

Control biológico

R. Ripa • P. Larral • S. Rodríguez

Entre los componentes primarios del MIP se encuentra el Control Biológico, implementado progresivamente durante décadas en la citricultura y en la producción de paltas en Chile (Rojas 2005), estableciendo una excelente condición fitosanitaria del país que requiere ser preservada y explotada en beneficio del prestigio de los productos exportados, protegiendo el ambiente, la salud humana y manteniendo la rentabilidad del cultivo.

El Control Biológico es definido por Van Driesche, *et al* (2007) como el uso de enemigos naturales para reducir poblaciones de plagas a densidades menores, ya sea temporal o permanentemente.

En el manejo de las plagas de paltos y cítricos es importante considerar que en Chile existen situaciones que favorecen el control biológico, entre las que destacan:

- Una amplia variedad de enemigos naturales que regulan las plagas en cítricos y paltos, muchos de ellos introducidos progresiva y exitosamente a Chile.
- Un aporte importante de enemigos naturales provenientes de los hospederos que se encuentran en maizas y otras especies vegetales del entorno.
- Un moderado a escaso uso de productos fitosanitarios, especialmente en paltos, situación que es importante preservar y promover como ventaja de marketing.

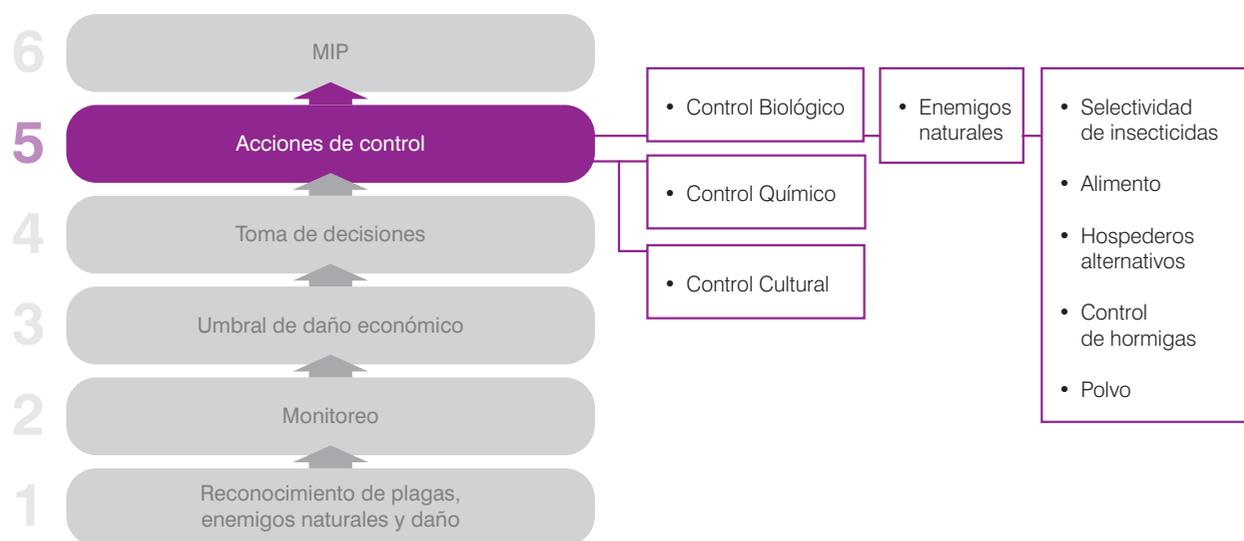


Figura 4-1

Aspectos relevantes del Control Biológico en el esquema MIP.



Figura 4-2

Hembra de *Encarsia formosa* alimentándose de la hemolinfa de *Trialeurodes vaporariorum* (*host feeding*).

R. Ripa

Agentes de control biológico

Entre los agentes de control biológico de insectos y ácaros plaga se distinguen parasitoides, depredadores y entomopatógenos.

Los insectos parasitoides de mayor importancia económica pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera, y se caracterizan por vivir a expensas de otro organismo al menos en un estado de su ciclo de vida. Generalmente los parasitoides matan a su hospedero antes de alcanzar la madurez o al madurar, diferenciándose así de los parásitos. Sólo los estados inmaduros se desarrollan a expensas de los hospederos, mientras que los adultos son de vida libre y frecuentemente se alimentan de mielecilla y néctar.

