas de depredación cuando la

densidad de la plaga sea baja. La capacidad de agregación de *P. persimilis* hará su trabajo para regular las poblaciones de *T. urticae* cuando estas incrementen con su nivel de agregación (Nachman, 2006b).

En conclusión, la efectividad de los depredadores en programas de control biológico de plagas dependerá, en buena medida, del comportamiento de forrajeo de estos en ambientes heterogéneos. Este comportamiento puede ser deducido, al menos parcialmente, de la diversidad de la dieta del depredador. Idealmente, en cultivos de invernadero, los depredadores empleados en programas de control biológico deben tener dietas más o menos especializadas. Además, deben tener la capacidad de responder numéricamente a la agregación de las poblaciones de las plagas. En el caso del sistema “tomate-*B. tabaci*-*D. catalinae*”, las tasas de consumo en las plantas se reducen significativamente en comparación con aquellas observadas en el laboratorio, por cuenta de un alineamiento pobre entre la distribución de los parches de *B. tabaci* y las zonas que el depredador prefiere para buscar presas. Esto contrasta con la capacidad de *P. persimilis* para agregarse en respuesta a la distribución de *T. urticae* cuando la densidad de este último incrementa. Al final, la respuesta de cualquier depredador dependerá, en buena medida, del tamaño de la población de la plaga en el cultivo, por lo que la efectividad de estos agentes debe estudiarse a la luz de umbrales económicos definidos en el marco de un programa de manejo integrado de plagas (MIP). Este tema se trata en detalle en el capítulo 18 de este libro, “El control biológico en un contexto del manejo integrado de plagas estratégico”.

Depredadores para el control biológico en libre exposición

Dentro de una estrategia de manejo integrado, el uso de depredadores en condiciones de campo puede contribuir al control sostenible de plagas. Al igual que los biocontroladores en condiciones de invernadero, los depredadores pueden ser utilizados en estrategias de tipo aumentativo o de conservación. En el control aumentativo, los depredadores son periódicamente introducidos en el cultivo, con el fin de prevenir o reducir

el incremento de las poblaciones de la plaga (Hoy, 2008). En el control biológico por conservación, no se liberan enemigos naturales, sino que el hábitat o las prácticas agronómicas se adecúan, tanto en el cultivo como en el paisaje circundante, con el fin de hacerlos más favorables a la colonización y el establecimiento de los enemigos naturales ya presentes en el agroecosistema (Eilenberg, Hajek, & Lomer, 2001). En esta sección, se presenta la información más reciente sobre el uso de depredadores en los programas de control biológico en Colombia y se analizan las perspectivas para su implementación en planes de manejo integrado.

Control biológico aumentativo

Existe una amplia evidencia de la efectividad del control biológico aumentativo en cultivos a campo abierto en el neotrópico. Diferentes especies de parasitoides han sido ampliamente aplicados en el departamento del Valle del Cauca, con el fin de controlar poblaciones del barrenador de la caña de azúcar y otros lepidópteros plaga (Van Lenteren & Bueno, 2003). Así mismo, el uso de entomopatógenos es una actividad cada vez más habitual en diferentes sistemas agrícolas del país, por su efectividad para controlar poblaciones de insectos plaga (capítulos 5, 6 y 7 de este libro). Estas estrategias de control biológico aumentativo, además de reducir los efectos adversos asociados al uso de insecticidas de síntesis química, constituyen opciones económicamente viables que vienen siendo utilizadas en cultivos comerciales.

En contraste, el uso de depredadores en programas de control biológico aumentativo en Colombia ha estado limitado a la experimentación en condiciones de invernadero. Existen algunas iniciativas de investigación en desarrollo, orientadas a evaluar la viabilidad del uso de depredadores en programas de control biológico para libre exposición, pero el desconocimiento de las técnicas de producción masiva, así como los elevados costos de cría y liberación de los depredadores, son las principales dificultades para su implementación a escala comercial. El uso masivo de depredadores como estrategia de control requiere de relaciones colaborativas entre la agricultura y la industria, proceso que aún se encuentra en

sus primeras fases en Colombia. No obstante, la implementación exitosa de un programa de manejo de plagas forestales basado en el uso de depredadores en Brasil es un ejemplo real de las potencialidades de esta estrategia en la agricultura de libre exposición para los países latinoamericanos (Pires et al., 2015; Zanuncio, Tavares, Fernandes, Wilcken, & Zanuncio, 2014).

Control biológico por conservación

El control biológico por conservación presenta una situación paradójica en Latinoamérica. Por un lado, es —quizás inadvertidamente— la estrategia más utilizada en los sistemas de agricultura tradicional y de subsistencia (Trujillo, 1992), en donde existe mayor diversidad biológica y una mínima dependencia de insumos químicos. Por otro, es la estrategia menos reconocida por los agricultores. Entre el 50 % y el 90 % de las especies con potencial para adquirir el estatus de plaga es controlado por enemigos naturales nativos (Pimentel, 2005). Estas comunidades de enemigos naturales, depredadores que dominan numéricamente, reducen las poblaciones de la plaga y generan un impacto positivo en la producción agrícola.

En este sentido, el uso de depredadores presenta un enorme potencial dentro de las estrategias de control biológico por conservación, debido a que su ecología y comportamiento les proporcionan ventajas frente a los parasitoides. Por ejemplo, los depredadores tienen mayores posibilidades de colonizar tempranamente los cultivos y establecerse, ya que una dieta más amplia les permite sobrevivir y reproducirse con recursos provistos por fuentes alternativas, antes de la aparición de las plagas (Rosenheim, Limburg, & Colfer, 1999). Además, su naturaleza polífaga les permite reducir las poblaciones de la plaga a niveles muy bajos, sin que eso conlleve disminución de sus propias poblaciones (Symondson, Sunderland, & Greenstone, 2002).

El control biológico por conservación es especialmente relevante para el control de plagas endémicas. En los países latinoamericanos existe una considerable cantidad de insectos plaga endémicos, debido a la gran diversidad biológica (Trujillo, 1992). El registro histórico de los programas de control biológico sugiere

que las plagas nativas son mejor controladas por un complejo de depredadores, mientras que los parasitoides especialistas son más promisorios en el control de plagas exóticas (Hawkins, Mills, Jervis, & Price, 1999). En este sentido, la conservación de depredadores es una estrategia ecológicamente apropiada para promover el manejo de plagas nativas. Además, también contribuye al manejo de plagas exóticas en circunstancias en las que el control biológico clásico no es efectivo (Symondson et al., 2002). Desde el punto de vista económico, los programas de control biológico por conservación son más viables, pues requieren menor inversión que los programas de control biológico aumentativo.

