



Estudio de casos: El rol ejercido por los depredadores en el manejo de plagas en cultivos de Ecuador

Case study: The role of predators in pest management in crops in Ecuador

Damaris Cevallos Cevallos¹; Jerry Santana Cedeño¹; Dorys T. Chirinos^{1,*}

1 Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

*Autor correspondiente: dorys.chirinos@utm.edu.ec (D.T. Chirinos).

ID ORCID de los autores

D. Cevallos:  <https://orcid.org/0000-0002-3713-5529>

J. Santana:  <https://orcid.org/0000-0002-8580-1100>

D. T. Chirinos:  <https://orcid.org/0000-0001-8125-5862>

RESUMEN

Las plagas agrícolas pueden causar efectos adversos en la productividad de los cultivos. Para mitigar esos efectos, se depende del control químico, debido a que es efectivo y constituye la única herramienta que puede ser utilizada cuando se sobrepasan los umbrales económicos de infestación. No obstante, el uso indiscriminado de plaguicidas trae como consecuencia problemas de contaminación ambiental, sobre la salud humana y desequilibrios ecológicos en los agroecosistemas conllevando en ocasiones a vertiginosos incrementos poblacionales de algunas plagas. En contraposición, el control biológico es considerado una alternativa sostenible, ya que por su ocurrencia natural y apreciable efecto, es la primera opción a ser considerada en programas de manejo integrado de plagas. Dentro de los agentes de control biológico se encuentran los depredadores que se caracterizan por consumir muchas presas durante toda su vida. En Ecuador, existen experiencias que refieren la ocurrencia natural de depredadores, así como su inclusión en programas de control biológico aplicado. El presente trabajo tuvo como objetivo, analizar el rol que han jugado los depredadores en el manejo de plagas agrícolas, así como las implicaciones y las perspectivas de esta alternativa en Ecuador.

Palabras clave: agroecosistemas, biodiversidad, control biológico; enemigos naturales; sostenibilidad.

ABSTRACT

Agricultural pests can cause adverse effects on crop productivity. To mitigate these effects, it depends on chemical control, since it is effective and constitutes the only tool that can be used when the economic thresholds of infestation are exceeded. However, the indiscriminate use of pesticides results in problems of environmental pollution, human health and ecological imbalances in agroecosystems, sometimes leading to vertiginous population increases of some pests. In contrast, biological control is considered a sustainable alternative, since due to its natural occurrence and appreciable effect, it is the first option to be considered in integrated pest management programs. Among the biological control agents are predators that are characterized by consuming many prey throughout their lives. In Ecuador, there are experiences that refer to the natural occurrence of predators, as well as their inclusion in applied biological control programs. The objective of this work was to analyze the role that predators have played in the management of agricultural pests, as well as the implications and perspectives of this alternative in Ecuador.

Keywords: agroecosystems, biodiversity, biological control; natural enemies; sustainability.

Recibido: DD-MM-2020.

Aceptado: DD-MM-2020.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la economía históricamente se ha basado en la producción agrícola lo que le confiere una gran importancia económica y social (Viteri & Tapia, 2018) tanto por la exportación de varios frutos frescos o procesados como por el abastecimiento del mercado local (Castillo *et al.*, 2020). A partir de la segunda mitad del siglo XX, en ese país el proceso de extensión de la producción agrícola ha estado acompañado de la aplicación de tecnologías modernas, basadas en un alto uso de plaguicidas químicos (Chirinos *et al.*, 2020; Dangles *et al.*, 2009).

Esto está fundamentado en que a lo largo del proceso de la producción, una diversidad de problemas fitosanitarios, entre otros, insectos y ácaros, pueden ocasionar efectos adversos pudiendo alcanzar entre 20 y 40% de pérdidas en la producción (Culliney, 2014; Savary *et al.*, 2012). Para disminuir los problemas de plagas, el uso de indiscriminado de plaguicidas, generalmente muy tóxicos, es la opción principal a la que recurren los agricultores, los cuales además de contaminar el ambiente, eliminan la entomofauna benéfica y podrían generar problemas de resistencia (Aktar *et al.*, 2009; Naranjo, 2017).

Toda esta situación relacionada con los efectos del uso excesivo del control químico, hace necesario

desarrollar alternativas de manejo de plagas compatibles con el ambiente pues las indiscriminadas aplicaciones de plaguicidas le confieren insostenibilidad al proceso agrícola (Hernández-Trejo *et al.*, 2019). Para ello, es importante determinar el rol que juegan los agentes de control biológico en el manejo de plagas agrícolas (Vázquez y Pérez, 2017).

Dentro de la entomofauna benéfica, los depredadores constituyen importantes agentes de control biológico que se caracterizan por consumir muchas presas durante toda su vida (van den Bosch *et al.*, 1982). En el mundo se han documentado los casos acerca de la acción de los depredadores en agricultura, y aunque algunos investigadores refieren resultados heterogéneos acerca de la efectividad de su acción (Karp *et al.*, 2018) estos enemigos naturales constituyen una parte importante del control biológico de plagas (Amoabeng *et al.*, 2020; Castillo *et al.*, 2020; Castillo Carrillo, 2020; van Driesche *et al.*, 2020). Por esta razón, es importante, revisar para Ecuador la magnitud y efectividad del uso de estos enemigos naturales, lo que constituye el objetivo más importante de este trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló mediante una investigación documental de artículos científicos, libros, capítulos de libros, informes técnicos y resúmenes in extenso para estimar el rol que han jugado los depredadores en el manejo de algunas plagas agrícolas en Ecuador. Se hace mención su ocurrencia como control biológico natural, así como, como los casos de control biológico aplicado. Dicha revisión se realizó a partir de 1970, es decir,

aproximadamente dos décadas después de la síntesis de los plaguicidas químicos. Se incluyen los conceptos de depredadores, los tipos y el contexto histórico mundial basado, así como, conceptos de control biológico y tipos. Los casos documentados acerca de depredadores en el manejo de plagas agrícolas en Ecuador son analizados en este artículo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conceptos, tipos y el contexto histórico mundial de depredadores, concepto y tipos de control biológico.

Definición de depredador y tipos. La definición y tipos aquí suministrados fueron resumidas de van den Bosch *et al.* (1982). Un depredador es definido como un organismo que ataca, mata y consume varios o muchos otros individuos durante su tiempo de vida y reúne las siguientes características:

- En su vida consumen muchas presas.
- Generalmente tanto el estado inmaduro como el adulto se alimentan de presas, con algunas excepciones (ej. Adultos de Syrphidae y de Neuroptera).
- La presa generalmente es más pequeña.
- Mata a la presa.
- Son mayoritariamente generalistas.