Algunos himenópteros presentan un comportamiento que agrega mortalidad a la acción del parasitismo propiamente tal: la alimentación del hospedero o *host feeding*. La magnitud de la mortalidad debida a la alimentación sobre el hospedero puede ser similar o incluso mayor que la causada por el parasitismo (Amalin et al 2002; Bernardo et al 2006), sin embargo, su efecto (funcionalmente equiparable a depredación) es frecuentemente ignorado, subestimando notablemente los niveles de mortalidad causados por los parasitoides.

Las hembras parasitoides deben periódicamente encontrar alimento para obtener la energía que haga sustentable su locomoción, como así también para aumentar su longevidad y fertilidad, obteniendo nutrientes desde sus hospederos en la forma de vitelo, hemolinfa y/o tejido.

El *host feeding* ha sido observado en más de 150 especies, pertenecientes a 17 familias de himenópteros parasitoides, con registro para ecto y endoparasitoides, koino e idiobiontes, solitarios y gregarios, monófagos y polífagos, así como primarios y secundarios (Virila 2007).

Durante este comportamiento alimenticio, las avispas adultas se alimentan de la hemolinfa de los individuos plaga, lo cual puede o no, ser condición previa imprescindible para la oviposición (Jervis y Kidd 1986). Algunos parasitoides utilizan hospederos de distinto tamaño, según sea para oviponer o para alimentarse (Duncan y Peña 2000).

Esta conducta ha sido observada principalmente en parasitoides de la familia Aphelinidae (Tellez et al 2003), sin embargo también se ha registrado en especies de otras familias de parasitoides (Syngenta 2008). En particular se ha descrito para individuos del género *Aphytis*, actuando sobre la Escama blanca del palto en el caso de *A. diaspidis* y sobre la Escama de San José, parasitada por *A. aonidiae* y *A. diaspidis*, comportándose como eficientes depredadores, aumentando su potencial como agentes de control biológico, ya que las plagas registran una mortalidad total (parasitismo + *host feeding*) mayor que la alcanzada sólo por efecto del parasitismo. En el caso del afelínido *Eretmocerus mundus*, hasta el 40% de la mortalidad que se produce se atribuye al *host feeding*, lo cual es una ventaja adicional que se asocia al parasitoide (Syngenta 2008). Lo mismo ocurre con el parasitoide *Encarsia formosa*, que también se alimenta de los fluidos

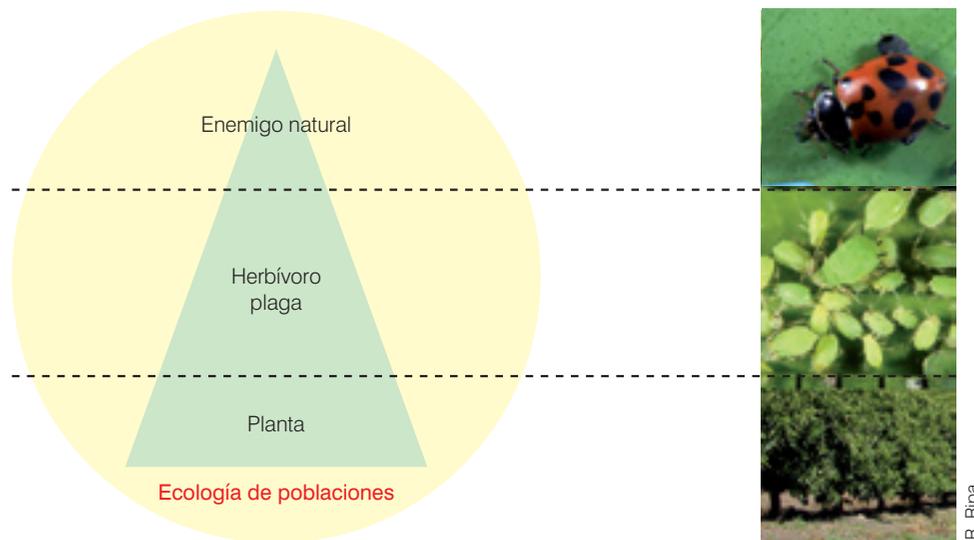


Figura 4-3

Esquemización de la interacción tritrófica: planta - artrópodo plaga - enemigo natural (adaptado de Hoddle 2003).

corporales de ninfas de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, matándolas sin parasitarlas (Figura 4-2).