A pesar de estas ventajas, en Colombia no se ha evaluado suficientemente la efectividad de la conservación de depredadores, en la perspectiva de incorporarla como un componente formal dentro de una estrategia de MIP. La mayoría de estudios se han realizado en sistemas agroforestales perennes (como café y cacao) que, al estar sometidos a un menor grado de perturbación que los cultivos anuales, proporcionan condiciones más adecuadas para los depredadores. Por ejemplo, el uso del sombrío en cafetales favorece la presencia de hormigas depredadoras, que contribuyen a la reducción de la broca del café (Gallego-Roperó & Armbrecht, 2005). Del mismo modo, la presencia de árboles acompañantes en las plantaciones de cacao reduce la población de plagas chupadoras y de herbívoros masticadores (Rice & Greenberg, 2000), debido al incremento en las poblaciones de artrópodos depredadores y de vertebrados (murciélagos y aves) (Gras et al., 2016).

La conservación de depredadores puede llevarse a cabo por medio de diversas técnicas, de las cuales el manejo del hábitat es la más difundida. La idea esencial del manejo del hábitat es aumentar la diversidad vegetal en el agroecosistema, con el fin de proveer a los depredadores de alimento suplementario como néctar y polen, presas alternativas y sitios de refugio y anidamiento (Landis, Wratten, & Gurr, 2000). El incremento de la diversidad vegetal en el entorno local y el paisaje circundante no ejerce por sí mismo la acción de control de plagas, sino que promueve el incremento en la población y diversidad de depredadores. La siembra de franjas herbáceas florales alrededor o dentro del cultivo, los cultivos de cobertura y los mosaicos de cultivos

son ejemplos de prácticas de manejo del hábitat que promueven la diversidad de depredadores. En cuanto a las prácticas culturales, las más importantes son la reducción del uso de insecticidas de amplio espectro y la implementación de sistemas de labranza de conservación.

Otro aspecto para considerar en la conservación de depredadores es el contexto paisajístico. Muchas especies de depredadores presentan movimiento bidireccional entre las zonas de cultivo y las áreas naturales adyacentes; su capacidad de dispersión se extiende más allá de los límites espaciales del campo de cultivo. En general, los paisajes complejos, con una alta proporción de áreas naturales, albergan una mayor abundancia y diversidad de depredadores, por lo cual presentan mayores niveles de control biológico (Bianchi, Booij, & Tschardtke, 2006). Por esto, el manejo del hábitat y la estructura del paisaje circundante son determinantes para la diversidad y abundancia de depredadores.

En conclusión, el uso de depredadores para el control biológico aumentativo o de conservación es una estrategia promisoría para el manejo sostenible de insectos plaga en los cultivos de libre exposición en

Colombia. Sin embargo, su uso es marginal dentro de las estrategias de control biológico actualmente utilizadas. Experiencias en todo el mundo indican que las estrategias de control biológico deben superar el paradigma de priorizar el uso de enemigos naturales especialistas (parasitoides) y considerar la importancia fundamental del complejo de depredadores como mecanismo complementario de control (Symondson et al., 2002). En efecto, algunos estudios han demostrado que, en ciertos sistemas de cultivo, el control ejercido por los depredadores es más importante que la acción de los parasitoides (Debach, 1946; Safarzoda, Bahlai, Fox, & Landis, 2014).

Estudios realizados en zonas agroecológicas en Colombia han identificado un número considerable de depredadores naturalmente asociados a una amplia gama de plagas. La fauna benéfica existente en el país es muy diversa y, manejada apropiadamente, puede contribuir al control de las poblaciones de insectos plaga. Sin embargo, se requiere un mayor conocimiento del comportamiento y eficiencia de estos depredadores en condiciones de campo, antes de que estas herramientas puedan ser transferidas a los productores.



Conclusiones y perspectivas

Los depredadores han sido utilizados para el control de plagas agrícolas desde los inicios del concepto moderno de control biológico. En Colombia, se usan con relativo éxito en cultivos de invernadero y de libre exposición. Algunas características de la biología de los depredadores, como la amplitud de la dieta y la elevada capacidad de consumo de presas por individuo, hacen de estos organismos excelentes candidatos como agentes de control de plagas. Sin embargo, el uso de depredadores en programas de control biológico aumentativo en Latinoamérica se limita al uso de algunos coccinélidos y de ácaros depredadores (*Phytoseiidae*). Esto contrasta con la amplia diversidad de parasitoides y microorganismos que se crían o propagan para el control de plagas en cultivos de invernadero y de libre exposición.

El comportamiento de búsqueda de presas asociado con la amplitud de la dieta de los depredadores es un factor que requiere ser estudiado y tenido en cuenta antes de seleccionar uno de ellos como agente de control biológico. En teoría, entre más específica sea la dieta de un depredador, mayor será la probabilidad de que un programa de control biológico por aumentación resulte en una rápida reducción de las poblaciones de la plaga. Sin embargo, depredadores con dietas específicas son indicados para cultivos transitorios o de invernadero, en los que el establecimiento no es un objetivo primordial. Por otro lado, la liberación de depredadores con dietas diversas puede ser menos eficiente en la reducción de poblaciones de plagas a corto plazo, pero presenta una mayor probabilidad de establecimiento y de favorecer, en consecuencia, un control biológico sostenido a largo plazo, sin la necesidad de llevar a cabo nuevas liberaciones.

El conocimiento de los hábitos y de la biología de los enemigos naturales es fundamental para la selección de los agentes y de la estrategia de control biológico adecuada (control biológico clásico o por aumentación). Este conocimiento debe ser analizado a la luz de un programa de manejo integrado de plagas (MIP), en el que se incluyan acciones complementarias que incrementen la probabilidad de obtener el resultado deseado. En cultivos de invernadero en los que se busque una reducción rápida de las poblaciones plaga por debajo del umbral económico puede incluirse la liberación de agentes de control que complementen la acción de un determinado depredador. En cultivos de libre exposición en los que se busque el establecimiento de una o varias especies de depredadores pueden incluirse estrategias de conservación de hábitats que provean los recursos necesarios para favorecer su supervivencia y reproducción a largo plazo. Al final, el éxito de cualquier programa de control biológico de plagas dependerá de la capacidad para comprender las complejas interacciones entre los organismos que habitan en los cultivos y para manipular sus propiedades en función de la sostenibilidad del sistema.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) por la financiación de varios proyectos de investigación que resultaron en publicaciones, gracias a las cuales fue posible este capítulo. Un especial agradecimiento también a Stephanie Johana Numa Vergel (Agrosavia, Departamento de Laboratorios de Investigación y de Servicios) por la foto del ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis*. Gracias, finalmente, a los revisores anónimos por sus comentarios, que ayudaron a mejorar el manuscrito.

