

Capítulo V

Control biológico aplicado

1. Introducción

El minador de las hojas de los cítricos es una plaga de gran complejidad en su manejo. Los hábitos minadores, la asociación con tejidos en crecimiento, el ciclo de desarrollo corto con gran superposición de generaciones, son características que influyen en la efectividad del control químico. Además, el uso de insecticidas poco selectivos trae asociado riesgos ecológicos que se pueden manifestar a corto, mediano o largo plazo. Esto es de particular importancia en el agroecosistema cítrico el cual posee una gran cantidad de insectos y ácaros fitófagos, y las poblaciones de muchas de estas especies se mantienen bajas por la presencia de una muy rica entomofauna benéfica. Por otro lado, otras medidas de control como podas, fertilizaciones y riegos, son prácticas culturales que buscan concentrar las brotaciones en momentos donde la actividad del minador es menor, pero que en algunos casos no son aplicables a nuestras condiciones. En esta situación el control biológico aparece como la herramienta más apropiada a desarrollar y un componente imprescindible del manejo integrado de *P. citrella*.

Aunque casi simultáneamente al ingreso del minador al país, se observaron parasitoides nativos que se adaptaron al nuevo hospedero, el control ejercido por éstos no disminuye sustancialmente las poblaciones de la plaga. En general se necesita mucho tiempo para que estos complejos se integren y estabilicen. *Cirrospilus neotropicus*, el parasitoide nativo predominante en nuestra zona, se muestra como un buen auxiliar natural en la regulación de las poblaciones del minador en determinadas condiciones, pero los parasitismos obtenidos son muy variables a lo largo del año, entre años, localidades y aun parcelas en un mismo predio (Aspla-

nato *et al.*, 2004, 2008). El efecto de este parasitoide en forma aislada, no es suficiente para disminuir los daños provocados por la plaga, sobre todo considerando su influencia en el aumento del cancro cítrico.

Cuando una plaga se introduce a una nueva región el método que ha mostrado una mayor eficacia y a su vez el más económico es el «control biológico clásico», o sea la importación de enemigos naturales procedentes de la zona originaria de la plaga. Una diferencia importante entre control químico y biológico es que los enemigos naturales se auto-perpetúan y auto-dispersan. Estas características hacen que la estrategia sea sustentable y más económica a largo plazo comparada con cualquier otro método (Van Lenteren *et al.*, 2003). Sin embargo, la introducción y liberación de organismos exóticos puede provocar efectos directos e indirectos sobre otros organismos, riesgo ecológico que no debemos ignorar (Howarth, 1991; Greathead, 1997; Van Lenteren *et al.*, 2003)

En un programa de control biológico clásico un primer paso es conocer los enemigos naturales en la zona de origen y en las áreas de expansión, sus características biológicas y eficiencia en el control de la plaga. El siguiente paso importante y crucial es la selección de especies a ser importadas. En este sentido existen dos criterios: el reduccionista y el holístico (Waage, 1990) ampliamente discutidos por distintos autores.

El criterio reduccionista se basa en la selección de la especie considerada más eficiente basándose en sus atributos biológicos particulares: alto grado de especificidad, alta capacidad de

búsqueda, alta dispersión, sincronización estacional con la plaga, ciclo de desarrollo más corto, rápida respuesta numérica, presentar el hábito de efectuar picaduras alimenticias sobre sus hospederos y adaptación a las condiciones del habitat. Muchas veces no se tienen conocimientos detallados de los enemigos naturales de la plaga y la realización de los estudios necesarios para evaluar los parámetros biológicos puede requerir un tiempo que no es compatible con la rapidez con que se deben tomar las decisiones de control de una plaga.

El criterio holístico toma en cuenta, no tanto los atributos de cada especie, sino las posibles interacciones entre los agentes introducidos y los factores de mortalidad de la plaga en el nuevo ambiente, entendiendo esto como procesos dinámicos. Idealmente se busca reconstruir las comunidades, introduciendo todo el complejo de enemigos asociados a la plaga en su zona de origen, buscando que los distintos enemigos naturales se complementen en su acción. Sin embargo, no siempre es posible realizar dicha reconstrucción en forma total.

Un aspecto importante a considerar cuando se aplica este criterio, es que cuando se introduce una nueva especie para complementar el control biológico ejercido por otra, los resultados pueden ser positivos o negativos. Como efecto negativo puede darse que el nuevo enemigo natural sea un mejor competidor y produzca el desplazamiento competitivo del anteriormente establecido. Otra situación no deseable es que se produzca una interacción negativa entre las especies de enemigos naturales. Esto podría provocar que el insecto introducido fracase en establecerse o se genere una relación de equilibrio inestable con la plaga la cual puede en algunos momentos escapar al control (Botto, 2002).