Los parasitoides, según el estado de la plaga en que actúan, se clasifican en parasitoides de huevo, larva, ninfa, pupa y adulto. El lugar de oviposición varía con la especie de parasitoide: aquellos que insertan sus huevos dentro del hospedero se denominan endoparasitoides, mientras que en los ectoparasitoides, el adulto primero inmoviliza al hospedero y luego ovipone sobre éste o en la cercanía, desarrollándose las larvas externamente.

Si de cada hospedero se desarrolla un solo individuo parasitoide, éste es solitario. El parasitismo gregario se da siempre que se desarrolle y sobreviva más de un parasitoide de la misma especie en o sobre un hospedero.

Los hiperparasitoides o parasitoides secundarios se desarrollan en otras especies de parasitoides. La existencia de hiperparasitismo se considera, generalmente, desfavorable para el éxito del control biológico.

La depredación es una estrategia de alimentación que se encuentra ampliamente difundida en los insectos y arácnidos. En comparación con los parasitoides, los depredadores son generalmente más grandes que su presa. Los órdenes de insectos depredadores más representados son Hemiptera, Coleoptera, Diptera y Neuroptera. Entre las especies de ácaros, la familia Phytoseiidae contiene un gran número de especies depredadoras. Los insectos y ácaros depredadores capturan y matan a su presa para alimentarse y, a diferencia de los parasitoides, generalmente consumen varias presas para completar su desarrollo.

Los entomopatógenos agrupan a virus, bacterias, protozoos, hongos y nemátodos, los cuales causan enfermedades en insectos y ácaros.

El Control Biológico puede representarse como una interacción tritrófica en la que interviene la planta, el artrópodo plaga y el enemigo natural (Figura 4-3), y en la que se conjugan factores asociados principalmente al manejo del huerto y su entorno. La comprensión de esta interacción tiende a maximizar el potencial de los enemigos naturales.

Los enemigos naturales se encuentran formando parte de las poblaciones presentes en los huertos y sus alrededores, siendo la densidad de éstos muy variable, por tal motivo se han desarrollado tres estrategias de Control Biológico que se aplican en la agricultura para el manejo de plagas:

El **Control Biológico Clásico** que consiste en la introducción de nuevas especies de enemigos naturales para plagas recientemente ingresadas o registradas en un territorio, labor realizada desde hace más de 70 años por INIA La Cruz.

El **Control Biológico Aumentativo o Inundativo** es el aumento de las poblaciones de enemigos naturales a través de liberaciones al medio, provenientes de crianzas en laboratorios o centros especializados. Las liberaciones se justifican cuando se estima que la densidad de una determinada plaga generará daños económicos por ausencia o escasez del enemigo natural y éstos poseen probada eficacia sobre la plaga. La liberación de enemigos naturales criados en insectarios (Control Biológico Au-

mentativo) y el Control Biológico por Conservación son observados por Van Driesche et al (2007) como métodos que no han sido satisfactoriamente comprobados y de principal interés para la investigación y su aplicación en programas de MIP.

El **Control Biológico Conservativo** consiste en la modificación de las prácticas culturales para favorecer el desarrollo de los agentes de control biológico. El manejo y conservación del hábitat que aumente la abundancia y la eficiencia de insectos y ácaros benéficos en el huerto es uno de los aspectos relevantes en el MIP ya que se lleva a cabo a través de la regulación de las interacciones de los componentes del sistema agrícola para potenciar la eficacia de los enemigos naturales nativos o introducidos y así prevenir o mitigar el daño económico producido por las plagas. En general, la conservación de un ambiente propicio para el buen desempeño de los enemigos naturales involucra reducir los factores que los afectan y/o suministrar los recursos que éstos requieren en su hábitat.