Referencias

- Adan Abrams, P. (2012). Predator-prey models. En A. Hastings & L. Gross (Eds.), *Encyclopedia of Theoretical Ecology* (pp. 587-594). Berkley, EE. UU.: University of California Press.
- Aldana, J., Aldana, R. C., & Calvache, H. (2002). Manejo de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner, insecto inductor de la Pestalotiopsis [Boletín técnico N.º 16]. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- Aldana, J., Calvache, H., & Arias, D. (2000). Programa comercial de manejo de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) con la hormiga *Crematogaster* spp., en una plantación de palma de aceite. *Palmas*, 21(número especial), 167-173.
- Aldana, J., Calvache, H., & Méndez, A. (1995). Distribución de hormigas y su efecto sobre *Leptopharsa gibbicularina* en una plantación de palma de aceite. *Palmas*, 16(3), 19-23.
- Aldana, R. C., Aldana, J., Calvache, H., & Arias, D. (1998). Papel de la hormiga *Crematogaster* sp. en el control de *Leptopharsa gibbicularina* en una plantación de palma de aceite. *Palmas*, 19(4), 25-32.
- Alterio, M. A. & Ramos, A. (2011). Informe de visita de diagnóstico de la situación sanitaria en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Recuperado de http://xn--elisleo-9za.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2464:la-cochinilla-ide-que-se-trata&catid=41:ambiental&Itemid=83.
- Andrade, M. E., Briceño, J. A., Muñoz, P., & Jiménez, J. (1989). Búsqueda y reconocimiento de los enemigos naturales y hospedantes alternos de las principales plagas. En flores bajo invernadero en la sabana de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*, 1(5), 45-57. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/21925>.
- Arias-Reverón, J. M. (1990). Notes on natural enemies attacking *Lepidosaphes* species [Homoptera: Diaspididae] associated with Citrus in Costa Rica. *Entomophaga*, 35(2), 301-303.
- Bacaër, N. (2011). Lotka, Volterra and the predator-prey system (1920-1926). En N. Bacaër (Ed.), *A short history of mathematical population dynamics* (pp. 71-76). Londres, Reino Unido: Springer London.
- Barrios-Trilleras, C. E., Cuchimba-Triana, M. S., & Bustillo-Pardey, A. E. (2015). Parámetros poblacionales de *Leptopharsa gibbicularina* (Hemiptera: Tingidae) plaga de la palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1), 1-5.
- Bartlett, B. R. (1978). Margarodidae. En C.P. Clausen (Ed.), *Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review* (pp. 132-136). Washington, D.C., EE. UU.: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Bellotti, A. C., Melo, E. L., Arias, B., Herrera, C. J., Hernández, M. P., Holguín, C. M. ... Trujillo, H. (2005, September). Biological control in the Neotropics: A selective review with emphasis on cassava. En M. S. Hoddle (Comp.), *Second international symposium on biological control of arthropods* (pp. 206-227). Davos, Switzerland.
- Bellotti, A., Herrera, C. J., Hernández, M. P., Arias, B., Guerrero, J. M., & Melo, E. L. (2011). Cassava pests in Latin America, Africa and Asia. En R. H. Howeler (Ed.), *The cassava handbook, a reference manual based on the Asian regional cassava training course, held in Thailand* (pp. 199-257). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bergstrom, U. & Englund, G. (2004). Spatial scale, heterogeneity and functional responses. *Journal of Animal Ecology*, 73(3), 487-493.
- Berryman, A. (1999). Theoretical foundations of biological control. En B. A. Hawkins, & H. V. Cornell (Eds.), *Theoretical approaches to biological control* (pp. 3-21). Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press.
- Bianchi, F., Booij, C. J. H., & Tschirntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727.
- Bianchi, F., Schellhorn, N. A., & Van Der Werf, W. (2009). Foraging behaviour of predators in heterogeneous landscapes: the role of perceptual ability and diet breadth. *Oikos*, 118(9), 1363-1372.