Se alimentan de todas las fases de artrópodos: huevo, larva (o ninfa), pupa y adulto y existen dos tipos de alimentación, es decir, los que se alimentan masticando a la presa con las partes bucales (ej. Coccinellidae, Carabidae) y aquellos que las succionan. En este último caso, generalmente

inyectan potentes toxinas y enzimas digestivas que rápidamente inmovilizan a la presa durante el proceso de alimentación. Especies de depredadores existen en la mayoría de los Órdenes encontrándose el mayor número en Coleoptera, siendo la mayoría polífagos con un amplio rango de hospederos (ej. *Chrysopa* spp.), otros son oligófagos teniendo un rango restringido de hospederos (Coccinellidae y Syrphidae) y monófagos que son altamente específicos (el coccinellido, *Rodolia cardinalis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) sobre la cochinilla algodonosa, *Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Monophlebidae).

Contexto histórico mundial de los depredadores en el control biológico. Esta sección representa un extracto de lo detallado por van den Bosch *et al.* (1982) acerca de la historia de los depredadores en el control biológico. El uso de insectos para la regulación de otros insectos es muy antiguo y dado que generalmente los depredadores son de mayor tamaño fueron los primeros en ser descubiertos y usados en control biológico aplicado. La práctica más antigua data del Siglo III y fue implementada por los chinos con el uso de

hormigas depredadoras de la especie, *Oecophylla smaragdina* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae) para el control de plagas de hojas en cítricos. Dicha práctica consistía en conectar las ramas entre árboles de naranja para facilitar el desplazamiento de las hormigas.

En América, comenzaron las introducciones de enemigos naturales desde 1855. El desarrollo del control biológico se mantuvo circunscrito al este y oeste medio de EEUU hasta 1880, cuando el movimiento de empresas agrícolas incrementó vertiginosamente esta actividad en California. La multiplicación de nuevos cultivos resultó de la importación de semillas, de plántulas y esquejes de las mejores variedades de árboles frutales, plantas ornamentales, lo que hizo florecer la agricultura en esa región. Pero desafortunadamente, todas esas importaciones, incrementaron los problemas de artrópodos plagas y enfermedades.

Dentro de este contexto, se introdujo accidentalmente la escama algodonosa, *I. purchasi* una plaga destructiva, de acacias, peras, y cítricos. Originaria de Australia, fue observada en EEUU, por primera vez en árboles de acacia en el parque Menlo, California en 1868 y posteriormente afectó severamente la producción de cítricos de este estado. Al corroborar que se trataba de una plaga introducida se realizó un programa de control biológico en el cual, dos enemigos naturales fueron llevados desde Australia, su país de origen, el depredador, *Rodolia cardinalis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) y el parasitoide, *Cryptochetum iceryae* Williston (Diptera: Cryptochetidae).

El depredador se multiplicó y dispersó rápidamente en el sur de California y las poblaciones de *I. purchasi* fueron drásticamente reducidas a niveles que no causaban daños económicos. El otro enemigo natural, *C. iceryae* también se dispersó en las áreas de liberación junto con *R. cardinalis* y desde entonces, ambos contribuyen al mantenimiento de las bajas densidades poblacionales de esta cochinilla. Posterior a este caso, que marcó un hito como control biológico clásico, muchos programas han sido implementados hasta la actualidad en diferentes regiones del mundo con diversos niveles de éxito.

Previo a analizar los depredadores y el manejo de plagas en Ecuador es importante suministrar conceptos de Control Biológico y los tipos que existen a los fines de contextualizar los casos a mencionar. En sentido amplio y en Entomología, el control biológico consiste en la acción de parasitoides, depredadores o patógenos que mantienen a las densidades de poblaciones de otros organismos a promedios más bajos de lo que ocurriría en ausencia de ellos (DeBach, 1964). Más recientemente ha sido definido como el uso de organismos vivos para suprimir una plaga, para reducir su población o el impacto de esta, haciéndola menos abundante o menos dañina (Eilenberg et al., 2001).

Entre los tipos de control biológico se encuentran el natural y el aplicado y a su vez este último se divide en control biológico por conservación,

control biológico clásico y control biológico aumentativo.

Control Biológico Natural. Es aquel que ocurre naturalmente en los agroecosistemas sin intervención del ser humano (van den Bosch et al., 1982).

Control Biológico Aplicado. La manipulación de enemigos naturales con fines de control de plagas es conocida como control biológico aplicado (van den Bosch et al., 1982).

Control biológico por conservación. La conservación de enemigos naturales se basa en la modificación del medio ambiente o de las prácticas existentes para proteger y aumentar los enemigos naturales específicos u otros organismos con la finalidad de reducir el efecto de las plagas (Eilenberg et al., 2001).

Control biológico aumentativo. Cuando los enemigos naturales son biológicamente efectivos, pero no son suficientes para controlar a las plagas se puede recurrir al incremento de su población a través de cría masiva y liberación inoculativa (el agente de control biológico se multiplica y controla a la plaga por un tiempo determinado) o inundativa (el control es realizado exclusivamente por los individuos liberados) (van den Bosch et al., 1982).

Control Biológico Clásico. La importación (o introducción) de enemigos naturales, es también conocida como control biológico clásico. Este tipo de control comienza con la determinación de la especie nativa o foránea (exótica) que es objeto de este tipo de control (van den Bosch et al., 1982). Incluye una serie de pasos como son, la exploración foránea, las medidas cuarentenarias por las que debe pasar el material colectado, la colonización de campo y finalmente la evaluación de su impacto sobre las poblaciones de la especie plaga (van den Bosch et al., 1982).

Dentro del contexto del Control Biológico y los tipos de control, se describen casos de depredadores asociados con algunas plagas agrícolas en Ecuador.

Los depredadores y el control biológico Ecuador

En Ecuador se han registrado más de 30 depredadores diferentes Órdenes controlando insectos plaga que afectan los cultivos (Tabla 1) algunos de los cuales se ilustran fotográficamente (Figura 1 - 3). En el presente documento se presenta un resumen del conocimiento actual de los parasitoides presentes en Ecuador con énfasis en el control biológico natural.