El control biológico por conservación permite la integración de los enemigos naturales en sistemas de manejo de plagas de cultivos dominados por plaguicidas y estrechamente asociados a la agricultura orgánica, aunque no están limitados a ésta, tales como los cultivos de cobertura, cultivos intercalados, refugios y las plantas en hileras como recurso para los enemigos naturales (Van Driesche et al 2007).

Aumentar la eficacia de depredadores y parasitoides requiere de un programa de manejo del hábitat que brinde a los enemigos naturales hospederos alternativos, un suministro constante de alimento suplementario como néctar y polen, y disponer de refugio físico (ver CAPÍTULO 6: MANEJO DEL HÁBITAT).

Crianza de enemigos naturales

Considerando que la condición de los enemigos naturales es un factor relevante para maximizar su labor, lo que requiere que hayan sido producidos bajo un esquema que incluya control de calidad de la crianza (Ripa 2006).

La crianza o reproducción de enemigos naturales en condiciones confinadas se realiza con fines comerciales o de investigación para aumentar la efectividad del control biológico de plagas, incorporar nuevas especies en un ecosistema determinado para combatir plagas invasoras o evaluar el efecto de especies benéficas.

Durante la fase inicial de la crianza ocurre una importante mortalidad, denominada “crash”, debido a que los individuos que se traen desde el campo no poseen una adaptación adecuada a las condiciones artificiales de crianza. Esta condición provoca una pérdida sustancial de genotipos, y por ende, de variabilidad, por lo que se han elabora-

do una serie de recomendaciones para evitar o disminuir la pérdida de fitness en la producción comercial:

1. Iniciar la crianza con mil individuos como mínimo.
2. Introducir periódicamente individuos del campo, desde el inicio de la producción o crianza.
3. Obtener poblaciones de diferentes regiones geográficas y mantenerlas en crianzas separadas o subunidades (preferentemente cerca de 100) que actúan como reservorios genéticos aumentando la variabilidad.
4. Mantener las subunidades en diferentes condiciones ambientales.
5. Realizar cruzamientos entre poblaciones de diferentes áreas geográficas, generando híbridos que serán comercializados y liberados.
6. Criar una o más generaciones en jaulas en condiciones de campo.
7. Capturar individuos que sobrevivieron y se multiplicaron después de liberados, e introducirlos en las crianzas, incorporando así genotipos capaces de sobrevivir en el campo.

Un ejemplo clásico de la pérdida de fitness a través de las generaciones es *Trichogramma brassicae*: Van Bergeijk et al (1989) observaron disminución del tamaño de los adultos, pérdida de vigor de los individuos, cambios en la estructura genética y conducta de no aceptación o rechazo de huevos de la plaga.

Control de calidad de enemigos naturales

El control de calidad es un procedimiento mediante el cual se verifica y uniformiza la condición del producto para sostener su producción y uso eficiente en el tiempo, sin embargo, en condiciones de laboratorio o semiartificiales, se ha observado un deterioro de la calidad o vigor de las crianzas masivas de enemigos naturales durante varias generaciones, lo que disminuye las probabilidades de éxito en el desempeño de insectos y ácaros benéficos cuando son utilizados comercialmente en el control de plagas.

La calidad se estima a través de un número delimitado de parámetros cuantificables que permiten comparar individuos criados artificialmente y los individuos de campo, asociado en gran medida, con el nivel de vigor o fitness, definido como el éxito reproductivo de los insectos. La disminución del fitness de insectos en crianza en ambientes artificiales es causada por la mantención de condiciones ambientales constantes (humedad, temperatura, alimento, etc.) no apropiadas para generar selección y por la ausencia de competencia interespecífica.

En la crianza de parasitoides se observa con frecuencia una modificación de la proporción de sexos con una marcada abundancia de machos explicada por el uso de estadios no adecuados para la reproducción del parasitoide.

El tamaño del adulto o pupa es otro indicador de problemas en la crianza: en *Trichogramma spp*, un mayor tamaño del adulto aumenta la fecundidad, longevidad, rapidez de la ovipostura, capacidad de búsqueda y vuelo, y proporción de hospederos parasitados, por lo tanto, un mayor número de individuos pequeños incrementaría las probabilidades de una reducción en su eficacia. *Metaphycus spp* criados en hospederos de mayor tamaño origina individuos más grandes, con una mayor carga de huevos y más longeos.