- Biobest. (2011). *Biological control: Beneficial insects and mites: Delphastus-System*. Recuperado de <http://www.biobest.be/producten/179/3/0/0/>.
- Bolland, H. R., Gutiérrez, J., & Flechtmann, C. H. W. (1998). *World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae)*. Leiden, Holanda: Brill Academic Publishers.
- Bortoli, S. A., Venvenga, S. R., Gravena, S., & Miranda, J. E. (2001). Biología de *Pentilia egena* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) e predación sobre *Chrysomphalus ficus* Ashmead (Homoptera: Diaspididae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 27, 337-343.
- Braun, A. R., Álvarez, J. M., Cuéllar, M. E., Duque, M. C., Escobar, J. R., Franco, C., ... Zuñiga, R. R. (1993). Inventario de ácaros fitófagos y sus enemigos naturales en el cultivo de la yuca en Ecuador. En A. R. Braun (Ed.), *Bases fundamentales para investigación sobre los ácaros plagas y sus enemigos naturales en el Ecuador*. Documento de Trabajo No. 126 (pp. 1-51). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bueno, V. H. P. & Van Lenteren, J. C. (2002). *The popularity of augmentative biological control in Latin America: history and state of affairs*. Paper presented at the 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii. Recuperado de <https://www.bugwood.org/arthropod/day2/bueno.pdf>.
- Causton, C. E. (2004). Predicting the field prey range of an introduced predator, *Rodolia cardinalis* Mulsant, in the Galápagos. En R. G. Van Driesche & R. Reardon (Eds.), *Assessing host ranges for parasitoids and predators used for classical biological control: a guide to best practice*. FHTET-2004-03 (pp. 195-223). Morgantown, EE. UU.: United States Department of Agriculture Forest Service.
- Chapin, E. A. (1964). Las especies colombianas de *Cryptognatha* (Coleoptera: Coccinellidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 12(46), 231-234.
- Chávez, Y., Chirinos, D. T., González F., G., Lemos, N., Fuentes, A., Castro, R., & Kondo, T. (2017). *Tamarixia radiata* (Waterston) and *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) as biological control agents of *Diaphorina citri* Kuwayama in Ecuador. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 77(2), 180-184. doi:10.4067/S0718-58392017000200180.
- Ciomperlik, M. (2010). *Crypticeria genistae* scale, an invasive pest in Puerto Rico. En *CPHST Biological Control Unit 2010 Annual Report* (pp. 33-34). Raleigh, EE. UU.: U. S. Department of Agriculture.
- Coronado-Blanco, J. M., Ruiz-Cancino, E., & Marín-Jarillo, A. (2000). Registro de la asociación depredadora de *Zagloba beaumonti* Casey (Coleoptera: Coccinellidae) con *Unaspis citri* (Comstock) (Homoptera: Diaspididae). *Acta Zoológica Mexicana*, 79, 277-278.
- Culik, M. P., Martins, D. S., Ventura, J. A., Peronti, A. L. B. G., Gullan, P. J., & T. Kondo. (2007). Coccidae, Pseudococcidae, Ortheziidae, and Monophlebidae (Hemiptera: Coccoidea) of Espírito Santo, Brazil. *Biota Neotropica*, 7(3), 1-5. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300006>.
- Daza Vallejos, M. A., Bustos Rodríguez, H. A., Cantor Rincón, F., Rodríguez Caicedo, D., & Cure Hakim, J. R. (2010). Criterios para la producción de *Phytoseiulus persimilis* (Parasitiformes: Phytoseiidae) bajo condiciones de invernadero. *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 37-46.
- Debach, P. (1946). An insecticidal check method for measuring the efficacy of entomophagous insects. *Journal of Economic Entomology*, 39(6), 695-697. doi:<https://doi.org/10.1093/jee/39.6.695>.
- De Barro, P. J., Liu, S.-S., Boykin, L. M., & Dinsdale, A. B. (2011). *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Annual Review of Entomology*, 56, 1-19. doi:10.1146/annurev-ento-112408-085504.
- Demite, P. R., McMurtry, J. A., & De Moraes, G. J. (2014). Phytoseiidae database: a website for taxonomic and distributional information on phytoseiid mites (Acari). *Zootaxa*, 3795(5), 571-577. doi:10.11646/zootaxa.3795.5.6.
- De Moraes, G. J. & Mesa, N. C. (1988). Mites of the family Phytoseiidae (Acari) in Colombia, with descriptions of three new species. *International Journal of Acarology*, 14(2), 71-88. doi:10.1080/01647958808683790.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2015*. Boletín técnico. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2015/boletin_ena_2015.pdf.
- De Vis, R., & Barrera, A. J. (1999). Use of two predators *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) and *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) for the biological control of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in roses in the Bogota plateau. *ISHS Acta Horticulturae (International Symposium on Cut Flowers in the Tropics)*, 482, 259-268. doi:10.17660/ActaHortic.1999.482.38.
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol*, 46(4), 387-400. doi:10.1023/A:1014193329979.
- Etienne, J. & Matile-Ferrero, D. (2008). *Crypticeria genistae* (Hempel), nouveau danger en Guadeloupe (Hemiptera, Coccoidea, Monophlebidae). *Bulletin de la Société Entomologique d'Egypte*, 113(4), 517-520.
- Evans, G., Kondo, T., Maya Álvarez, M. F., Hoyos Carvajal, L. M., Quiroz J. A., & Silva Gómez, M. (2012). First report of *Anagyrus kamali* Moursi and *Gyranusoidea indica* Shafee, Alam and Agarwal (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoids of the pink hibiscus mealybug *Maconellicoccus*

- hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) on San Andres Island, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 219-222. doi:10.21930/rcta.vol13_num2_art:260.
- Flint, M. L., Dreistadt, S. H., & Clark, J. K. (1998). *Natural enemies handbook: The illustrated guide to biological pest control*. UC Division of Agriculture and Natural Sciences. Berkeley EE. UU.: University of California Press.
- Freeman, B. E. & Smith, D. C. (1990). Variation of density-dependence with spatial scale in the leaf-mining fly *Liriomyza commelinae* (Diptera, Agromyzidae). *Ecological Entomology*, 15(3), 265-274. doi:10.1111/j.1365-2311.1990.tb00808.x.
- Gaimari, S. D., Quintero, E. M., & Kondo, T. (2012). First report of *Syneura cocciphila* (Coquillett, 1895) (Diptera: Phoridae), as a predator of the fluted scale *Crypticeria multicastrices* Kondo & Unruh, 2009 (Hemiptera: Monophlebidae). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 13(2), 26-28.
- Gallego-Roperro, M., & Armbrrecht, I. (2005). Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (76), 32-40.
- García-Morales, M., Denno, B. D., Miller, D. R., Miller, G. L., Ben-Dov, Y., & Hardy, N. B. (2016). ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Database: *The Journal of Biological Databases and Curation*, pii: bav118. doi:10.1093/database/bav118.
- Geister, J., & Díaz, J. M. (1997). A field guide to the oceanic barrier reefs and atolls of the southwest Caribbean (Archipelago of San Andres and Providencia, Colombia). En H. A. Lessios & I. G. Macintyre (Eds.), *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium Vol. 1* (pp. 235-262). Ciudad de Panamá: Smithsonian Tropical Research Institute.
- Girling, D. J., Bennet, F. D., & Yassen, M. (1977). Biological control of the green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acarina: Tetranychidae) in Africa. En T. Brekelbaum, A. Bellotti, & J. C. Lozano (Eds.), *Proceedings of the Cassava Protection Workshop, 7-12 november, 1977* (pp. 165-170). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- González, F. C., Gómez Pacheco, M., Hernández Espinosa, D., & Rodríguez Tapia, J. (2010). Entomófagos asociados a las plagas cítricas, *Lepidosaphes gloverii* Packard (Hemiptera: Diaspididae), *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) y *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae) en naranjo Valencia. *Centro Agrícola*, 37(4), 59-65.
- González F. G., & Kondo, T. (2014). Geographical distribution and phenotypic variation of *Anovia punica* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae: Noviini), a predatory ladybeetle of fluted scales (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae). *Insecta Mundi*, 0398, 1-6.
- González, G., López, R., & Kondo, T. (2012). First report of *Delphastus quinculus* Gordon and *Diomus seminulus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on eggs and first-instar nymphs of *Crypticeria multicastrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Insecta Mundi*, 0268, 1-6.
- González, J. G., Benítez, E. R., & López-Ávila, A. (2006). Efecto de la densidad del depredador de moscas blancas *Delphastus pusillus* (Le Conte) (Coleoptera: Coccinellidae) sobre su eficiencia de búsqueda. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 10-17.
- Gordon, R. D. (1972). The tribe Noviini in the new world (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 62(1): 23-31.
- Gordon, R. D. (1985). The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. *Journal of The New York Entomological Society*, 93(1), 1-912.
- Gras, P., Tschardtke, T., Maas, B., Tjoa, A., Hafsa, A., & Clough, Y. (2016). How ants, birds and bats affect crop yield along shade gradients in tropical cacao agroforestry. *Journal of Applied Ecology*, 53(3), 953-963. doi:https://doi.org/10.1111/1365-2664.12625.
- Guzmán, L., Calvache, H., Aldana, J., & Méndez, A. (1997). Manejo de *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) con la hormiga *Crematogaster* sp. en una plantación de palma de aceite. *Palmas*, 18(4), 19-26.
- Harris, K. M. (1973). Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): taxonomy, biology and assessments of field populations. *Bulletin of Entomological Research*, 63(2), 305-325. doi:https://doi.org/10.1017/S0007485300039080.
- Hartnoll, R. G., Baine, M. S. P., Grandas, Y., James J., & Atkin, H. (2006). Population biology of the black land crab, *Gecarcinus ruricola*, in the San Andres archipelago, western Caribbean. *Journal of Crustacean Biology*, 26(3), 316-325.
- Hawkins, B. A., Mills, N. J., Jervis, M. A., & Price, P. W. (1999). Is the biological control of insects a natural phenomenon? *Oikos*, 86(3), 493-506.
- Heinz, K. M., Brazzle, J. R., Parrella, M. P., & Pickett, C. H. (1999). Field evaluations of augmentative releases of *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) for suppression of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) infesting cotton. *Biological Control*, 16(3), 241-251. doi:10.1006/bcon.1999.0750.
- Heinz, K. M. & Parrella, M. P. (1994). Biological control of *Bemisia argentifolii* (Homoptera, Aleyrodidae) infesting *Euphorbia pulcherrima* - evaluations of releases of *Encarsia luteola* (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Delphastus pusillus* (Coleoptera, Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 23(5), 1346-1353. doi:https://doi.org/10.1093/ee/23.5.1346.

