

Capítulo 3

Agentes de control natural de *Bagrada hilaris* en Chile

Ernesto Cisternas A., Ing. Agrónomo, Dr.
Fernando Rodríguez A., Biólogo, Dr.
Ana Morales R., Téc. Agrícola

Introducción

El conocimiento del rol que desempeñan los enemigos naturales en los diferentes agroecosistemas sobre muchos insectos plaga son de larga data en Chile, aunque solo parcialmente conocidos y en general relativos a condiciones específicas, donde muchas veces éstos juegan un rol preponderante en la dinámica de las poblaciones de insectos dañinos.

Una de las primeras reglas de control o manejo de una plaga es conocer su biología y la existencia de enemigos naturales asociados a ella, como son los depredadores, parasitoides y entomopatógenos. Disponer de estos conocimientos es particularmente importante cuando se detecta una nueva plaga que ingresa y se establece en un nuevo territorio, como es el caso de *B. hilaris*. Por ello, antes de establecer cualquier programa de control, es imprescindible disponer de estudios que nos permitan conocer y distinguir el efecto y potencial de los enemigos naturales ya presentes en el país. El conocimiento de la actividad estacional, polifagia y preferencia de los enemigos naturales, permitirá establecer programas de control biológico aumentativo y/o conservativo, antes de emprender cualquier programa de control biológico o de manejo integrado.

El control biológico permite convivir con el insecto plaga bajo umbrales aceptables, no siendo el control biológico un producto, sino que un protocolo tecnológico que permite integrar soluciones biológicas optimizadas a las condiciones particulares del lugar del cultivo y si es pertinente, compatibilizar tratamientos fitosanitarios combinados con el uso de enemigos naturales.

El presente capítulo da a conocer los enemigos naturales presentes en ambientes silvestres y cultivos orgánicos que, durante el proyecto ejecutado fueron



detectados depredando y parasitando *B. hilaris*, estableciendo en algunos de ellos, sus tasas de consumo y parasitoidismo y utilización de hongos entomopatógenos.

3.1 Depredadores

Los artrópodos depredadores de insectos incluyen escarabajos, chinches, crisopas, arañas, avispas y ácaros, entre otros. Algunos depredadores son especializados al elegir su presa y otros son generalistas. Cada grupo tiene diferentes hábitos, ciclos de vida y ciclos estacionales, pudiendo matar y/o consumir muchos individuos, siendo con regularidad más grandes que sus presas, atacando tanto a los estados inmaduros como a los adultos e incluso ser depredadores de todos los estados y estadios inmaduros. La biología de muchas especies depredadoras ha sido muy estudiada, aunque la importancia relativa de muchos depredadores es aún muy poco conocida.

La eficacia relativa de los depredadores puede tener un rol importante en las poblaciones de la plaga, cuando consumen una gran cantidad de presas durante su desarrollo, pudiendo su eficacia ser mayor al inicio o tarde en la estación. Aunque algunos depredadores pueden tener un bajo impacto sobre la población de la plaga, su contribución puede sumarse a otras especies que generan un impacto mayor sobre ella.

3.1.1 Chinitas (Coleoptera: Coccinellidae)

Las chinitas probablemente son los depredadores más conocidos en todo el planeta por consumir principalmente adultos de insectos blandos (como pulgones), insectos pequeños y huevos de insectos. Ambos estados (larva y adulto) son depredadores, siendo sus larvas características en forma (fusiformes). Se les puede encontrar en todos los agroecosistemas y en una gran diversidad de ambientes silvestres.

Algunas especies son nativas, otras han cruzado las fronteras de los países en forma pasiva y otras han sido introducidas como parte de programas de control biológico desde hace siglos. Usualmente su color es muy llamativo y sus patrones pueden ser muy variable entre las especies, pero en muchos casos puede permitir la identificación a nivel específico.

Las chinitas invernan como adultos, bajo las piedras, hojas, cortezas, ramas, palos e incluso en construcciones, incluidas las viviendas, en casos particulares. Con el incremento de la temperatura desde comienzo de primavera, los adultos

se dispersan buscando sus presas como alimento y lugares donde poner sus primeros huevos de la temporada.

Los huevos que tienen cerca de un mm de tamaño son depositados en grupos y regularmente cerca de sus presas en: hojas, brotes, tallos, inflorescencias y frutos.

Las larvas son de forma y colores característicos, con tres pares de patas y pasan en 30 - 40 días por cuatro estadios, creciendo aproximadamente desde 0,1 a 1 cm. Cuando termina su último estadio larvario (L4), su crecimiento se detiene y se fija por el abdomen a la superficie de hojas, ramas o troncos para transformarse en pupa. Este estado puede tomar hasta 15 días, dependiendo de las temperaturas y la especie. Cuando los adultos emergen, estos se aparean y buscan sus presas y dependiendo de la época y disponibilidad de éstas, hibernarán o continuarán desarrollando otros ciclos estacionales.

Las chinitas son reconocidas como importantes depredadores de pulgones, existiendo muchos estudios sobre este comportamiento característico. También existen especies asociadas a chanchitos blancos, mosquitas blancas y ácaros. Los adultos y larvas serán muy activos existiendo presas disponibles. En Chile, algunas especies se comercializan principalmente para el control de insectos plagas.

Las especies de chinitas observadas alimentándose de alguno de los estados de desarrollo de la chinche *B. hilaris*, principalmente ninfas N1 a N3 fueron seis: *Adalia angulifera*, *Adalia bipunctata*, *Eriopis connexa chilensis*, *Eriopis eschscholtzii*, *Hippodamia variegata*, *Hippodamia convergens* y *Harmonia axyridis* (Figura 1).