La escama algodonosa, *Icerya purchasi* y el depredador *Rodolia cardinalis*. El control biológico de la escama algodonosa, *I. purchasi* mediante en coccinélido *R. cardinalis* (Figura 1) se divide en su introducción a la región continental y a la Isla de Galápagos.

Molineros (1984) indicó que, en 1978, *I. purchasi* fue encontrada en Quito destruyendo frutales y plantas ornamentales en un área de 900 km². Dado los resultados infructuosos de los esfuerzos para controlar invasión de la escama mediante podas y aplicaciones de insecticidas, se procedió a la importación de enemigos naturales desde EEUU, entre estos, 24 millones de individuos de

coccinélido, *Hippodamia convergens* Guerin, (Coleoptera: Coccinellidae) así como 40 individuos de *R. cardinalis* y 10 individuos *Chrytochaetum iceryae* (Williston) (Diptera: Chrytochaetidae). El investigador informó que *H. convergens* fue liberada y se alimentó principalmente de ninfas de áfidos y de la escama, mientras que los adultos de *C. iceryae* no sobrevivieron. Por su parte, *R. cardinalis* se adaptó, multiplicó y eliminó el daño causado por la escama, constituyéndose en otro caso exitoso de control biológico, igual que ocurrió en otros 50 países (Molineros, 1984).

Por su parte, *I. purchasi* se introdujo accidentalmente en las Islas Galápagos en el año 1982 (Causton *et al.*, 2004). Dado que estas islas representan un patrimonio natural de la humanidad, el programa para el control de esta cochinilla, implementado con la introducción y liberación de *R. cardinalis* fue rigurosamente evaluado antes, durante y después de la introducción. Los eventos sucedidos antes se resumen de Causton *et al.* (2004)

Después de la introducción de la escama se detectó que se alimentaba de aproximadamente 62 especies de plantas nativas. En vista que la plaga no podía controlarse con aplicaciones de insecticidas, la Fundación Charles Darwin junto con el Servicio de Parques de Galápagos concluyeron que esta escama constituía una amenaza para la biodiversidad y un Comité Técnico asesor en 1996 consideró la posibilidad de la introducción de *R. cardinalis* para su control, dada la efectividad demostrada por este coccinélido depredador en otras regiones del mundo. Para estos fines, se determinó la bioseguridad de *R. cardinalis* antes que pudiera ser liberado en las Islas.

En marzo de 1999, la sección de Entomología (Brisbane, Australia) de la Organización de Investigación Científica e Industrial del Patrimonio Común (CSIRO, siglas en inglés) donó individuos de *R. cardinalis* y se estableció una colonia en una instalación construida para la cuarentena de insectos en la Estación Científica Charles Darwin. En cuarentena, se analizaron insectos que se presumían tenían un alto riesgo de ser atacados por *R. cardinalis*, entre estos, 16 especies dentro de nueve Familias (Ortheziidae, Monophlebidae, Pseudococcidae, Eriococcidae, Coccidae, Diaspididae, Aphididae, Coccinellidae y Chrysoptera) en tres Órdenes de insectos (Hemiptera, Coleoptera y Neuroptera).

Finalizados los experimentos de prueba de seguridad, se concluyó que *R. cardinalis*, no representaban una amenaza significativa para los insectos nativos de Galápagos, porque las larvas del depredador no podían completar su desarrollo en especies que no eran el objeto del control, y los adultos exhibían un rango de presas muy estrecho, prefiriendo atacar y alimentarse de *I. purchasi*.

Calderon Alvarez *et al.* (2012) señalaron que, durante la implementación del programa, desde enero 2002 a enero 2003 se liberaron 1709 adultos, 27 pupas y cinco larvas en Fernandina, Floreana, Genovesa, Isabela, Marchena, Pinta, Pinzón, Rabida, San Cristóbal, Islas Santa Cruz y Santiago y adicionalmente fueron liberados total

497 adultos en Isabela, Marchena, Pinta, Santa Cruz y San Cristóbal desde 2003 a 2005, totalizando 2238 coccinélidos liberados. Los investigadores indicaron que el coccinélido se estableció fácilmente debido a la abundancia de *I. purchasi* y provocó rápida reducción en la densidad de plaga. Los experimentos de exclusión utilizando jaulas de manga y monitoreo posterior a la introducción realizados en rodales de mangle blanco (*Laguncularia racemosa* L.) muy infestados en Puerto Ayora en la isla Santa Cruz mostraron una rápida disminución en las poblaciones de *I. purchasi* en las 12 semanas posteriores a la liberación de *R. cardinalis* (Calderon Alvarez *et al.*, 2012).

Hoddle *et al.* (2013) señaló que siete años después de la liberación se evaluó el programa de control biológico de *I. purchasi* mediante *R. cardinalis* en Galápagos y concluyeron que ha resultado en una supresión sustancial de la plaga, así como refieren que es improbable que se produzcan impactos significativos en aquellas especies no objetos del programa de control.

El control de *I. purchasi* mediante *R. cardinalis* representó el primer caso de programas del control biológico clásico en el archipiélago.

Inventario de especies depredadoras de trips en Islas Galápagos. Los trips (Orden Thysanoptera) son pequeños insectos que han desarrollado diversos hábitos alimentarios, entre los cuales se encuentra, la fitofagia, depredación, y el consumo de esporas de hongos. Hoddle y Mound (2011) realizaron un inventario en el año 2009 de especies de trips en las Islas Galápagos asociadas a 25 plantas hospedadoras, como parte de cultivos de ciclo corto, de ciclo largo, ornamentales y arvenses. En el inventario se detectaron 13 especies de trips de hábitos depredadores, y en los géneros *Androthrips*, *Franklinothrips*, *Karnyothrips* y *Leptothrips* se identificaron ocho especies sobre plantas de cebolla (Tabla 1). Aunque este estudio fue realizado para determinar las especies endémicas y exóticas de Thysanoptera en el archipiélago, esta información resulta fundamental para el conocimiento de los depredadores que conforman la entomofauna benéfica en esta importante región insular.

Depredadores de plagas importantes asociadas a caña de azúcar. Ecuador para caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L, se han identificado 39 especies de insectos, de las cuales, hasta ahora solo se han informado depredadores asociados a las especies: el saltahoja, *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Hemiptera: Delphacidae) y el áfido amarillo, *Sipha flava* Forbes (Hemiptera: Aphididae) (Mendoza, 2018).