- Heinz, K. M. & Zalom, F. G. (1996). Performance of the predator *Delphastus pusillus* on *Bemisia* resistant and susceptible tomato lines. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 81(3), 345-352. doi:10.1046/j.1570-7458.1996.00105.x.
- Hemchandra, O., Kalita, J., & Singh, K. (2010). Biodiversity of aphidophagous coccinellids and their role as bioindicators in agro-forest ecosystem. *The Bioscan*, 1(special issue), 115-122.
- Herren, H. R. (1982). Distribution and economic importance of *Phenacoccus manihoti* and *Mononychellus tanajoa* in Africa. En H. R. Herren, R. N. Hennessey, & R. Bitterli (Eds.), *Biological control and host plant resistance to control the cassava mealybug and green mite in Africa. Proceeding of an International Workshop, December 6-10, 1982* (pp. 3-5). Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- Hilarión, A., Niño, A., Cantor, F., Rodríguez, D., & Cure, J. R. (2008). Criterios para la liberación de *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Parasitiformes: Phytoseiidae) en cultivo de rosa. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 68-77.
- Hodek, I., Honek, A., & Van Emden, H. F. (Eds.). (2012). *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)* (pp. 605). Oxford, Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Hodges, G. S. (2008). *Icerya genistae* Hempel (Hemiptera: Margarodidae): an emerging pest in south Florida. En M. Branco, J. C. Franco, & C. J. Hodgson (Eds.), *Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies, Oeiras, Portugal, 24-27 September 2007* (p. 157). Lisboa, Portugal: ISA Press.
- Hodges, G. S., Hodges, A. C., & Unruh, C. M. (2008). A new exotic pest for Florida's natural areas: *Crypticerya genistae* (Hemiptera: Monophlebidae). *Florida Entomologist*, 91(2), 335-337.
- Hoelmer, K. A., & Pickett, C. H. (2003). Geographic origin and taxonomic history of *Delphastus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) in commercial culture. *Biocontrol Science and Technology*, 13(5), 529-535. doi:10.1080/0958315031000141018.
- Holling, C. S. (1961). Principles of insect predation. *Annual Review of Entomology*, 6, 163-182. doi:10.1146/annurev.en.06.010161.001115.
- Howeler, R. H. (2011). Recent trends in production and utilization of cassava in Asia. En R. H. Howeler (Ed.), *The Cassava Handbook, A Reference Manual Based on the Asian Regional Cassava Training Course, Held in Thailand* (pp. 1-22). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Hoy, M. A. (2008). Augmentative Biological Control. En J. L. Capinera (Ed.), *Encyclopedia of Entomology* (pp. 327-334). Dordrecht, Holanda: Springer.
- Hughes-Schrader, S. & Monahan, D. F. (1966). Hermaphroditism in *Icerya zeteki* Cockerell, and the mechanism of gonial reduction in iceryine coccids (Coccoidea: Margarodidae Morrison). *Chromosoma*, 20(1), 15-31. doi:10.1007/BF00331895.
- Hunter, C. D. (1998). *Suppliers of beneficial organisms in North America*. EE. UU., Sacramento, EE. UU.: California Environmental Protection Agency.
- Imbachi, K., Mesa, C., Nora, C., Rodríguez, I. V., Gómez, I., Cuchimba, M., ... Carabalí, A. (2012). Evaluación de estrategias de control biológico de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) y *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) en naranja Valencia. *Acta Agronómica*, 61(4), 364-370. doi:10.15446/acag.
- Ingram, W. R. (1982). Potential for the biocontrol of green cassava mites in Africa. En H.R. Herren, R. N. Hennessey, & R. Bitterli (Eds.), *Biological control and host plant resistance to control the cassava mealybug and green mite in Africa. Proceeding of an International workshop, December 6-10, 1982* (pp.103-115). Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2010). *Plan para el manejo y mitigación del riesgo ocasionado por la cochinilla rosada (Maconellicoccus hirsutus) y la chinche acanalada (Crypticerya multicatrices) en las islas de San Andrés y Providencia* (pp. 15). San Andrés, Colombia: ICA.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015, diciembre). *Resolución No. 00002390. Declaración el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de adultos de Diaphorina citri infectados con la bacteria de la enfermedad del HLB*. Recuperado de <https://goo.gl/AmFBe6>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2016). *Productos registrados, Bioinsumos - septiembre 23 de 2016*. Recuperado de <https://goo.gl/urv2nL>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (1995). *Datos de las variables climáticas de la isla de San Andrés, Providencia y Santa Catalina* (p. 70). Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ives, A. R., Kareiva, P., & Perry, R. (1993). Response of a predator to variation in prey density at 3 hierarchical scales: Lady beetles feeding on aphids. *Ecology*, 74(7), 1929-1938. doi:10.2307/1940836.
- Kondo, T. (2001). Las cochinillas de Colombia (Hemiptera: Coccoidea). *Biota Colombiana*, 2(1), 31-48.
- Kondo, T. (2008). Las escamas de la guanábana: *Annona muricata* L. *Novedades Técnicas, Revista Regional, Corpoica, Centro de Investigación Palmira*, 9(10), 25-29.
- Kondo, T., González F, G., & Guzmán-Sarmiento, Y. C. (2017). Capítulo I. Enemigos naturales de *Diaphorina citri*. En T. Kondo (Ed.), *Protocolo de cría y liberación de Tamarixia radiata Waterston (Hymenoptera: Eulophidae)* (pp. 23-32). Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