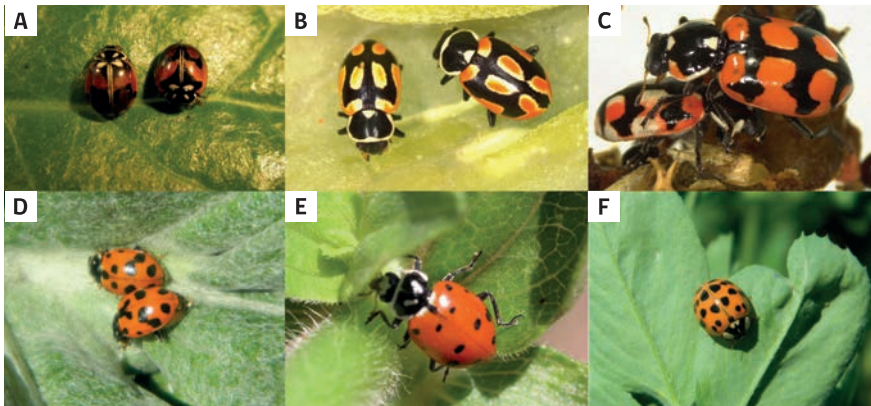


Figura 1. A: *Adalia angulifera*; B: *Eriopis eschscholtzii*; C: *Eriopis connexa chilensis*; D: *Hippodamia variegata*; E: *Hippodamia convergens* y F: *Harmonia axyridis*.



3.1.2 Carábidos (Coleoptera: Carabidae)

Según la especie, los adultos y larvas de los carábidos son depredadores de huevos, larvas, pupas y adultos de diversos insectos. Los adultos son insectos con regularidad de coloración oscura y corren sobre el suelo, siendo muchos de ellos muy activos durante el crepúsculo y noche. Algunas especies tienen capacidad de vuelo. La presencia de estos depredadores es un muy buen indicador de biodiversidad. El paisaje heterogéneo favorece su desarrollo y establecimiento.

Los carábidos adultos son muy voraces, alimentándose tanto a ras de suelo como a nivel de follaje. Las larvas por su parte se alimentan bajo el suelo y entre la hojarasca. Los adultos pueden vivir muchos meses e incluso años. Las hembras ponen sus huevos bajo el suelo, desde donde emergen larvas típicas de colores grises, pardos o negros que, dependiendo de la especie, su tamaño variará entre 1 a 40 mm.

El conocimiento sobre sus hábitos, estados inmaduros y ciclos estacionales de los carábidos son escasos en Chile, existiendo información solo de un número reducido de especies.

Bajo las condiciones de estudio en un huerto orgánico hortofrutícola fue posible identificar la especie *Cicindela* sp., conocida vulgarmente como escarabajo tigre (**Figura 2**). Aunque escaso, es posible ver a este depredador a las horas de mayor calor, realizando vuelos rápidos entre las plantas atacadas por *Bagrada* y alta velocidad de desplazamiento sobre el suelo. Se desconoce su ciclo biológico estacional y el rol que pueda cumplir en el control de *Bagrada* u otros insectos.



Figura 2. Adulto de *Cicindela* sp. en vistas dorsal y lateral.

3.1.3 Mantis religiosa (Mantodea: Mantidae)

La postura de las patas anteriores recordando a la posición de oración, da origen al nombre común a uno de los mántidos más conocido: *Mantis religiosa* y es posible encontrarlos en muchos hábitats.

Presentan un cuerpo alargado, siendo las hembras más grandes que los machos. Poseen un aparato bucal masticador muy fuerte y un primer par de patas opressoras provistas de fuertes dientes con las que sujeta a sus presas.

Su gran actividad como depredadores lo clasifican como un depredador generalista. Estos insectos invernan como masa de huevos (ootecas). De cada masa de huevos pueden emerger cientos de ninfas en primavera, dispersándose rápidamente en busca de presas, evitando de esta forma el canibalismo, regularmente tienen una o dos generaciones al año. La especie encontrada en condiciones de campo fue identificada como *Coptopterix gayi* (**Figura 3**). En condiciones de laboratorio registró gran capacidad depredadora de ninfas y adultos de Bagra.



Figura 3. Adulto de mántido *Coptopterix gayi*. **A:** ninfa; **B:** patas opressoras y **C:** ooteca.

3.1.4 Tijereta europea (Dermaptera: Forficulidae)

La tijereta europea *Forficula auricularia* (**Figura 4**) corresponde a un insecto introducido accidentalmente a Chile hace varias décadas, por el extremo austral, y detectado en la zona central entre el 2007 y 2010. Esta especie omnívora, es capaz de alimentarse de diferentes recursos incluidos otros insectos, inclusive de otras tijeretas. En muchas partes del planeta esta especie es considerada un buen depredador de insectos plagas en diferentes sistemas agrícolas.

Este insecto consume tanto especies vegetales como otros insectos en proporciones que cambian, según sus necesidades fisiológicas como su disponibilidad en el ecosistema donde se desarrollan. Entre los insectos que depreda se encuentran pulgones, escamas, huevos, pupas de escarabajos, arañas, larvas de polillas e individuos de la misma especie.



Las hembras construyen un nido bajo el suelo, donde ponen sus huevos, que cuidan junto al macho, hasta que se inicia la emergencia de las ninfas. El estado de ninfa pasa por cuatro estadios antes de alcanzar el estado adulto, presentando éstos un marcado dimorfismo sexual.

Su actividad es principalmente nocturna, ocultándose durante el día bajo la hojarasca, troncos, piedras y cortezas. Con regularidad ha recibido mayor atención por sus daños a los vegetales que por su actividad depredadora, ya que en huertos caseros e invernaderos dañan plántulas y plantines en forma considerable. Además, por sus hábitos de agregación y comportamiento invasivo en estructuras o actividades humanas, hace que su presencia sea limitada y rechazada.

Este insecto pasa el invierno como adulto en las zonas más frías. En la zona central se puede encontrar nidos con huevos durante los meses de invierno y ninfas a fines de invierno. Fue encontrado principalmente en agroecosistemas silvestres. Restos de *Bagrada* se encontraron bajo suelo sobre nidos de estos insectos.



Figura 4. *Forficula auricularia*. **A:** nido de huevos, **B:** ninfas N2 y N3 y **C:** adultos hembra y macho.

3.1.5 Crisopas (Neuroptera: Chrysopidae)

Las crisopas adultas son insectos de alas membranosas, transparentes y completamente nervadas. Corresponden a activos voladores de hábitos crepusculares y nocturnos. Durante el día, cuando son molestados, se desplazan con vuelos cortos. Su tamaño es cercano a 2 cm de largo.