Saltahoja, *Perkinsiella saccharicida*. Mendoza (2018) indicó que se trata de una especie invasora, originaria del archipiélago malayo o Australia, cuyo primer reporte en Ecuador y América ocurrió en el año 1966. Sus daños pueden llegar a causar pérdidas de hasta 36% de la producción (Mendoza 2018).

El mismo investigador indica que hasta ahora se ha logrado determinar un complejo numeroso de organismos benéficos que constituyen el factor

regulatorio más importante de las poblaciones del saltahojas, entre los que se mencionan los depredadores, como las arañas de las familias Salticidae y Tetragnathidae, los chinches *Zelus pedestrus* (Hemiptera, Reduviidae), *Tytthus parviceps* (Hemiptera, Miridae) y los crisópodos *Ceraeochrysa* spp y *Leucochrysa* spp. (Neuroptera, Chrysopidae).

Adicionalmente se señala que entre 1978 y 1998, CINCAE introdujo desde Hawái la especie, *Tytthus mundulus* Breddin (Hemiptera, Miridae), un chinche depredador de huevos del saltahojas, como parte de un programa de control biológico clásico de esta plaga, liberando alrededor de un millón de especímenes de este insecto y luego de varios años de observaciones en campo se determinó que no logró establecerse en Ecuador (Mendoza, 2018).

El áfido amarillo, *Sipha flava*. Esta especie es originaria de Norte América y su presencia en Ecuador data desde 1968 (Mendoza, 2018). Se estima los daños por este insecto se pueden traducir en pérdidas de hasta 17% en la producción de caña (Mendoza 2018). Entre los depredadores más importantes se encuentran, coccinélidos pertenecientes a los géneros, *Scymnus*, *Diomus*, *Cycloneda*, *Hipodamia*, *Olla*, *Harmonia*, sírfidos de los géneros *Baccha*, *Allograpta*, *Mesograpta*, *Mesogramma*, así como crisopas (*Ceraeochrysa*, *Leucochrysa*) y arañas.

Mendoza (2018) informó que la producción y liberación de crisopas ha sido utilizada para el manejo del áfido amarillo en varios países, sin embargo, en las condiciones de la costa ecuatoriana esta técnica no resultó efectiva. Por otro lado, este investigador señaló que la recolección de coccinélidos de malezas hospederas de otras especies de áfidos, y su posterior liberación en los campos de caña de azúcar que ha resultado beneficiosa en la colonización de sembradíos infestados por este áfido.

Depredadores para el control del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith. En el cultivo del maíz, *Zea mays* L. el gusano cogollero, *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) es considerada la de mayor relevancia (Nboyine et al., 2020). Es nativa de la región neotropical, y en consecuencia allí se encuentra la mayor cantidad de reguladores naturales de este insecto, entre los que sobresalen los parasitoides, depredadores y microorganismos (Navarrete et al., 2016).

En un inventario realizado en el año 2015 en plantaciones de maíz en las provincias de Los Ríos y Manabí, Navarrete et al. (2016) encontraron los insectos depredadores pertenecientes a los géneros, *Zelus* (Hemiptera: Reduviidae) y *Podisus* (Hemiptera: Pentatomidae) asociados a *S. frugiperda*, en los puntos de crecimiento de plantas de maíz. Dichos depredadores fueron llevados al laboratorio para su cría. Los investigadores señalaron que *Zelus* spp. no pudo ser criado, mientras que *Podisus* spp. tuvo una duración de 23,1 días y la longevidad de adultos fue de 33,75 días. Con base a los resultados se concluye que es posible criar *Podisus* spp. bajo condiciones controladas utilizando como dieta *S. frugiperda*, lo

cual abre las posibilidades para utilizarlo como parte del control biológico aplicado de esta plaga.

El depredador, *Coenosia attenuata* sobre *Liriomyza* spp. y *Trialeurodes vaporariorum*.

Las moscas minadoras del género *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) son consideradas plagas secundarias debido a la acción agentes de control biológico, pero pueden convertirse en plagas de importancia debido a los desbalances ocasionados por las aplicaciones continuas de insecticidas realizadas para controlar estas y otras plagas asociadas a los cultivos (Ridland et al., 2020). Por su parte, la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae), es considerada una especie de importancia que afecta cultivos hortícolas sembrados tanto a cielo abierto como en invernaderos (Martin et al., 2000). De hecho, a lo largo del siglo XX, esta especie junto con *Bemisia tabaci* (Gennadius) representaron serios problemas de plagas en campos de cultivo en una amplia diversidad de condiciones agroecológicas (Martin et al., 2000).

Para ambas especies fitófagas, se realizaron experimentos con la mosca depredadora, *Coenosia attenuata* Stein (Diptera: Muscidae) para estimar el porcentaje de control (Urbano et al., 2018). Couri y Salas (2010) refieren que debido a sus hábitos depredadores especies del género *Coenosia* juegan un importante papel como agentes de control biológico de algunas plagas. Urbano et al. (2018) realizaron los ensayos de laboratorio y campo, para *Liriomyza* spp. sobre plantas de velo de novia, *Gypsophila paniculata* L. y en el caso de *T. vaporariorum* se utilizó tomate, *Solanum lycopersicum* L. La investigación detectó porcentajes de control de 80 y 41,37% para *Liriomyza* spp. y *T. vaporariorum*, respectivamente. En el caso de la segunda especie fitófaga los investigadores catalogan los porcentajes de control como interesantes, debido a que el depredador fue traído de una zona agroecológica diferente al sitio donde se realizó el ensayo y además concluyen que *C. attenuata* es un agente de control biológico eficaz y sustentable para ambas especies fitófagas.

Depredadores asociados a trips en pitahaya.

Meza et al. (2020) realizaron un estudio acerca de niveles de infestación y enemigos naturales de trips asociados a pitahaya en La Estancilla, Manabí. Durante la investigación fueron detectados cuatro taxones de enemigos naturales: una especie de crisópido (Neuróptera: Chrysopidae) no determinada, *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae), *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthoridae) y una especie de araña (Aranae: Salticidae) no identificada. Los investigadores observaron diferencias en la abundancia de estos enemigos naturales encontrando que Chrysopidae y *Zelus* sp. fueron significativamente superiores, y *O. insidiosus* la especie menos abundante. Los investigadores indican que los enemigos naturales conforman un componente fundamental como agentes de control biológico natural de estos fitófagos.