El costo de realizar control de calidad presenta beneficios asociados tanto para el agricultor, a través de un aumento de la efectividad de los enemigos naturales, como para el productor de los mismos, mediante la comercialización de insectos y ácaros de prestigio y calidad, además de una notable disminución de la variabilidad de los resultados, que estabiliza la producción.

Los puntos claves del control de calidad se resumen de la siguiente forma:

- Cuanto mayor es el número de generaciones desde el inicio de la crianza, mayor es el riesgo de cambios genéticos y disminución del fitness.
- Las condiciones de crianza deben, en lo posible, simular lo que ocurre en el campo, generando además señales para el aprendizaje asociativo de la plaga y la planta relacionado con olores, colores y formas.
- La mantención de la diversidad genética aumenta la plasticidad de la población en crianza permitiendo una mayor interacción bajo variadas condiciones ambientales, logrando mejores resultados.
- El control de calidad detecta problemas, evita la pérdida de fitness y aumenta la efectividad de los enemigos naturales, disminuyendo la variabilidad de los resultados.
- La crianza masiva comercial es un compromiso entre cantidad y calidad de organismos producidos en términos de la efectividad en el campo.
- Los usuarios deben consultar a los proveedores de enemigos naturales si se realizan procedimientos de control de calidad en su producción.

Cambios que ocurren en la crianza

La principal causa de la disminución del fitness de insectos producidos comercialmente son las condiciones a que se someten las crianzas, ya que los insectos se encuentran aislados en ambientes uniformes durante varias

generaciones lo que deriva en una notable disminución de la variabilidad genética en la población, estableciéndose, por lo general, genotipos de regular calidad.

Esta disminución del fitness en los insectos utilizados en control biológico se refleja en una disminución de su efectividad en el campo a través de:

- Disminución de la capacidad de vuelo de los adultos, afectando su dispersión.
- Deterioro de la capacidad de búsqueda de la plaga.
- Aumento del tiempo de manipulación de la plaga.
- Disminución de la fecundidad.
- Disminución de la sobrevivencia (longevidad).
- Disminución de probabilidades de interacción con la plaga (depredación, ovipostura, alimentación, etc.).

El uso de hospederos alternativos puede causar cambios en la calidad y en el reconocimiento de las señales o semioquímicos de la plaga (olores, por lo general) a través de las cuales los enemigos naturales reconocen a su presa. Los componentes del fitness apropiados en la crianza masiva son distintos de los requeridos en el campo, por ejemplo, en la crianza de *Trichogramma* se utiliza huevos de la polilla de la harina, en circunstancias que para cumplir su rol benéfico en terreno, esta avispa debe reproducirse sobre huevos de otras plagas en cultivos de tomate, maíz u otros.

En crianzas confinadas, el cruzamiento entre animales emparentados origina lo que se conoce como depresión de la endogamia, es decir una alta tasa de homocigosis, en que el número de pares de genes iguales con mutaciones aumenta, causando una marcada disminución del fitness. Estos cambios suceden rápidamente durante la domesticación, donde se ha observado que se adelanta el apareamiento y oviposición, acortándose el ciclo a partir de la 5ª a 9ª generación en condiciones de crianza.

En general, la crianza comercial de una especie constituye una "población cerrada" donde no ingresa nuevo material genético y los cambios ocurren sobre un limitado conjunto inicial de genes. Estos cambios causan mayores problemas sobre el Control Biológico Inundativo y menos en el Inoculativo, ya que en este último los enemigos naturales se reproducen activamente dando lugar a una selección de genotipos que se adaptan a las condiciones de campo.

Riesgos de la introducción de material de campo

La introducción a la crianza de enemigos naturales colectados en el campo presenta el riesgo de incorporar patógenos, ya que pueden contener microorganismos

como virus, bacterias, protozoos, hongos y nemátodos, y afectar a los enemigos naturales producidos masivamente, disminuyendo la efectividad y la reproducción. La susceptibilidad a estas enfermedades aumenta con la falta de alimento, la aglomeración y el estrés. La eliminación de patógenos se realiza a través del uso de calor, antibióticos, sanitización, cambios en métodos de crianza y prevención (selección del material de campo) tanto de los hospederos como de los enemigos naturales.