Durante la primavera y verano, la crisopa hembra pone sus característicos huevos verdes (1 mm) sobre un pedicelo de 8 a 10 mm sobre el follaje, ramas, brotes y frutos cerca de sus presas. Las larvas recién emergidas, miden cerca de 2 mm llegando a alcanzar, en el lapso de un par de semanas y dependiendo de las temperaturas, un tamaño máximo de 6 a 8 mm que logra durante tres estadios larvarios. Cuando esta larva de tercer estadio alcanza ese crecimiento, teje una cápsula esférica que protegerá a la pupa. Luego de un par de semanas, emergerá de esta estructura un nuevo adulto (**Figura 5**).

Hibernan principalmente como pupa dentro de su capullo, construido y dispuesto por las larvas en lugares protegidos como restos vegetales. Los adultos emergen en primavera, vuelan en busca de lugares de alimentación y oviposición. Los adultos, a diferencia de las larvas, se alimentan de néctar y exudados azucarados de insectos para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Estos insectos pueden tener tres generaciones al año.

Depredan varias especies de pulgones, trips, arañitas, moscas blancas, pequeñas larvas de lepidópteros como la polilla de la col, huevos, hemípteros, cuncunillas, entre otros. Aunque son depredadores generalistas, se les reconoce como muy buenos depredadores de pulgones.

Una de las ventajas de este depredador es que puede ser reproducido a escala industrial por biofábricas en Chile en sus estados de huevos y/o larvas. La especie comercializada en Chile corresponde a *Chrysoperla defreitasi*.

Las crisopas son frecuentemente encontradas entre primavera y verano, épocas durante las cuales se encuentran muy activas, especialmente donde existen presas, siendo común encontrar oviposturas y adultos. Las larvas son más difíciles de coleccionar y ver, siendo muy rápidas y con una coloración que dependerá de la presa consumida.

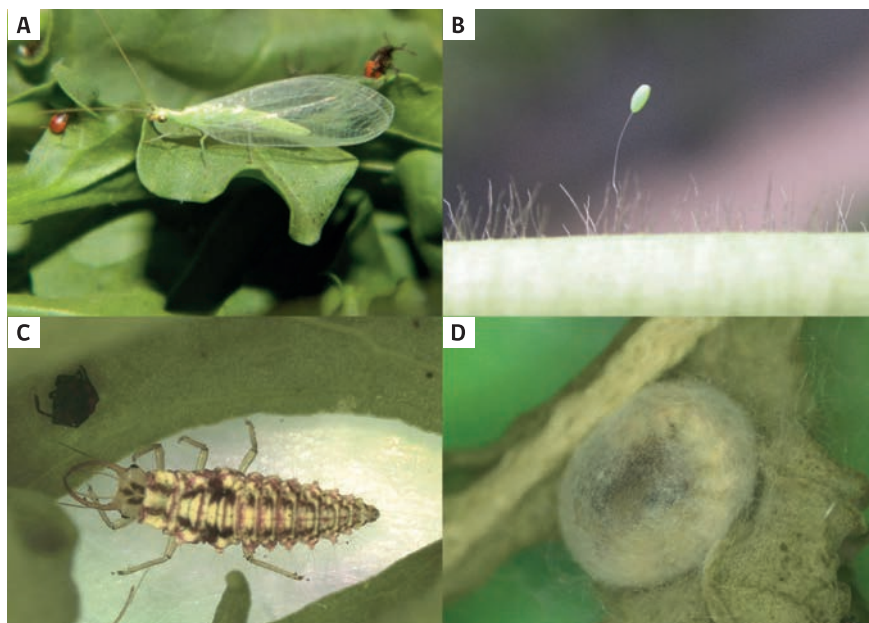


Figura 5. *Chrysoperla defreitasi*. **A:** adulto, **B:** huevo, **C:** larva y **D:** capullo.



3.1.6 Chinchas (Heteroptera: Nabidae y Reduviidae)

Los chinches son un grupo grande de insectos que incluyen a chinches fitófagas (se alimentan de plantas), como chinches depredadoras de otros insectos. Ellos presentan un aparato bucal especializado que le permite succionar fluidos desde las plantas e insectos. Las especies depredadoras presentan un aparato bucal tipo lanza que introducen al interior de su presa, inyecta una toxina paralizante para luego succionar su contenido.

La forma del cuerpo de los adultos y ninfas semejan escudos y con regularidad presentan coloraciones que difieren entre los estados ninfales y el adulto.

Las hembras pueden oviponer con regularidad cientos de huevos sobre el follaje, en grupos variables según la especie entre 10 a 20 huevos o individualmente insertados en los tejidos vegetales. De los huevos emergen ninfas que se agrupan sobre los huevos al emerger y posteriormente se dispersan en busca de sus presas.

El estado de ninfa pasa en términos generales por 5 estadios. La actividad depredadora la ejercen las ninfas y los adultos, alimentándose de huevos, larvas y adultos de insectos pequeños, arañas, pulgones, trips, huevos de polillas, psílidos y ninfas de chinches, entre otros. El impacto de estos insectos sobre la dinámica de población de los insectos plaga es muy poco conocido.

Dos fueron las especies de chinches determinadas alimentándose de *Bagrada* a nivel de campo y corroborada su actividad depredadora en laboratorio: *Zelus renardii* y *Nabis punctipennis* (Figura 6).



Figura 6. Chinches depredadoras. **A:** ninfa de *Nabis punctipennis*, **B:** adulto de *N. punctipennis* y **C:** adulto de *Zelus renardii*.

3.1.7 Hormiga argentina (Hymenoptera: Formicidae)

La hormiga argentina *Linepithema humile* es una especie invasora exitosa, actualmente de distribución cosmopolita. Presentan una estructura de castas, obreras ápteras (sin alas), machos y hembras con alas. Las obreras son hembras sin capacidad reproductiva y tienen como función el cuidado del nido y la búsqueda de alimento para la reina y las larvas.