Depredadores de minador de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*. El minador de la hoja, *P.*

citrella, es una plaga de los cítricos descrita por primera vez en la India, que se extendió desde el Sur de Asia, a países productores de América, África, Europa y Oceanía (Sarada et al. 2014). El daño es causado por la alimentación de las larvas que minan hojas jóvenes y en infestaciones altas pueden dañar ramas y frutos (Cañarte-Bermúdez et al., 2020).

Tal como ocurre en otros países del mundo el control biológico es fundamental para el manejo de esta plaga. Estudios realizados en zonas citrícolas de las provincias de Los Ríos, Bolívar, Guayas, Manabí, Tungurahua y Pichincha además de los parasitoides diagnosticó la presencia de los depredadores *Chrysopa* sp., *Zelus* sp., *Polistes* sp., *Polibia* sp., *Hippodamia* sp. y una especie de familia (Diptera: Dolychopodidae). Se señala que son responsables de un considerable porcentaje de control natural de la plaga, estimado entre 44 a 60% de larvas depredadas (Valarezo et al., 2004).

Depredadores del psílido asiático, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Diaphorina citri* es considerada la plaga más devastadora de los cítricos (Parra et al., 2016). Su daño directo es causado cuando extrae la savia e inyecta toxinas pero, el daño más significativo es la transmisión de las bacterias, *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *C. Liberibacter americanus*, que se alojan en el floema, y causan una producción excesiva de almidón, lo que trae como consecuencia, la obstrucción de este vaso conductor y la eventual muerte de la planta, cuya enfermedad es conocida como Huanlongbing (Bové, 2006). En Ecuador este insecto se detectó en el año 2013 en Guayaquil y Duran de la provincia de Guayas sobre plantas de cítricos, *Citrus* spp. y mirto, *Murraya paniculata* (L.) (Cornejo y Chica, 2014). Desde ese entonces varios estudios han sido realizados relacionados con la diversidad de sus enemigos naturales.

El coccinélido, *Cheilomenes sexmaculata* Fabricis fue la primera especie de depredador asociada con este psílido reportada para la provincia de Guayas, Ecuador (Chavez et al., 2017). Posteriormente, fueron detectadas otras especies de depredadores como resultado de un inventario de enemigos naturales realizados sobre plantas de *Murraya paniculata* y *Citrus* spp. para Guayas y la provincia de Santa Elena (Chavez et al., 2019). En ese inventario fueron observados los coccinélidos, *Ch. sexmaculata*, *Paraneda pallidula guticollis* (Mulsant), *Cycloneda sanguinea* L., la crisopa, *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y el chinche depredador, *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae).

Erráz et al. (2020) realizaron un inventario de enemigos naturales en plantas de traspatio de *M.*

paniculata y *Citrus* spp. en la zona de Catamayo, Provincia de Loja, Ecuador. Dicho inventario arrojó la presencia de 11 especies depredadoras (Tabla 1), en las familias Coccinellidae (Coleoptera), Chrysopidae (Neuroptera) y Antochoridae (Hemiptera), encontrando en mayor abundancia *Ch. sexmaculata* y *Chrysopa* spp.

Todas las investigaciones realizadas concluyen que los depredadores junto con los parasitoides contribuyen con la regulación de *D. citri* y por tanto constituyen una herramienta para el control de esta importante plaga.

Análisis y perspectivas del uso de depredadores

A lo largo de esta revisión bibliográfica se refiere la ocurrencia natural de depredadores en los agroecosistemas, así como, su uso en el control biológico aplicado con diferentes niveles de efectividad. Eso muestra que, si bien en Ecuador existe una alta diversidad de plagas agrícolas, también existe una alta riqueza y abundancia de enemigos naturales, entre los que resaltan los depredadores (Castillo 2020) cuyo uso en el control biológico de plagas data desde 1937 (Castillo et al., 2020). Desafortunadamente, con la síntesis de los plaguicidas químicos a partir de 1945, fue disminuido el uso de este y otros agentes de control biológico (Dangles et al., 2009).

Más recientemente ha sido señalado que, mientras en países como Brasil, Chile, Argentina, Perú o Colombia han desarrollado tradicionalmente estrategias de control biológico, Ecuador se ha relegado, probablemente asociado a los subsidios que se les otorga a los agricultores para la siembra, y una parte debe ser destinada la compra de plaguicidas (Peñalver-Cruz et al. 2019).

Conclusiones

El rotundo éxito del control biológico de *I. purchasi* mediante su depredador *R. cardinalis* tanto en Ecuador continental como en el archipiélago, y el rol que juegan los depredadores en el control biológico natural de trips en pitahaya, salta hojas y áfidos en caña de azúcar, el minador y el psílido asiático en cítricos, son indicativos del potencial que tienen estos agentes de control biológico para disminuir las poblaciones de plagas agrícolas. Es necesario retomar enfoques de manejo practicados antes de 1945, complementándolos con los nuevos avances científicos tecnológicos para lograr una producción agrícola sostenible.

Agradecimientos

Al "Identificación de las principales plagas, enemigos naturales y virosis en algunos cultivos de importancia en Ecuador y Venezuela" por haber subvencionado parcialmente la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Amoabeng, B. W., Stevenson, P. C., Mochiah, B. M., Asare, K. P., & Gurr, G. M. (2020). Scope for non-crop plants to promote conservation biological control of crop pests and serve as sources of botanical insecticides. *Scientific Reports*, 10, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63709-x>
- Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88(1), 7–37. <https://doi.org/10.4454/jpp.v88i1.828>