La cuestión de liberar varias especies de parasitoides simultáneamente o una secuencia de ellas, sigue siendo objeto de discusión ya que es difícil de predecir el comportamiento o como interactuarán en su nueva área.

Cualquiera sea el criterio adoptado, las especies introducidas no deberían tener efectos sobre otros organismos, reducir la biodiversidad o eliminar especies nativas (Howarth, 1991). En este sentido se debe evitar introducir enemigos naturales que tienen un amplio rango de hospederos. La información disponible sobre los hospederos de la mayoría de las especies que parasitan al minador así como de su habilidad como hiperparasitoides es escasa, y esta información es crítica para la evaluación del riesgo de implementación de programas de control biológico clásico. Aunque el hábito de parasitar a otros parasitoides es una característica negativa, el rol de los hiperparasitoides facultativos es también un punto controversial.

De cualquier manera, no se puede determinar a priori si el enemigo natural introducido se establecerá y controlará efectivamente a la plaga en la nueva zona (Ehler, 1998). El establecimiento de un enemigo natural en su nuevo ambiente puede fallar por muchas razones. Las condiciones climáticas no adecuadas en el nuevo ambiente, la falta de otros requisitos esenciales para el establecimiento de la especie y el proceso de cría en laboratorio que puede provocar pérdida de la efectividad por cambios genéticos, de comportamiento, etc., son algunas de las principales causas de los fracasos en los programas de control biológico clásico.

2. Algunas experiencias de control biológico en el mundo

La especies de parasitoides consideradas más importantes y efectivas en la zona de origen se la plaga: *Ageniaspis citricola*, *Citrostichus phyllocnistoides*, *Cirrospilus ingenuus* y *Quadrastichus* sp., se han utilizado en control biológico con resultados variables (Neale *et al.*, 1995; Smith y Hoy, 1995; Argov y Rössler, 1996; García-Marí *et al.*, 1997, 2004; Hoy y Nguyen, 1997; Siscaro *et al.*, 1997; Willink *et al.*, 1998; Parra, 2000; Vercher *et al.*, 2000; Argov, 2003; Cáceres, 2003 a). Entre éstas se destaca *A. citricola*, encírtido que ejerce un buen control contra el minador en la zona de origen y que se ha introducido en prácticamente todas las regiones cítricas para el control del minador. Con res-

pecto a *Cirrospilus ingenuus* y *Quadrastichus* sp., aunque se importaron y liberaron en varios países, presentan hábitos hiperparasíticos por lo que no son buenos candidatos para control biológico clásico (Hoy y Nguyen, 1997).

Otros parasitoides que han ido adaptándose al nuevo hospedero a medida que el minador ha colonizado nuevas áreas, también se han introducido en otras regiones cítricas. El eulófido *Semiolacher petiolatus*, especie procedente de Australia se ha introducido en la región del Mediterráneo y se ha logrado aclimatar en Italia, Israel y Túnez (Argov y Rössler, 1996; Mineo *et al.*, 1998; Argov, 2003; Braham *et al.*, 2006). En España no ha logrado establecerse en la Comunidad Valenciana, aunque se encuentra adaptado en las Islas Baleares, Andalucía (Vercher, 2000) y en Málaga (Marquez *et al.*, 2003). En Florida (EUA) se han realizado estudios de evaluación preliberación de *S. petiolatus* en cuarentena (Lim y Hoy, 2005; Lim *et al.*, 2006). Se observó que este parasitoides no discrimina entre hospederos parasitados y no parasitados por *A. citricola*, lo que podría

afectar la eficacia de este último que ya está establecido en la región. También el eulófido *Galeopsomyia fausta*, originario de Sudamérica, se ha utilizado en programas de control biológico clásico. Se importó en España pero no se estableció (Llácer *et al.*, 1998b, 2005).

Como ya se señaló, el encírtido *A. citricola* ha sido el más utilizado en programas de control biológico en las distintas regiones cítricas. Se introdujo en Australia, Florida, Chile, Perú, Argentina, Brasil, Israel, España, Italia, Grecia, Chipre, Siria, Túnez y Turquía (Neale *et al.*, 1995; Smith y Hoy, 1995; Argov y Rössler, 1996; García-Marí *et al.*, 1997; Hoy y Nguyen, 1997; Siscaro *et al.*, 1997; Willink *et al.*, 1998; Parra, 2000; Vercher *et al.*, 2000; Argov, 2003; Cáceres, 2003 a).

A. citricola (Figura 5.1) es un endoparasitoides de huevos y larvas de primer estadio, con estrategia koinobionte, es decir permite que el hospedero continúe su desarrollo. Mata al huésped cuando se encuentra en la etapa de prepupa (Knapp *et al.*, 1995). Posee los



Ageniaspis citricola, adulto.