Los machos y hembras vírgenes pierden las alas una vez ocurrido el apareamiento, anidando y formando una nueva colonia. Una colonia puede tener varias reinas. La dieta de las hormigas es omnívora alimentándose de semillas, hongos, tejidos vegetales, néctar, animales y exudados azucarados e insectos. Estos alimentos lo llevan las obreras al nido para alimentar a toda la colonia.

Las obreras miden entre 2 y 3 mm de largo y poseen fuertes mandíbulas. Las obreras no pican, porque no tienen aguijón. Las reinas (6 mm) son de mayor tamaño que los machos y estos de mayor tamaño que las obreras. Los huevos, larvas y pupas son blancos (**Figura 7**). El desarrollo de un ciclo biológico toma entre 75 y 80 días. Las colonias de las hormigas pueden estar conectadas a otras colonias constituyendo grandes colonias de baja agresividad entre sí.

L. humile puede atacar una gran diversidad de especies de insectos, siendo éstos una de las principales fuentes de proteínas. En observaciones realizadas usando tarjetas centinelas con huevos de *Bagrada* en el campo, en algunas oportunidades, las hormigas llegaron a depredar niveles superiores al 80% de los huevos de la plaga.



Figura 7. Hormiga argentina *Linepithema humile*. **A:** reina, **B:** larvas y **C:** obrera.



3.1.8 Arañas (Araneae: Thomisidae)

Las arañas juegan un rol importante en el control de insectos en los agroecosistemas al ser depredadores obligados de insectos y pequeños animales. Son polífagas y no distinguen entre insectos plaga o insectos benéficos, se alimentan de presas que pueden ser más grandes que ellas.

Son cazadoras solitarias, buscan a sus presas y las capturan utilizando telas tejidas prolijamente. Prefieren insectos de cuerpo blando, aunque en sus redes se puede encontrar una gran diversidad de especies de insectos. Las hembras son con regularidad más grandes que los machos, viven en forma solitaria y se juntan solo para el apareamiento, donde muchas veces las hembras devoran al macho después del apareamiento.

Las hembras ponen cientos de huevos en sacos que tejen con seda y que esconden entre la hojarasca o en su nido.

Para alimentarse, las arañas inyectan un veneno a sus presas y enzimas que realizan una pre-digestión. Posteriormente filtran el contenido de su presa en una parte sólida y líquida, alimentándose de esta última. Las arañas pueden pasar largos períodos sin alimentarse.

Cinco son las familias de arañas depredadoras en diferentes ecosistemas: Ageleidae y Araneidae que cazan con telarañas y Lycosidae, Thomisidae y Salticidae que cazan libremente.

Se desconocen aspectos biológicos y comportamiento de muchas de las especies, tal vez porque no se ha evaluado el potencial depredador a pesar de su abundancia y diversidad en los agroecosistemas.

La especie *Misumenops temibilis* fue determinada depredando *Bagrada* (**Figura 8**).



Figura 8. Araña *Misumenops temibilis* (Fam. Thomisidae).

3.2. Parasitoides

Los insectos parasitoides pertenecen a diversas familias de insectos, principalmente de los órdenes Diptera e Hymenoptera. Tienen la capacidad de desarrollarse dentro o fuera del organismo, el cual casi siempre muere. Los parasitoides no requieren más de un hospedero o huésped para completar su desarrollo. Existen los endoparasitoides que inyectan sus huevos en el cuerpo del hospedero y sus larvas se alimentan y desarrollan internamente. También existen los ectoparasitoides que depositan sus huevos sobre el hospedero y las larvas se alimentan introduciendo su aparato bucal en el tegumento para alcanzar los tejidos internos del insecto. Existen los parasitoides que detienen el crecimiento de su hospedero desarrollándose en ellos (idiobiontes) y otros que entran a su huésped en un estado o estadio y terminan su desarrollo en otro estado o estadio, el huésped por lo tanto, continúa su crecimiento, siendo con regularidad paralizado en forma temporal (koinobionte).

El comportamiento de los parasitoides es complejo y muy variable entre las especies que lo manifiestan. Por ejemplo, la selección del hospedero responde a diversos estímulos que pueden ser visuales, olfatorios y acústicos. En otros casos existen estímulos producidos por semioquímicos que provienen de la planta hospedante, de las características del hospedero o de sus daños, de otros organismos asociados o una interacción de ellos, entre otros. Notable es el caso del cleptoparasitismo, donde un parasitoide roba a otro parasitoide el hospedero que éste ya había parasitado antes.

Diferentes especies de parasitoides pueden atacar diferentes estados de desarrollo del huésped, por lo que tendremos parasitoides de huevos, larvas (ninfas), pupas y adultos. Los parasitoides durante una parte de su vida (huevo-larva) dependen de su huésped para su desarrollo, siendo el estado adulto de vida libre, muy móviles y algunos pueden ser depredadores, aunque la mayoría se alimenta de sustancias azucaradas, néctar y polen. Por lo general, los parasitoides son específicos y más pequeños que su hospedero.

3.2.1 *Trissolcus hyalinipennis* (Hymenoptera: Scelionidae)

Dos sceliónidos han sido detectados parasitando huevos de *Bagrada* en Chile, siendo a la fecha solo determinado *Trissolcus hyalinipennis*, parasitoide determinado en prospecciones realizadas en varias localidades de las regiones de Valparaíso y Metropolitana. Este parasitoide se encuentra bien distribuido y adaptado a las condiciones de la zona central. Esta especie se encuentra asociada a *Bagrada* en su lugar de origen (India) y también se ha determinado su presencia en Estados Unidos.



Este parasitoide de huevos es de color negro, con patas y antenas de color marrón. Presenta un marcado dimorfismo sexual, donde los machos tienen antenas filiformes y las hembras de forma clavada. El tamaño de los machos es levemente más pequeño ($0,77 \pm 0,06$ mm) que las hembras ($0,87 \pm 0,05$ mm) (**Figura 9**).

Hasta ahora, en Chile sólo ha sido encontrado parasitando huevos de Bagrada, sin embargo, en otras partes del mundo se menciona su presencia en huevos de otro Pentatomidae, *Podisus maculiventris*.