- Calderon Alvarez, C., Causton, C. E., Hoddle, M. S., Hoddle, C. D., Driesche, R. van, & Stanek III, E. J. (2012). Monitoring the effects of *Rodolia cardinalis* on *Icerya purchasi* populations on the Galapagos Islands. *BioControl*, 57, 167–179. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9429-8>
- Cañarte-Bermúdez, E., Navarrete-Cedeño, B., Montero-Cedeño, S., Arredondo-Bernal, H. C., Chávez-López, O., & Bautista-Martínez, N. (2020). Effect of neem on *Phyllocnistis citrella* Stainton and its parasitoid *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya in Ecuador. *Enfoque UTE*, 11(2), 01–10.
- Castillo, C. C., Gallegos, P. G., & Causton, C. E. (2020). Biological control in continental Ecuador and the Galapagos Islands. In J. C. van Lenteren, V. H. P. Bueno, M. G. Luna, & Y. C. Colmenarez (Eds.), *Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future* (pp. 220–244). CAB International 2020.
- Castillo Carrillo, C. I. (2020). Biodiversity in Ecuador and Its Immense Potential for Agricultural Pest Control. In D. Chong, Pablo, Newman, David, Steinmacher (Ed.), *Agricultural, Forestry and Bioindustry Biotechnology and Biodiscovery* (pp. 143–162). Springer.
- Causton, C. E., Lincango, M. P., & Poulosom, T. G. A. (2004). Feeding range studies of *Rodolia cardinalis* (Mulsant), a candidate biological control agent of *Icerya purchasi* Maskell in the Galapagos Islands. *Biological Control*, 29, 315–325.
- Chavez, Y., Castro, C., González, G. F., Castro, J., Peñarrieta, S., Perez-Almeida, I., Chirinos, D. T., & Kondo, T. (2019). Population fluctuation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) and survey of some natural enemies in Ecuador. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(3), 449–453.
- Chavez, Yilda, Chirinos, D. T., González, 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.
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Revista Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1–16.
- Cornejo, J. F., & Chica, E. J. (2014). First record of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Ecuador infesting urban citrus and orange Jasmine trees. *Journal of Insect Science*, 14(298), 1–3.
- Couri, M. S., & Salas, C. (2010). First record of *Coenosia attenuata* Stein (Diptera, Muscidae) from Chile, with biological notes. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54(1), 144–145.
- Culliney, T. W. (2014). *Crop Losses to Arthropods* (D. Pimentel & R. Peshin (eds.); pp. 202–217). Springer Netherlands.
- Dangles, O., Barragán, Á., Cárdenas, R. E., Onore, G., & Keil, C. (2009). Entomology in Ecuador: Recent developments and future challenges. *Annales De La Société Entomologique De France*, 45(4), 424–436.
- DeBach, P. (1964). The scope of biological control. In P. DeBach (Ed.), *Biological Control of Insect Pests and Weeds* (pp. 3–20). Chapman and Hall Ltd.
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology. *BioControl*, 46(1), 387–400.
- Erráziz Aguilera, M., Mazón, M., Troya Armijos, H., & Valarezo Espinoza, D. (2020). Identificación y evaluación de la incidencia de insectos y hongos benéficos asociados a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en plantas traspatio (*Citrus* spp. y *Murraya paniculata*) del cantón Catamayo (Loja - Ecuador). *Ecuador Es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 7(1), 25–33.
- Hernández-Trejo, A., Drouaillet Estrada, B., Rodríguez-Herrera, R., Giron García, M. J., Atiño-Arellano, A. S., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803–813.
- Hoddle, M. S., Crespo, C., Hoddle, C. D., Loayza, J., Piedad, M., Driesche, R. G. Van, & Causton, C. E. (2013). Post release evaluation of *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) for control of *Icerya purchasi* (Hemiptera: Monophlebidae) in the Galápagos Islands. *Biological Control*, 67(2), 262–274.
- Hoddle, M. S., & Mound, L. A. (2011). Thysanoptera of the Galápagos Islands. *Pacific Science*, 65(4), 507–513. <https://doi.org/10.2984/65.4.507>
- Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T. D., Martin, E. A., DeClerck, F., Grab, H., Gratton, C., Hunt, L., Larsen, A. E., Martínez-Salinas, A., O'Rourke, M. E., Rusch, A., Poveda, K., Jonsson, M., Rosenheim, J. A., Schellhorn, N. A., Tschamtkte, T., Wratten, S. D., Zhang, W., ... Zou, Y. (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(33), E7863–E7870.
- Martin, J. H., Mifsud, D., & Rapisarda, C. (2000). The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90(5), 407–448. <https://doi.org/10.1017/S0007485300000547>
- Mendoza, J. R. (2018). Experiencias sobre control biológico en el cultivo de caña de azúcar en Ecuador. In P. Castillo, C., Montero, B. y Cuasapaz (Ed.), *Memorias del 1er Congreso de Control Biológico Aplicado* (pp. 12–15).
- Meza, K., Cusme, M., Velasquez, J., & Chirinos, D. (2020). Trips (Thysanoptera) asociados con la pitahaya *Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt. especies, niveles poblacionales, daños y algunos enemigos naturales. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 32(2), 93–105.
- Moliner, J. (1984). Control de la escama algodonosa *Icerya purchasi* Maskell en Quito y sus alrededores. In Memorias del Encuentro Entomológico Ecuatoriano. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (Ed.), *Memorias del Encuentro Entomológico Ecuatoriano. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales* (pp. 29–30). Graficas Robles.
- Naranjo, A. (2017). *La otra guerra: Situación de los plaguicidas en Ecuador* (Agencia Ec).
- Navarrete, B., Intriago, L., Peñaherrera, S., Terrero, P., Vera, D., & Herrera, M. (2016). Cría de depredadores del género *Podisus* usando *Spodoptera frugiperda* como alimento, bajo condiciones controladas. *Revista La Técnica*, 16, 26–31.
- Nboyine, J. A., Kusi, F., Abudulai, M., Badii, B. K., Zakaria, M., Adu, G. B., Haruna, A., Deidu, A., Osei, V., Alhassan, S., & Yahaya, A. (2020). A new pest, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), in tropical Africa: Its seasonal dynamics and damage in maize fields in northern Ghana. *Crop Protection*, 127, 1–7.
- Parra, J. R. P., Alves, G. R., Diniz, A. J. F., & Vieira, J. M. (2016). *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) 3 *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. *Journal of Integrated Pest Management*, 7(1), 1–11.
- Ridland, P. M., Umina, P. A., Pirtle, E. I., & Hoffmann, A. A. (2020). Potential for biological control of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), in Australia with parasitoid wasps. *Austral Entomology*, 59(1), 16–36.
- Sarada, G., Gopal, K., Gouri Sankar, T., Lakshmi, M., Gopi, V., Nagalakshmi, T., & Ramana, K. (2014). Citrus leaf miner (*Phyllocnistis citrella* Stainton, Lepidoptera: Gracillariidae): biology and management: a review. *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 3(3), 39. <http://www.rroij.com/open-access/citrus-leaf-miner-phyllocnistis-citrella-stainton-lepidoptera-gracillariidae-biology-and-management-a-review-39-48.pdf>
- Savary, S., Ficke, A., Aubertot, J. N., & Hollier, C. (2012). Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. *Food Security*, 4(4), 519–537.
- Urbano, E., Pozo, J. F., & Solano, C. (2018). Evaluación del controlador biológico *Coenosia attenuata* sobre *Liriomyza* spp. y *Trialeurodes vaporariorum*. *Memorias Del 1er Congreso de Control Biológico Aplicado*, 42–44.
- Valarezo, O., Cañarte, E., & Navarrete, B. (2004). Distribución, bioecología y manejo de *Phyllocnistis citrella* Stainton en Ecuador. In *Iniap* (Issue May 2016). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. [http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1158/1/Estación Experimental Portoviejo Manual No 62.pdf](http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1158/1/Estación%20Experimental%20Portoviejo%20Manual%20No%2062.pdf)
- van den Bosch, R., Messenger, P. S., & Gutierrez, A. P. (1982). *An Introduction to Biological Control*. Plenum Press.
- van Driesche, R., Winston, R. L., & Duan, J. J. (2020). Classical insect biocontrol in North America, 1985 to 2018: a pest control strategy that is dying out? *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 15(037), 1–9.
- Vázquez, L., & Pérez, N. (2017). El control biológico integrado al manejo territorial de plagas de insectos en Cuba. *Agroecología*, 12(1), 39–46.
- Viteri Vera, M. del P., & Tapia Toral, M. C. (2018). Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revista Espacios*, 39(32), 30–35.