De la misma forma pueden ser introducidos parasitoides secundarios y otros organismos no deseados. Por ejemplo, en la colecta de pupas parasitadas de mosca doméstica, además de emerger *Spalangia* y *Muscidifurax*, puede desarrollarse *Nasonia*, un parasitoide que se adapta muy bien a condiciones de crianza masiva desplazando a las demás especies, pero es inefectivo en condiciones de campo. En el caso de enemigos naturales de chanchito blanco, se debe evitar la introducción de otros enemigos naturales en las crianzas, como *Leucopis* y *Symphorobius*, y el ingreso de ácaros que contaminan la producción.

Nivel de calidad de la crianza

Reconociendo que los procesos de crianza masiva modifican a los enemigos naturales, se ha llegado a demandar una calidad aceptable con la cual se logra el control de la plaga, ya que frecuentemente surgen preguntas acerca de cuál es el nivel de calidad que se debe exigir y si es razonable esperar un estándar igual al de los individuos de campo.

Factores que afectan la abundancia de enemigos naturales

Selectividad de los plaguicidas

La aplicación de plaguicidas tradicionales, junto con controlar las plagas, causa mortalidad de los enemigos naturales, por lo general más elevada que la de la plaga, aspecto relacionado con el nivel de selectividad de los productos químicos hacia la fauna benéfica. Como consecuencia, la población residual de la plaga que sobrevive después de una aplicación de pesticida, se reproduce en ausencia de la acción reguladora de sus enemigos naturales (Figura 4-3).

La elevada mortalidad de los enemigos naturales por efecto de los plaguicidas se debe a sus características fisiológicas y de comportamiento. La gran mayoría de los enemigos naturales se desplazan activamente sobre la superficie del vegetal con el fin de buscar a su presa

u hospedero, por lo que colectan y acumulan una gran cantidad del producto, mayor que aquellos artrópodos menos móviles (como escamas y conchuelas). Además, carecen de los complejos mecanismos de detoxificación que poseen muchos de los artrópodos fitófagos que se alimentan de plantas que contienen compuestos tóxicos como protección contra los herbívoros.

En este ámbito, el manejo de las plagas debe tender al uso de productos más selectivos, es decir, que causen menor mortalidad de los enemigos naturales. Por otra parte, cuanto más tiempo perduren activos los residuos del pesticida sobre el vegetal, mayor será el período requerido para que los enemigos naturales se recuperen en el huerto. Ejemplo de esto son algunos insecticidas piretroides, los cuales son nocivos para los enemigos naturales por un largo período, muy superior que para la plaga.

Dentro de los productos que presentan menor toxicidad se encuentran los detergentes agrícolas y aceites minerales en sus dosis menores.

Fuentes de alimento de los enemigos naturales

Muchos de los insectos benéficos en estado adulto requieren de una dieta alimenticia diferente que la de sus estados en desarrollo, principalmente compuesta de hidratos de carbono y proteínas.

Los hidratos de carbono provienen de azúcares excretados por los insectos chupadores (mielecilla) como mosquitas blancas, chanchitos y conchuelas entre otros, y de nectarios florales y extraflorales, sobre los cuales las hormigas forrajean activamente. Las proteínas, por su parte, las obtienen del polen, que sirve de alimento para fitoseídos y de la hemolinfa de los hospederos (*host feeding*), que surge de una herida en el cuerpo de éste cuando la hembra del parasitoide inserta y luego retira su ovipositor.

Fuente importante de néctar y polen lo constituyen flores de umbelíferas, como zanahorias silvestres y cilantro, las que pueden establecerse estratégicamente en las orillas y al interior de los huertos para que los enemigos naturales dispongan de alimento suplementario.

La disponibilidad y accesibilidad a suficiente cantidad y calidad de alimento para los adultos incrementa, su capacidad de traslado, búsqueda de presas, fecundidad y extensión del período de vida, con efecto directo sobre la eficiencia del Control Biológico. *Thripobius semiluteus*, parasitoide de trips del palto, alimentado con miel, duplicó su longevidad y parasitó en promedio el 36% más larvas de trips.