T. hyalinipennis fue introducido a Estados Unidos para realizar estudios bajo cuarentena el 2014, sin embargo, a través de colectas en California (2017 y 2018) se constató su presencia natural sobre huevos de Bagrada, presumiéndose que su introducción fue accidental.

En Chile fueron instaladas tarjetas con huevos centinelas de Bagrada en cuatro localidades en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, colectándose y determinándose taxonómicamente como *T. hyalinipennis* por el entomólogo Sergio Rothmann¹.

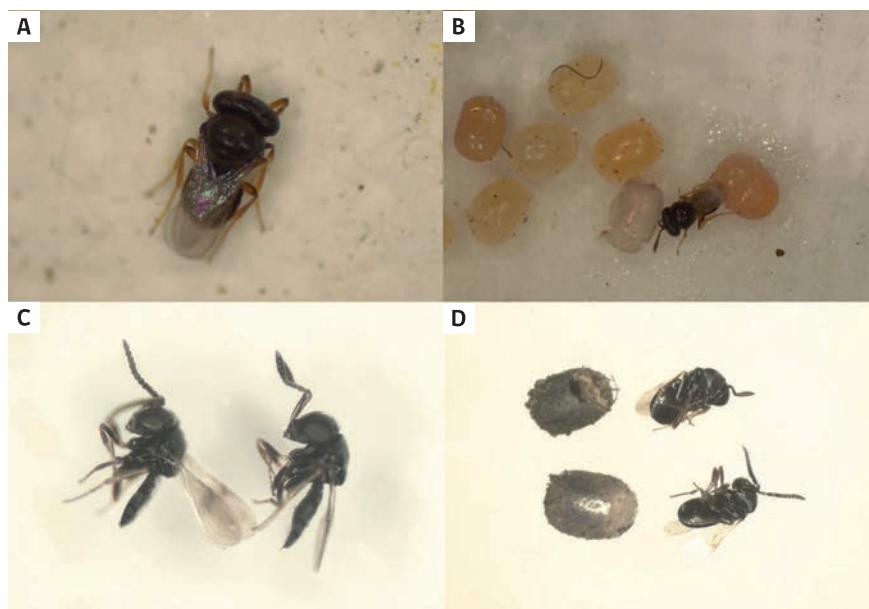


Figura 9. *Trissolcus hyalinipennis*. **A:** avispa adulta, **B:** hembra parasitando huevo de Bagrada, **C:** macho y hembra y **D:** huevos parasitados.

¹ Encargado Unidad Entomología, Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento RED SAG de Laboratorios, Ruta 68, Parcela SAG 19100, Pudahuel, Santiago.

3.2.2 *Trichogramma* spp (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Las avispas trichogramátidas son parasitoides de huevos. Existen en forma natural y son agentes de mortalidad de muchas plagas.

En Chile, algunas especies son nativas y muchas otras han sido introducidas para ser utilizadas en programas de control biológico. Estos parasitoides principalmente de lepidópteros (mariposas), evitan daños en los cultivos ya que parasitan sus huevos, evitando el nacimiento de larvas.

Los adultos son pequeñas avispas de tamaños menores a 0,5 mm de largo, su cuerpo es compacto, de colores amarillos o amarillo y negro, ojos rojos y antenas cortas. Los adultos de *Trichogramma* invernan al interior de los huevos de su huésped, emergiendo como adultos en la primavera. La hembra de *Trichogramma* pondrá uno o varios huevos dentro del huevo de su hospedero, desarrollando todo su ciclo al interior de éste. Los huevos parasitados se tornan negros.

En predios hortícolas de localidades de la zona central de Chile, fueron colectadas dos especies de Trichogrammatidae (aún no identificadas), en huevos de *Bagrada* entre mayo y junio (**Figura 10**).

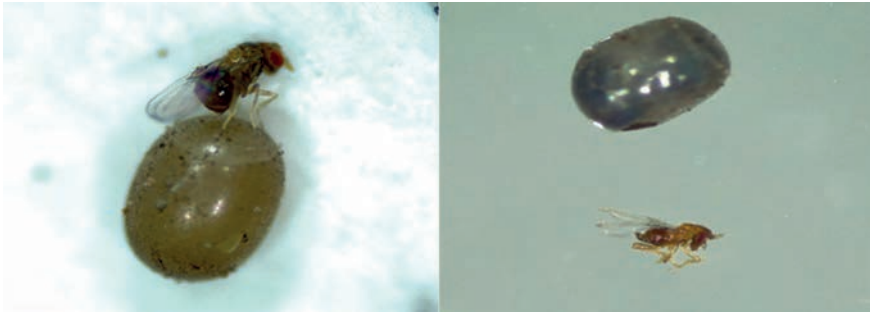


Figura 10. Adultos de *Trichogramma* sp.



3.2.3 Parasitoide de adulto no determinado

Al comienzo del proyecto, a través de vividisecciones se encontró al interior del cuerpo de *Bagrada*, larvas que se presume serían de un taquírido (**Figura 11**). Sin embargo, estos parasitoides no han sido encontrados en condiciones de campo asociados a *Bagrada* a pesar del esfuerzo realizado en encontrarlos.

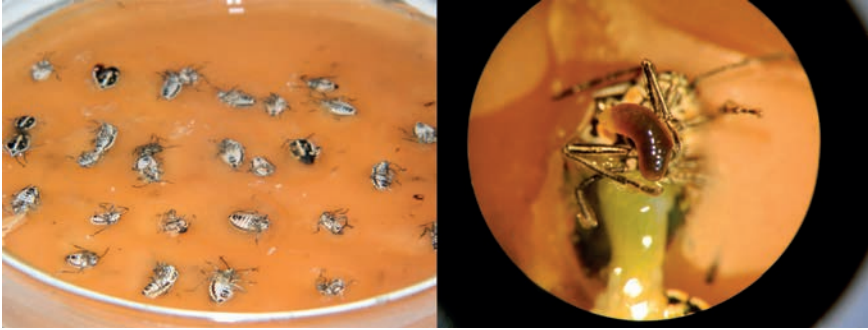


Figura 11. Vividisección en placa de cera y larva de Tachinidae parasitando adulto de *Bagrada*.