Tabla 1. Depredadores referidos como agentes de control biológico para Ecuador.

Cultivo	Plaga	Depredador	Tipo de Control biológico (CB)	Referencia
Frutales, mangle y ornamentales	<i>Icerya purchasi</i>	<i>Hypodammia convergens</i> <i>Rodolia cardinalis</i>	CB Clásico	Molineros (1984) Causton <i>et al.</i> (2004) Calderon <i>et al.</i> (2012) Hoddle <i>et al.</i> (2013)
Cebolla	No precisadas	<i>Androthrips ramachandrai</i> <i>Franklinothrips vespiformis</i> <i>Karnyothrips caliginosus</i> <i>Karnyothrips flavipes</i> <i>Karnyothrips melaleucus</i> <i>Karnyothrips sonorensis</i> <i>Leptothrips sp.</i> <i>Leptothrips sp. nr. yaqui</i>	CB Natural	Houddle & Mound (2011)
Caña de azúcar	<i>Perkinsiella saccharicida</i>	Aranae: Salticidae Tetragnathidae <i>Zelus pedestris</i> <i>Tytthus parviceps</i> <i>Ceraeochrysa spp</i> <i>Leucochrysa spp.</i>	CB Natural	Mendoza (2018)
Caña de azúcar	<i>Perkinsiella saccharicida</i>	<i>Tytthus mundulus</i>	CB Clásico	Mendoza (2018)
Caña de azúcar	<i>Sipha flava</i>	<i>Scymnus</i> <i>Diomus</i> <i>Cycloneda</i> <i>Hipodamia</i> <i>Olla</i> <i>Harmonia</i> <i>Baccha</i> <i>Allograpta</i> <i>Mesograpta</i> <i>Mesogramma</i> <i>Ceraeochrysa</i> <i>Leucochrysa</i>	CB Natural	Mendoza (2018)
Maíz	<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Zelus sp.</i> <i>Podisus sp.</i>	CB Natural	Navarrete <i>et al.</i> (2016)
<i>Velo de novia</i> Tomate	<i>Liriomyza spp.</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Coenosia attenuata</i>	CB Natural	Urbano <i>et al.</i> (2018)
Pitahaya	Varias especies de trips	Neuroptera: Chrysopidae <i>Zelus sp.</i> <i>Orius insidiosus</i> Aranae: Salticidae	CB Natural	Meza <i>et al.</i> (2020)
Cítricos	<i>Phyllocnistis citrella</i>	<i>Chrysopa sp.</i> <i>Zelus sp.</i> <i>Polistes sp.</i> <i>Polibia sp.</i> <i>Hippodamia sp.</i> Diptera: Dolychopodidae	CB Natural	Valarezo <i>et al.</i> (2004)
Cítricos y mirto	<i>Diaphorina citri</i>	<i>Cheilomenes sexmaculata</i> <i>Paraneda pallidula</i> <i>Cycloneda sanguinea</i> <i>Ceraeochrysa sp.</i> <i>Zelus sp.</i> <i>Azya orbigera ecuadorica</i> <i>Hysperaspis esmeralda</i> <i>Hysperaspis onerata</i> <i>Pentilia sp.</i> <i>Diomus spp.</i> <i>Chrysopa spp.</i>	CB Natural	Chavez <i>et al.</i> (2017) Chavez <i>et al.</i> (2019) Erraéz <i>et al.</i> (2020)

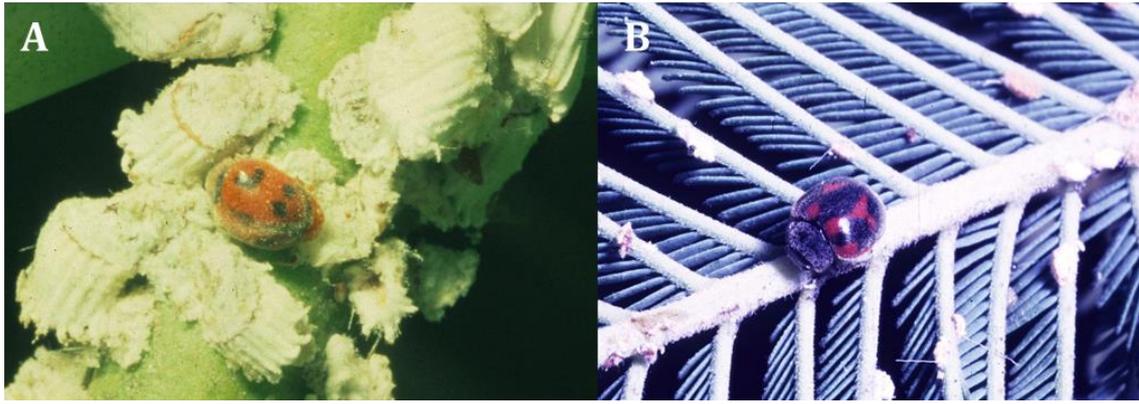


Figura 1. El coccinélido depredador *Rodolia cardinalis* Markell sobre la escama algodonosa, *Icerya purchasi*, A: Sobre cítricos, B: sobre acacia. Fotos: Dorys Chirinos.