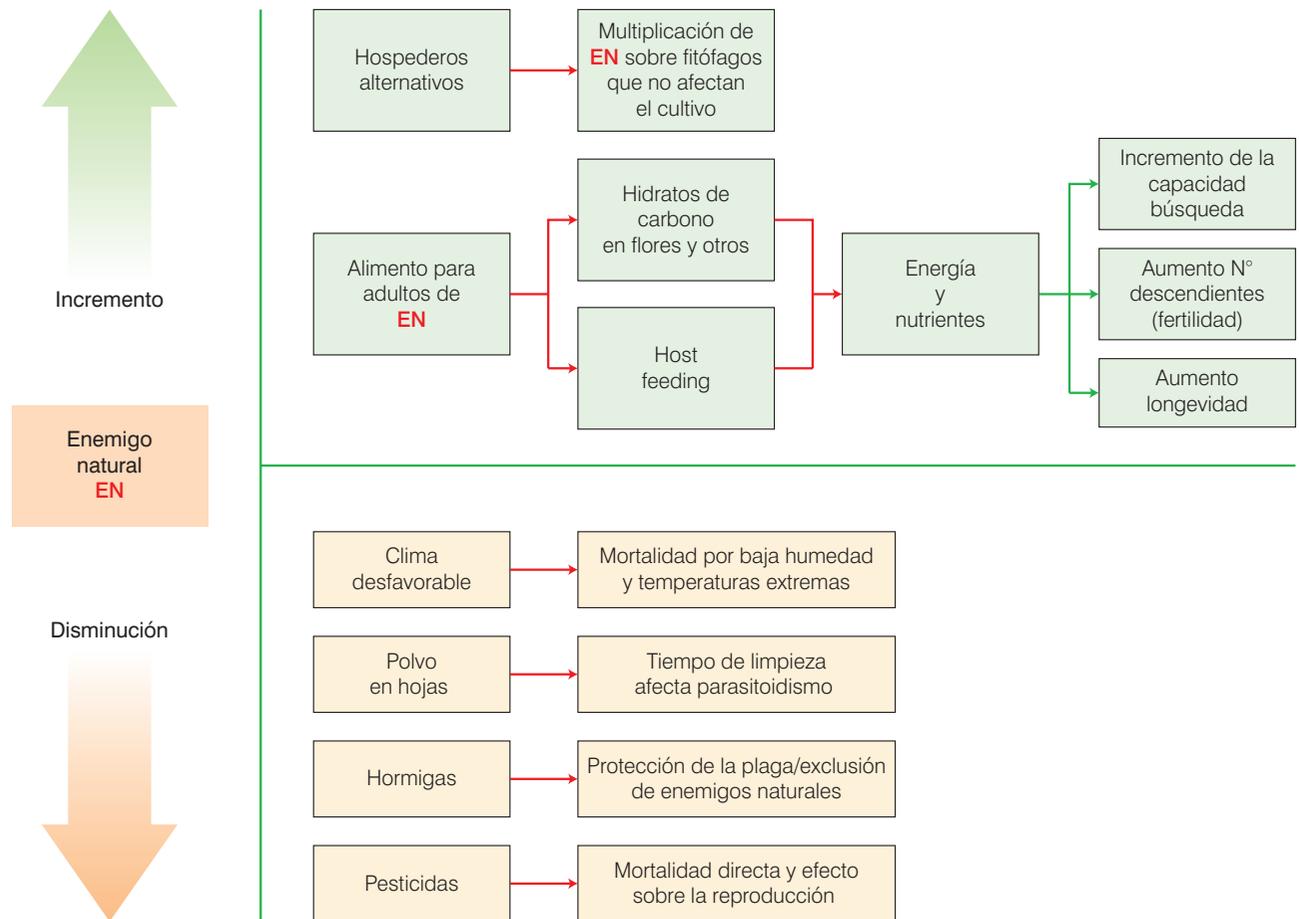


Figura 4-3

Factores que afectan la abundancia de los enemigos naturales.