3.3. Determinación de mortalidades de *Bagrada* por enemigos naturales

El porcentaje de parasitoidismo y depredación pueden ser parámetros útiles para estimar la eficacia del control biológico, sin embargo, estas determinaciones no indican directamente el nivel de impacto real sobre la población de la plaga. Todos los estados parasitados invariablemente mueren permitiendo el desarrollo del parasitoide, mientras que los depredadores matan inmediatamente a su hospedado.

Los parasitoides completan sus ciclos rápidamente incrementando su número mucho más rápido que los depredadores y son claves en el nuevo equilibrio de las poblaciones de la plaga. Los ciclos de vida, comportamiento y/o conducta de los diferentes enemigos naturales pueden ser: simples o complejos, especialistas (selectivos a recursos alimenticios) o generalistas (usan como alimento muchos y diferentes recursos alimenticios). En este sentido, siempre surge la inquietud por saber si la efectividad del control biológico es mayor al usar pa-

rasitoides o depredadores. La experiencia que ha resultado de múltiples programas de control biológico en el mundo, ha mostrado que no existe una respuesta definitiva. Se han registrado efectos muy positivos con depredadores y también con parasitoides. Incluso hay casos notables de manejo con entomopatógenos. La depredación se determinó bajo condiciones controladas en laboratorio en pruebas sin elección. El parasitoidismo se determinó a través de la instalación de huevos centinela de *Bagrada* a nivel de campo.

3.3.1 Depredación

Bajo condiciones de laboratorio y utilizando pruebas sin la posibilidad de elección de presas, fue determinada la tasa de depredación de *Bagrada* por parte de distintos enemigos naturales asociados a la plaga. Los depredadores evaluados fueron: *Hippodamia variegata*, *Eriopis connexa chilensis* (Coccinellidae), *Chrysoperla defreitasi* (Chrysopidae) y *Forficula auricularia* (Dermaptera) (**Figura 12**). La selección de estas especies se basó en su ocurrencia o abundancia a nivel de campo para el caso de coccinélidos y dermápteros. El criterio considerado para el crisópido fue la disponibilidad en el mercado, dada su producción en biofábricas nacionales.

Las tasas de depredación del estado adulto de coccinélidos sobre *Bagrada*, mostraron preferencia de consumo por los estadios ninfales iniciales de *Bagrada* (Ninfas 1 y 2). Los estadios ninfales más desarrollados (N3 a N5) mostraron una baja atractividad como presa para las especies de chinitas. *E. connexa* alcanzó una tasa de depredación de *Bagrada* del 45 % a las 72 hr y *H. variegata* solo el 19% en el mismo período. Considerando que los coccinélidos tienen como presas preferidas a pulgones, se establece que, en ausencia de ellas, estas dos especies de chinitas podrían depredar ninfas de *Bagrada* (**Figura 13**).

Para evaluar la depredación de crisopas fueron dispuestos huevos y ninfas (N1 a N5) de *Bagrada* a cada uno de los estadios larvales de *Chrysoperla defreitasi* bajo condiciones de laboratorio, siendo evaluada la tasa de depredación cada 24 horas. El material biológico de crisopa evaluado fue provisto por Biobichos Ltda y los huevos y ninfas de *Bagrada*, obtenidas de crianza en laboratorio.

Los huevos de *Bagrada* fueron presas poco atractivas para las larvas L1 y L2 de *C. defreitasi* que lo registrado para la larva L3 (**Figura 14**). Las ninfas N1 y N2 de *Bagrada* fueron presas consumidas por las larvas L1, L2 y L3 de *C. defreitasi*. Las N2 y N3 fueron muy consumidas por las L2 y L3. Solo las larvas L2 y L3 consumieron en forma relevante los estadios N4 y N5 de *Bagrada*. Cabe señalar que *Bagrada* presenta momentos altamente susceptibles a depredadores durante su



metamorfosis. Se constató que al momento de la muda es la ninfa se encuentra más indefensa al ataque de los distintos depredadores, independiente del tamaño de ellos (**Figura 14**).

La tijereta europea *Forficula auricularia* es un insecto omnívoro de reciente establecimiento en la zona central de Chile, encontrándose naturalmente en zonas silvestres asociada a las malezas y consumiendo vegetales e insectos. Es por esta capacidad depredadora conocida que se evaluó su efecto sobre huevos de Bagrada. En la **Figura 15**, se puede observar que los machos son mucho más activos en el consumo de huevos que las hembras. Se advirtió, además, a nivel de campo y corroboró a nivel de laboratorio, que los adultos de tijereta se alimentan de ninfas y adultos de Bagrada, sin embargo, las ninfas no registran una buena tasa de depredación de ninfas y adultos de Bagrada.



Figura 12. Depredadores de Bagrada. **A:** *Eriopis connexa*, **B:** *Hippodamia variegata*, **C:** *Forficula auricularia* y **D:** *Chrysoperla defreitasi*.

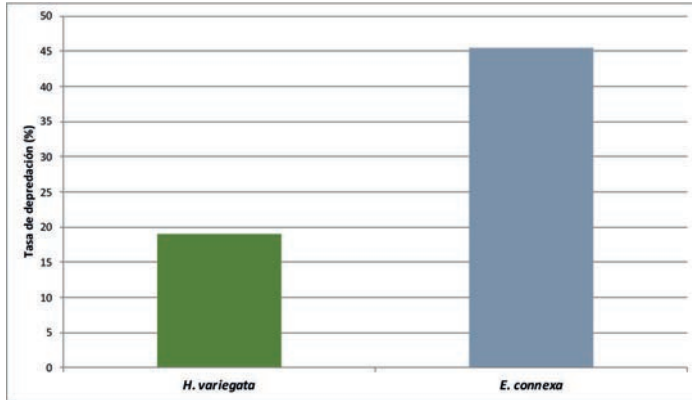


Figura 13. Depredación a las 72 hr de coccinélidos sobre *Bagrada hilaris* en laboratorio.