- Kondo, T., González, G., Tauber, C., Guzmán-Sarmiento, Y. C., Vinasco-Mondragon, A. F., & Forero, D. (2015). A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the World. *Insecta Mundi*, 0457, 1-14.
- Kondo, T., Gullan, P. J., Peronti, A. L. B. G., Ramos-Portilla, A. A., Caballero, A., & Pretelt, N. V. (2016a). First records of the iceryine scale insects *Crypticerya brasiliensis* (Hempel) and *Crypticerya genistae* (Hempel) (Hemiptera: Monophlebidae) for Colombia. *Insecta Mundi*, 0480, 1-9.
- Kondo, T., Gullan, P. J., Watson, G. W., Bustillo Pardey, A. E., & Montes, L. G. (2015). New distribution and host records for white coconut scale, *Parlagna bennetti* Williams (Hemiptera: Diaspididae). *Insecta Mundi*, 0422, 1-6.
- Kondo, T., Gullan, P., & Ramos Portilla, A. A. (2012a). Report of new invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea), *Crypticerya multicastrices* Kondo & Unruh (Monophlebidae) and *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae), on the islands of San Andres and Providencia, Colombia, with an updated taxonomic key to iceryine scale insects of South America. *Insecta Mundi*, 0265, 1-17.
- Kondo, T., Gullan, P., González, G. (2014). An Overview of a fortuitous and Efficient biological control of the Colombian fluted scale, *Crypticerya multicastrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini), on San Andres Island, Colombia. *Acta Zoologica Bulgarica, supp.*, 6, 87-93.
- Kondo, T., Peronti, A. L., Kozár F., & Szita, E. (2012b). Capítulo 7. Los insectos escama asociados a los cítricos, con énfasis en *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Ortheziidae). En C. P. Pássaro Carvalho (Ed.), *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 173-189). Itagüí, Colombia: Editorial Artes y Letras S. A. S.
- Kondo, T., Peronti, A.L., Kozár, F., & Szita, E. (2013). Chapter 17. The citrus orthezia, *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Ortheziidae), a potential invasive species. En J. E. Peña (Ed.), *Potential invasive pests of agricultural crops* (pp. 301-319). Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- Kondo T., Ramos-Portilla, A. A., Peronti, A. L. B. G., & Gullan, P.J. (2016b). Known distribution and pest status of fluted scale insects (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini) in South America. *Redia, Journal of Zoology*, 99, 187-195. doi:<http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-99.16.24>.
- Kondo-Rodríguez, D. T. (2009). Los insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) del mango, *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) en Colombia. *Novedades Técnicas, Revista Regional. Corpoica, Centro de Investigación Palmira*, 10(13), 41-44.
- Kondo, T., & Unruh, C. (2009). A new species of *Crypticerya* Cockerell (Hemiptera: Monophlebidae) from Colombia, with a key to species of the tribe Iceryini found in South America. *Neotropical Entomology*, 38(1), 92-100. doi:10.1590/S1519-566X2009000100009.
- Krivan, V. (2008). Dispersal dynamics: Distribution of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, 105(3), 405-409. doi:10.14411/eje.2008.051.
- Landis, D. A., Wratten, S. D., & Gurr, G. M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175-201. doi:10.1146/annurev.ento.45.1.175.
- Le Caltagirone, A., & Doult, R. L. (1989). The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annual Review of Entomology*, 34, 1-16. doi:10.1146/annurev.en.34.010189.000245.
- Legaspi, J. C., Legaspi, B. C., Simmons, A. M., & Soumare, M. (2008). Life table analysis for immatures and female adults of the predatory beetle, *Delphastus catalinae*, feeding on whiteflies under three constant temperatures. *Journal of Insect Science*, 8, 7. doi:10.1673/031.008.0701.
- León, G., & Kondo, T. (2017). *Insectos y ácaros de los cítricos; Guía ilustrada de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas* (pp. 182). Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Lima, I. M. M. (1999). *Ciclo de vida de Zagloba beaumonti Casey, 1899 (Coleoptera: Coccinellidae) como predador de Diaspis echinocacti (Bouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae): Duração, sobrevivência e fertilidade* (tesis de doctorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- Lyon, W. F. (1973). A plant-feeding mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acarina: Tetranychidae) new to the African continent threatens cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Uganda, East Africa. *PANS Pest Articles and News Summaries*, 19(1), 36-37. doi:10.1080/09670877309412727.
- McMurtry, J. A., De Moraes, G. J., & Sourassou, N. F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, 18(4), 297-320. doi:10.11158/saa.18.4.1.
- Mead, F. W., & Fasulo, T. R. (2010). *Asian citrus psyllid, Diaphorina citri Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae)*. Recuperado de <http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/greening/pdf/asiaticcitruspsyllid.pdf>.
- Michaud, J. P. (2001). Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Florida Entomologist*, 84(4), 608-612. doi:10.2307/3496392.