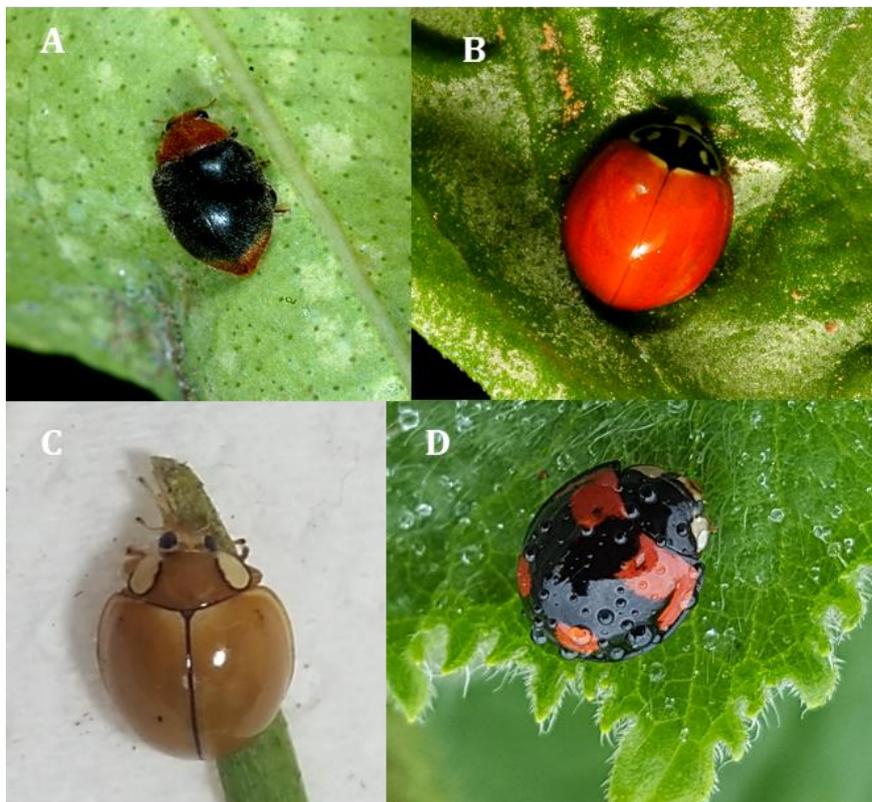


Figura 2. Coccinélidos depredadores: A: *Diomus* sp. B: *Cycloneda sanguinea*; C: *Paraneda pallidula*, D: *Cheilomenes sexmaculata*. Fotos: Dorys Chirinos.

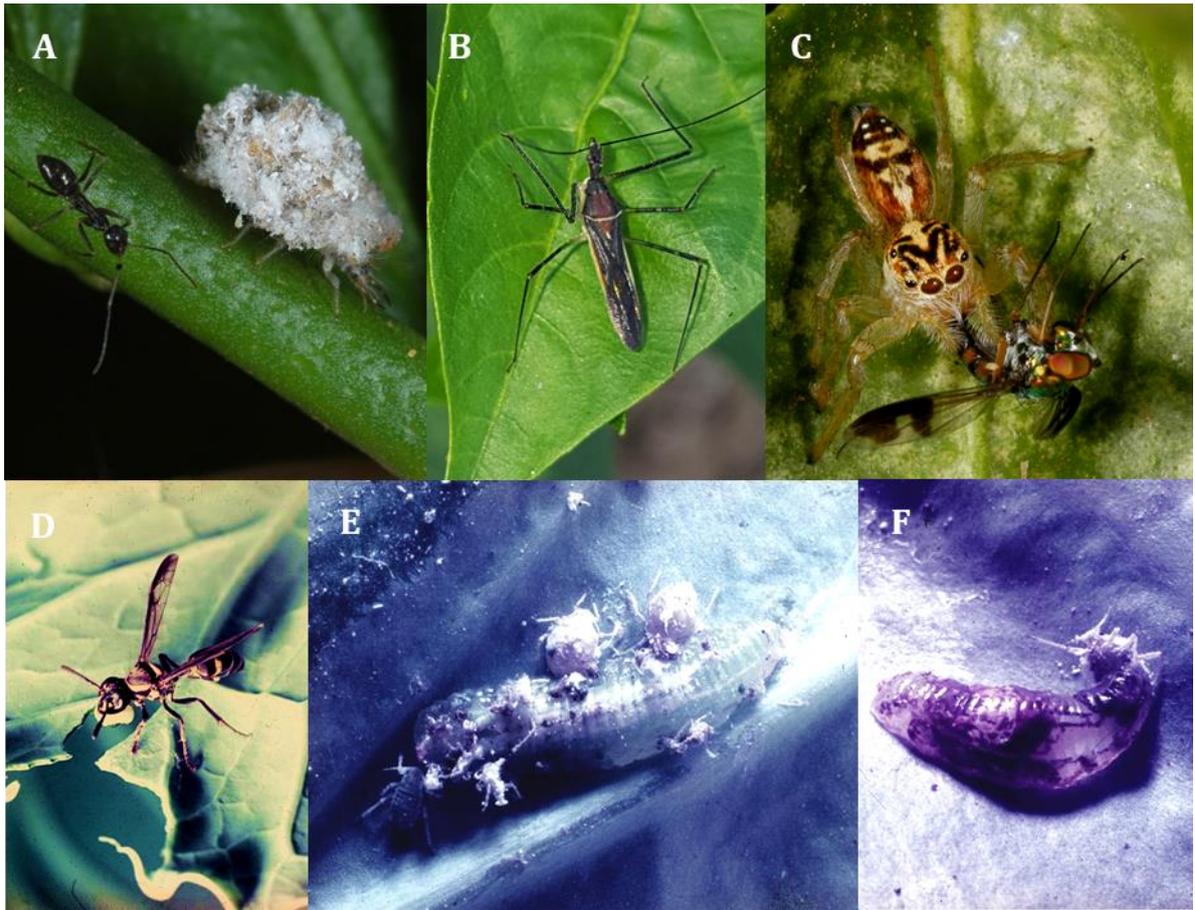


Figura 3. Depredadores: A: *Ceraeochrysa* sp. B: *Zelus* sp.; C: Aranea Salticidae depredando Diptera: Dolichopididae, D: *Polybia* sp. E: Larva de *Allograpta* sp. F: *Mesogramma* sp. Fotos: Dorys Chirinos.