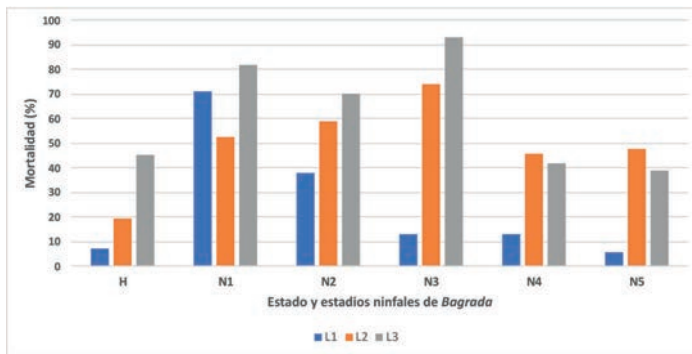


Figura 14. Tasa de depredación sin elección en 24 horas de *Bagrada hilaris* por larvas de *C. defreitasi*.

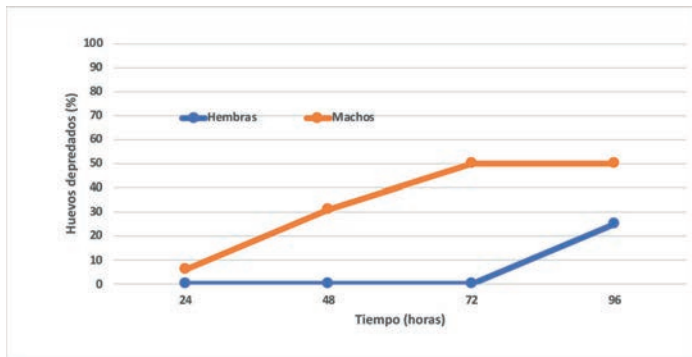


Figura 15. Depredación de huevos de *Bagrada hilaris* por adultos de *Forficula auricularia*, en condiciones controladas de laboratorio.



3.3.2 Parasitoidismo de huevos

El parasitoidismo de huevos de *Bagrada* parece ser uno de los factores clave de control natural de la plaga, principalmente por las características de al menos uno de los parasitoides identificados. Hasta ahora, serían 3 las especies detectadas como parasitoides de huevos, sin embargo, destaca la especie determinada como *Trissolcus hyalinipennis*, la que ha sido la más constante y dispersa en la zona de estudio (regiones de Valparaíso y Metropolitana). Este parasitoide ha sido buscado y encontrado en las comunas de La Pintana, Lampa, Buin y Melipilla en la Región Metropolitana y en las comunas de Panquehue, Quillota, Hijuelas, La Cruz y Catemu en la región de Valparaíso. Es altamente probable que se encuentre en la mayor parte del territorio colonizado por *Bagrada*.

A través de muestreo sistemático, usando trampas con huevos centinelas de *Bagrada* se determinó la incidencia de parasitoides de huevos en las localidades de Lampa, Melipilla, Panquehue y Catemu, en huertos con producción de hortalizas orgánicas y convencionales (**Figura 16**). Se registró a través de esta metodología, la dinámica de parasitoidismo durante un año (2019-2020). El porcentaje de huevos parasitados alcanzó niveles cercanos al 90 % en algunas semanas de evaluación (**Figura 17**).

El parasitoidismo de huevos centinelas por *Trissolcus* en Panquehue (**Figura 18**) alcanzó un promedio 55,6%. Esto resulta muy promisorio para el manejo de *Bagrada*, a través de programas de control biológico conservativo y de aumento del parasitoide. En este huerto de hortalizas orgánicas, en febrero de 2020, se realizó una liberación demostrativa de adultos del parasitoide y huevos parasitados por *T. hyalinipennis*, con material biológico criado en laboratorio sobre huevos de su hospedero (*Bagrada*). El parasitoidismo de huevos fue evaluado en febrero a marzo durante tres temporadas (**Figura 19**).

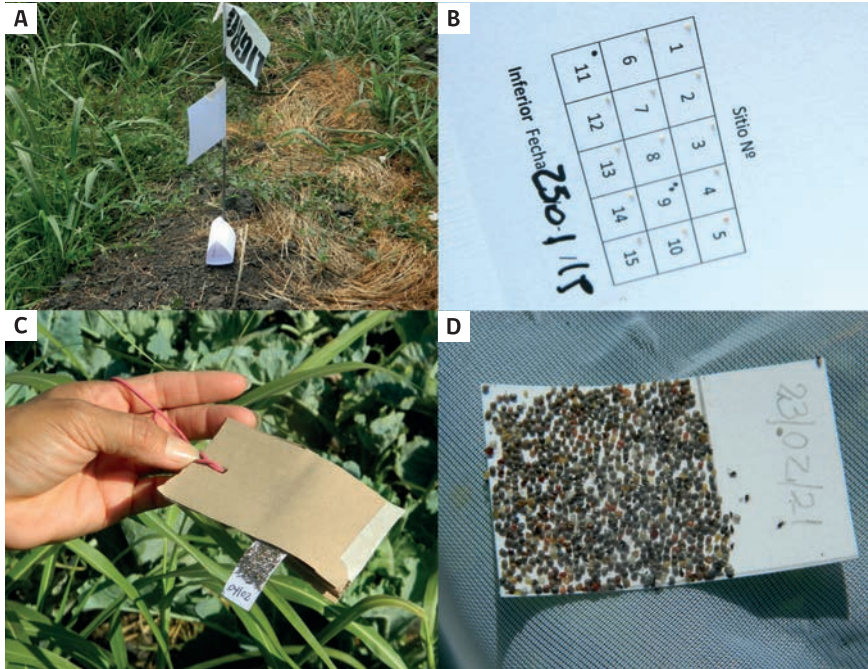


Figura 16. Evaluación de parasitoidismo y liberación de *Trissolcus hyalinipennis*. A y B: huevos centinelas en tarjetas para evaluación y C y D: liberación de huevos parasitados.