Hospederos alternativos de los enemigos naturales

Varios enemigos naturales se reproducen en más de una especie de artrópodo, pudiendo desarrollarse sobre otras plantas, dentro o fuera del huerto, por tal motivo, la presencia de vegetación herbácea en el huerto, árboles y arbustos en la periferia y el uso moderado de plaguicidas, contribuye a mantener un mayor número de especies y densidad de enemigos naturales en el huerto.

La abundancia de los enemigos naturales disminuye en los cultivos, presumiblemente debido a las siguientes causas:

- Reducción natural de la población plaga por efecto del clima o la fenología de la planta
- Por efecto de las aplicaciones de pesticidas.
- Por el efecto directo del clima sobre los enemigos naturales.

- Por la acción directa de las hormigas.
- Por la asociación de enemigos naturales a estadios específicos de la plaga, los cuales en algunos casos no están disponibles en parte del año. Es el caso de los parasitoides *Metaphycus helvolus* y *M. flavus* de la conchuela negra del olivo, los que sólo disponen del estadio adecuado desde enero a julio, declinando durante el resto del año.

Lo anterior puede mitigarse en cierta medida a través de la incorporación de plantas hospederas de insectos plaga que permitan la multiplicación de sus enemigos naturales clave. Es el caso del laurel de flor (*Nerium oleander*), planta hospederas de la conchuela negra del olivo (*Saissetia oleae*), la que dispuesta en las cercanías del huerto es capaz de sostener una población de parasitoides del género *Metaphycus* que controlan a la plaga que afecta cítricos, olivos y paltos, entre otros cultivos. Idealmente se debe lograr dos generaciones de la conchuela en el laurel

de flor con el fin de extender la permanencia de todos los estadios y sus enemigos naturales durante el año.

Las plantas hospederas producidas en macetas, infestadas con un insecto fitófago y luego con el enemigo natural, reciben el nombre de “*banker plants*”, producidas y utilizadas especialmente en invernaderos de tomate y pimentones en distintos países.

Se ha observado, además, que el establecimiento y mantención de una cobertura vegetal entre hileras de frutales, tiende a disminuir el ataque de áfidos a partir de la brotación y, posteriormente, regula la población de arañas gracias al aporte de enemigos naturales y la disminución de polvo sobre las hojas.

Presencia de hormigas

Las hormigas establecen una relación mutualista con las plagas que producen mielecilla, ya que se alimentan de ese excretado y protegen a las plagas de la acción de los enemigos naturales. Este comportamiento crea lo que se ha denominado “vacío de enemigo naturales” causado por la continua interferencia de las hormigas, razón por la que deben ser excluidas de la planta. También se ha observado que árboles con plagas que no producen mielecilla, como arañas fitófagas y escamas, tienden a aumentar la densidad y disminuir el Control Biológico en presencia de hormigas.

El control de hormigas es un aspecto que aún requiere de investigación y desarrollo (ver capítulo Importancia y Manejo de Hormigas en el MIP).

Polvo en las hojas

A medida que las hojas y otros órganos vegetales envejecen, acumulan pequeñas partículas sobre su superficie provenientes del tránsito de vehículos sobre caminos no pavimentados, del uso de pesticidas cuya formulación contiene arcilla y/o limo, de la contaminación atmosférica causada por operaciones mineras e industriales y por la actividad humana urbana. Estas partículas se adhieren al cuerpo de los enemigos naturales durante la búsqueda de su hospedero, obligándolos a desarrollar actividades de limpieza corporal, en especial de patas, alas y antenas, a las cuales asignan un tiempo que va en desmedro del parasitoidismo, en directa relación a la cantidad de partículas acumuladas. Por lo general, plantas cercanas a los caminos registran densidades mayores de plagas y en casos extremos, los enemigos naturales abandonan las áreas del huerto que presentan mayor acumulación de polvo.

Es recomendable evitar la generación de polvo y mantener la planta limpia mediante la protección de caminos (aspersión de agua en períodos críticos, aplicación de sales inorgánicas, productos orgánicos, desechos del procesamiento de nueces, almendras y uvas), y la disminución de la velocidad de los vehículos que transitan por el sector. Además, en situaciones de elevado depósito de polvo, se aconseja lavar las plantas con agua limpia cada cierto tiempo utilizando detergentes o surfactantes agrícolas.