- Michaud, J. P. (2002). Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environmental Entomology*, 31(5), 827-835. doi:10.1603/0046-225X-31.5.827.
- Michaud, J. P. & Olsen, L. E. (2004). Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *BioControl*, 49(4), 417-431. doi:10.1023/B:BICO.0000034605.53030.db.
- Migeon, A., Nouguier, E., & Dorkeld, F. (2011). Spider mites web: A comprehensive database for the Tetranychidae. En M. W. Sabelis, & J. Bruin (Eds.), *Trends in Acarology. Proceedings of the 12th International Congress* (pp. 557-560). Dordrecht, Holanda: Springer.
- Montañez, M. L., Calvache, H., Luque, J. E., & Méndez, A. (1997). Control biológico de *Leptopharsa gibbicarina* (Hemiptera: Tingidae) con la hormiga *Creumatogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae) en palma de aceite. *Revista Palmas*, 18(1), 23-30.
- Muñoz, K., Manrique, M. B., Sotelo-Cardona, P., Gaimari, S. D., & Kondo, T. (2018). Notes on the morphology and biology of *Syneura cocciphila* (Coquillett) (Diptera: Phoridae) a predator of *Crypticeria multicastrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Journal of Insect Science*, 18(1), 1-5. doi:10.1093/jisesa/iex110.
- Nachman, G. (2006a). The effects of prey patchiness, predator aggregation, and mutual interference on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* feeding on *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 38(2-3), 87-111. doi:10.1007/s10493-006-7209-4.
- Nachman, G. (2006b). A functional response model of a predator population foraging in a patchy habitat. *Journal of Animal Ecology*, 75(4), 948-958. doi:10.1111/j.1365-2656.2006.01114.x.
- Nicholls, C. I., Parrella, M. P., & Altieri, M. A. (1998). Advances and perspectives in the biological control of greenhouse pests with special reference to Colombia. *Integrated Pest Management Reviews*, 3(2), 99-109. doi:10.1023/A:1009695730407.
- Palomares-Pérez, M., Rodríguez-Vélez, B., Ayala-Zermeño, M. A., De la Cruz-Llanas, J. J., Mendoza-Castañeda, A. M., Sánchez-González, J. A., ... Córdoba-Urtíz, E. G. (2016). Aspectos biológicos y capacidad de depredación de *Exochomus marginipennis* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(2), 102-109. doi:10.4067/S0719-38902016000200003.
- Parsa, S., Hazzi, N. A., Chen, Q., Lu, F., Campo, B. V. H., Yaninek, J. S., & Vásquez-Ordóñez, A. A. (2015). Potential geographic distribution of two invasive cassava green mites. *Experimental and Applied Acarology*, 65(2), 195-204. doi:10.1007/s10493-014-9868-x.
- Pérez, R., García-González, J., & Cotes, A. M. (2008). Effect of a biopesticide on the predatory activity of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 34(2), 176-181.
- Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7(2), 229-252. doi:10.1007/s10668-005-7314-2.
- Pinchao, E. C., Kondo, T., & González F, G. (2015). *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), a new predator of *Crypticeria multicastrices* Kondo and Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Insecta Mundi*, 0431, 1-7.
- Pinchao, E. C., Sotelo, P., González, G., & Kondo, T. (2017). Biological data on *Anovia punica* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Crypticeria multicastrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Neotropical Entomology*, 1-10. doi:https://doi.org/10.1007/s13744-017-0561-8.
- Pires, E., Soares, M., Nogueira, R. M., Zanuncio, J. C., Moreira, P. S., & Oliveira, M. A. (2015). Seven decades of studies with *Asopinae* predators in Brazil. *Bioscience Journal*, 31(5), 1530-1549. doi:10.14393/BJ-v31n5a2015-27335.
- Quiroga, I. A., Maya, M. F., Martínez, A. S., & Hoyos, L. M. (2011). *Paecilomyces* sp. como alternativa de control biológico de la cochinilla acanalada (*Crypticeria multicastrices* Cockerell) en San Andrés (Colombia). *Boletín del Museo Entomológico Francisco Luís Gallego*, 3(4), 10-17.
- Ramos-Portilla, A. A., & Caballero, A. (2017). Diaspididae en *Citrus* spp. (Rutaceae) de Colombia: Nuevos registros y una clave taxonómica para su identificación. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 70(2), 8139-8154. doi:10.15446/rfna.v70n2.64519.
- Rice, R. A., & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 167-173. doi:10.1579/0044-7447-29.3.167.
- Rincón, D. F., Cañas, L. A., & Hoy, C. W. (2016). Intra-plant spatial interaction between *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and its effect on predation rates. *Biological Control*, 95, 13-22. doi:10.1016/j.biocontrol.2015.12.010.
- Rincón, D. F., Cañas, L. A., & Hoy, C. W. (2017). Modeling changes in predator functional response to prey across spatial scales. *Theoretical Ecology*, 10(4), 403-415. doi:10.1007/s12080-017-0338-z.
- Rincón, D. F., Hoy, C. W., & Cañas, L. (2015). Generating within-plant spatial distributions of an insect herbivore based on aggregation patterns and per-node infestation probabilities. *Environmental Entomology*, 44(2), 194-209. doi:10.1093/ee/nvu022.