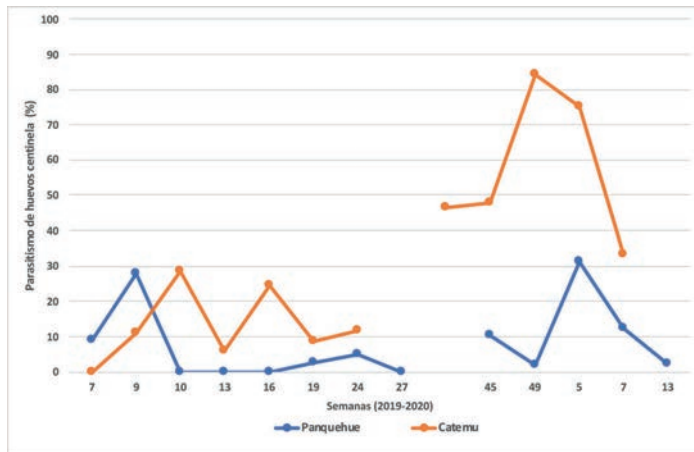


Figura 17. Dinámica de la tasa de parasitoidismo de huevos centinelas en huertos orgánicos. Panquehue y Catemu, 2019-2020.



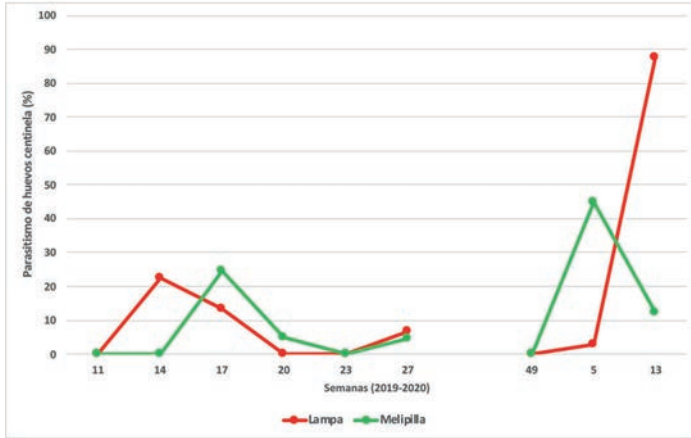


Figura 18. Dinámica de la tasa de parasitoidismo de huevos centinelas en huertos convencional y orgánico. Lampa y Melipilla, 2019-2020.

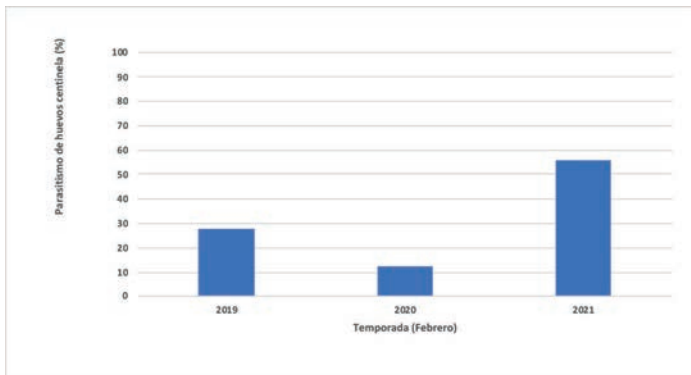


Figura 19. Evolución de la tasa de parasitoidismo de huevos centinela en huerto orgánico. Panquehue, 2019-2021.

3.4. Propuesta de control biológico aumentativo, conservativo y HEP

Las actividades realizadas para prospectar enemigos naturales asociados a la chinche *B. hilaris* presentes en Chile, resultaron en la identificación y evaluación de diferentes depredadores potenciales de los distintos estados y estadios de *Bagrada* como especies de chinitas, chinches, mántidos, tijeretas y arácnidos. También fueron identificados parasitoides como *Trissolcus hyalinipennis* y *Trichogramma* spp, que tienen a *Bagrada* como una de sus presas. Estos resultados nos permiten proponer un diseño de control biológico con estos enemigos naturales.

De acuerdo a las evaluaciones sobre la efectividad como biocontroladores, el parasitoide de huevos *T. hyalinipennis* es el agente más promisorio para realizar en liberaciones aumentativas, considerando su distribución, establecimiento, adaptación a las condiciones ambientales de la zona central y factibilidad real de reproducirlo para inocularlo en localidades, si es necesario. Es compatible con una diversidad importante de depredadores polífagos que ocurren naturalmente y con otros disponibles en el mercado como *Chrysoperla defreitasi*, orientado a depredar las etapas iniciales de *Bagrada*.

Para agregar sustentabilidad al manejo de *Bagrada*, se recomienda implementar cultivos trampa y flora nativa perimetral, que cumplen un rol ecológico importante, ya que la incorporación de estos parches vegetacionales favorecen la presencia y permanencia de la diversidad de los controladores biológicos, que ocurren en forma natural y que tienen a *B. hilaris* como presa u hospedero.

Esta propuesta inicial debe ser enriquecida y mejorada incorporando nuevos estudios de evaluación de aspectos biológicos, comportamiento, ciclos, respuestas numéricas, pruebas de depredación con elección y hospederos primarios o alternativos de los parasitoides de huevos, para construir un programa exitoso de control biológico de esta plaga que aún se encuentra en etapa de dispersión. De las experiencias de control químico realizadas en proyectos y trabajos anteriores, se recomienda, en base al monitoreo del cultivo, al encontrar un 5% de daño estrellado, realizar una aplicación de un producto químico etiqueta verde y posteriormente mantener el control de la plaga con hongos entomopatógenos y enemigos naturales incorporando cultivos trampa entre las hileras del cultivo comercial. Las aplicaciones de HEP se deben realizar entre el séptimo y décimo día de la primera aplicación. Con estas recomendaciones se espera optar a producir bajo los límites máximos de residuos e incluso optar a una producción cero residuos.



Realizar el ensayo parcelando y aislando los tratamientos para asegurar la cuantificación de la eficacia en jaulas de bioseguridad para evitar la migración de los chinches e interferencia de otras plagas. Además, basados en la suposición de que las aplicaciones de HEP en cultivos trampa, para control de la plaga, puedan tener un efecto de repelencia y puedan desplazar a los chinches de este cultivo al cultivo comercial, se recomienda evaluar los HEP en presencia de ambos cultivos.