- Rincón-Vitova Insectaries, Inc. (2011). *Dephastus cataliane*: Whitefly predator. Recuperado de http://www.rinconvitova.com/bulletins_product_pdf/Delphastus_BUL.pdf.
- Rodas, C. A., Serna, R., Bolaños, M. D., Granados, G. M., Wingfield, M. J., & Hurley, B. P. (2014). Biology, incidence and host susceptibility of *Pineus borneri* (Hemiptera: Adelgidae) in Colombian pine plantations. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 77(3), 165-171. doi:10.2989/20702620.2014.1001662.
- Rosenheim, J. A., Limburg, D. D., & Colfer, R. G. (1999). Impact of generalist predators on a biological control agent, *Chrysoperla carnea*: Direct observations. *Ecological Applications*, 9(2), 409-417. doi:10.1890/1051-0761(1999)009[0409:IOGPOA]2.0.CO;2.
- Safarzoda, S., Bahlai, C. A., Fox, A. F., & Landis, D. A. (2014). The role of natural enemy foraging guilds in controlling cereal aphids in Michigan wheat. *Plos One*, 9(12), e114230. doi:10.1371/journal.pone.0114230.
- Shivankar, V. J., & Rao, C. N. (2010). Psyllids and their management. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 16(1), 1-4.
- Silva-Gómez, M., Quiroz-Gamboa, J. A., Yepes, F. C., Maya, M. F., Santos, A., & Hoyos-Carvajal, L. M. (2013). Incidence evaluation of *Crypticerya multicastrices* and *Maconellicoccus hirsutus* in Colombian Seaflower Biosphere Reserve. *Agricultural Sciences*, 4(12), 654-665. doi:10.4236/as.2013.412088.
- Silva-Gómez, M., Quiroz-Gamboa, J. A., Hoyos-Carvajal, L. M., Yepes-R., F. C., Maya-A., M. F. & Santos-M., A. (2017). Coccinélidos depredadores de *Crypticerya multicastrices* (Hemiptera: Monophlebidae) en San Andrés Isla, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas*, 21(1), 165-173. doi:10.17151/bccm.2017.21.1.13.
- Smith, L. & Bellotti, A. C. (1996). *Successful biocontrol projects with emphasis on the neotropics*. Recuperado de <http://web.entomology.cornell.edu/shelton/cornell-biocontrol-conf/talks/bellotti.html>.
- Sotelo, P., & Kondo, T. (2017). On the biology of the Colombian fluted scale, *Crypticerya multicastrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Neotropical Entomology*, 46(4), 433-441. doi:10.1007/s13744-016-0463-1.
- Stiling, P., & Cornelissen, T. (2005). What makes a successful biocontrol agent? A meta-analysis of biological control agent performance. *Biological Control*, 34(3), 236-246. doi:10.1016/j.biocontrol.2005.02.017.
- Stiling, P., Throckmorton, A., Silvanima, J., & Strong, D. R. (1991). Does spatial scale affect the incidence of density dependence: A field-test with insect parasitoids. *Ecology*, 72(6), 2143-2154. doi:10.2307/1941566.
- Suárez-Rubio, M., & Suárez, M. F. (2004). The use of the copepod *Mesocyclops longisezus* as a biological control agent for *Aedes aegypti* in Cali, Colombia. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20(4), 401-404.
- Symondson, W. O. C., Sunderland, K. D., & Greenstone, M. H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*, 47, 561-594. doi:10.1146/annurev.ento.47.091201.145240.
- Trujillo, J. (1992). Control biológico por conservación: enfoque relegado. Perspectivas de su desarrollo en Latinoamérica. *Memorias del IV Congreso Internacional de Manejo de Plagas Ceiba* (Honduras), 33(1A), 17-26.
- Urano, S., Shima, K., Hongo, K., & Susuki, Y. (2003). A simple criterion for successful biological control on annual crops. *Population Ecology*, 45(2), 97-103. doi:10.1007/s10144-003-0142-z.
- Valenzuela, G. (1993). Aspectos históricos del control biológico. En F. Palacios (Ed.), *Control biológico en*

- Colombia: historia, avances y proyecciones (pp. 1-8). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biocontrol*, 57(1), 1-20. doi:10.1007/s10526-011-9395-1.
- Van Lenteren, J. C., & Bueno, V. H. P. (2003). Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *Biocontrol*, 48(2), 123-139. doi:10.1023/A:1022645210394.
- Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *Biocontrol*, 63(1), 39-59. doi:10.1007/s10526-017-9801-4.
- Velásquez, V. H., Núñez, B., & García, R. F. (1992). *Avances en el reconocimiento y evaluación de agentes benéficos de Orthezia praelonga Douglas*. Ponencia presentada en el XIX Congreso de Socolen, Colombia, Manizales.
- Vélez, R. (1997). *Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Yaninek, J. S. & Bellotti, A. C. (1987). Exploration for natural enemies of cassava green mites based on agrometeorological criteria. En D. Rijks & G. Mathys (Eds.), *Proceedings of the Seminar on Agrometeorology and Crop Protection in the Lowly Humid and Sub-Humid Tropics, Cotonou, Benin, 7-11 July 1986* (pp. 69-75). Ginebra, Suiza: World Meteorological Organization.
- Yaninek, J. S. & Herren, H. R. (1988). Introduction and spread of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic pest in Africa, and the search for appropriate control methods; a review. *Bulletin of Entomological Research*, 78(1), 1-13.
- Yaninek, J. S., Mégevy, B., de Moraes, G. J., Bakker, F., Braun, A., & Herren, H. R. (1991). Establishment of the neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. *Biocontrol Science and Technology*, 1(4), 323-330. doi:10.1080/09583159109355211.
- Yaninek, J. S., Onzo, A., & Ojo, J. B. (1993). Continent-wide releases of neotropical phytoseiids against the exotic cassava green mite in Africa. *Experimental and Applied Acarology*, 17(1-2), 145-160. doi:10.1007/BF00156950.
- Yaninek, S. (2007). Biological control of the cassava green mite in Africa: Overcoming challenges to implementation. En C. Vincent, M.S. Goettel, & G. Lazarovits (Eds.), *Biological control: A global perspective* (pp. 28-37). Oxfordshire, Inglaterra: CAB International.
- Yaninek, S. & Hanna, R. (2003). Cassava green mite in Africa—A unique example of successful classical biological control of a mite pest on a continental Scale. En P. Neuenschwander, C. Borgemeister, & J. Langewald (Eds.), *Biological control in IPM systems in Africa* (pp. 61-75). Oxfordshire, Inglaterra: CAB International.
- Yaseen, M. (1982). Exploration for *Phenacoccus manihoti* and *Mononychellus tanajoa* natural enemies: The challenge, the achievements. *Proceedings Workshop on Biological Control and Resistance Breeding to Control Cassava Mealybug (Phenacoccus manihoti) and Green Spider Mite (Mononychellus tanajoa) in Africa*. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture.
- Yaseen, M. & Bennett, F. D. (1976). Distribution, biology and population dynamics of the green cassava mite in the Neotropics. En J. H. Cock, R. MacIntyre, & M. Graham (Eds.), *Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops* (pp. 196-202). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Zanuncio, J. C., Tavares, W. S., Fernandes, B. V., Wilcken, C. F., & Zanuncio, T. V. (2014). Production and use of Heteroptera predators for the biological control of eucalyptus pests in Brazil. *Ekoloji*, 23(91), 98-104. doi:10.5053/ekoloji.2014.9112.