Pupas del parasitoides dentro de la cámara pupal del minador. *A. citricola* es una especie poliembriónica.



Adultos emergiendo.

Figura 5.1. *Ageniaspis citricola*, encírtido altamente eficiente en el control de *P. citrella*.

atributos de un enemigo natural considerado altamente eficiente: es específico, tiene una buena sincronía con su hospedero y presenta alta capacidad reproductiva, de dispersión y de búsqueda. Se reproduce por poliembrionía y es capaz de producir de 1 a 10 individuos por hospedero (Edwards y Hoy, 1998). Las pupas se encuentran alineadas dentro de la cámara pupal del minador y se diferencian sin dificultad de las de otros parasitoides. Sin embargo, tiene algunas características que pueden estar afectando su adaptación y su efectividad en nuestras condiciones. Es un pobre competidor en comparación con los ectoparasitoides idiobiontes y tiene varias especies de hiperparásitos, *Cirrospilus neotropicus* (= *Cirrospilus* sp. C). es una de ellas (Cáceres, 2003 b). *A. citricola* está adaptado a zonas tropicales y subtropicales húmedas (Hoy y Nguyen, 1997), necesita una humedad relativa alta, mayor al 80% (Vercher, 2000). Los adultos son de vida corta y la longevidad está muy afectada por la humedad ambiental. En estudios realizados en laboratorio solamente sobreviven más de un día cuando la humedad relativa es superior a 95% (Edwards y Hoy, 1998). Además, las temperaturas extremas provocan una alta mortalidad en sus poblaciones. El invierno en nuestra región, podría ser un factor limitante en su adaptación y eficiencia, al encontrarnos en la zona más austral de la distribución de la plaga. Las condiciones climáticas durante el invierno pueden afectar directamente al parasitoide, o también indirectamente al alterar la sincronía entre la planta, el hospedero y el enemigo natural, al no haber brotes adecuados durante períodos relativamente prolongados.

En muchas regiones citrícolas *A. citricola* ha logrado aclimatarse y ejerce un buen control del minador. En Brasil fue importado en 1998 de Florida (EUA) y se adaptó a las condiciones climáticas del estado de San Pablo, y logra altos parasitismos principalmente en las zonas más húmedas (Parra *et al.*, 2001). Es considerado uno de los factores claves de mortalidad que actúan sobre las poblaciones del minador (Lioni y Civindanes, 2004). En el noroeste argentino, aparentemente se in-

trodujo de forma fortuita (Diez *et al.*, 1999; Fernández *et al.*, 1999). A pesar de esto, se realizó una reintroducción con especímenes provenientes de Perú, y se comenzó la cría masiva en la Estación Experimental Agroindustrial «Obispo Colombres» en Tucumán. Se realizaron liberaciones en todas las zonas citrícolas del noroeste (Willink *et al.*, 1999), en Corrientes (Cáceres, 1999 a,b; 2003 a) y en Entre Ríos (Putruele, 1999; Putruele y Petit Marty, 1999). En el noroeste argentino *A. citricola* está establecido y logra alto parasitismo sobre todo en las zonas más húmedas de las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy. Esta especie aparece como un importante regulador de las poblaciones del minador en estas áreas citrícolas (Zaia, 2004).

En Florida (EUA), este parasitoide se introdujo y se dispersó rápidamente, se estableció, logra pasar el invierno y produce importante parasitismo (Pomerinke y Stansly, 1998; Hoy *et al.*, 2007). Sin embargo, probablemente debido a la ocurrencia de primaveras secas en algunos años, no reduce las poblaciones de minador a partir del segundo flujo de brotaciones, aunque sí se produce un aumento del parasitismo y una disminución de los daños durante el otoño. Ante esta situación han evaluado la posibilidad de introducción de otras especies como *Semiela cher petiolatus* (Hoy *et al.*, 2003; Lim *et al.*, 2006) y *Citrostichus phyllocnistoides*.

En Australia, aunque *A. citricola* se adaptó y produce importantes porcentajes de parasitismo en la región de Queensland, en los estados del sur no se aclimató (Neale *et al.*, 1995).

En España, *A. citricola* se liberó durante tres años consecutivos y a pesar de que se recuperó rápidamente y a grandes distancias del punto de liberación, no logró pasar el invierno en la península (Vercher, 2000; Vercher *et al.*, 2000; García-Marí *et al.*, 2004). Solamente se ha logrado establecer de forma permanente en las islas Canarias con un clima subtropical, donde se presentan temperaturas más altas durante el invierno lo que permite brotaciones más continuas (Vercher *et al.*, 2000; García-Marí *et al.*, 2004). En otros países mediterráneos también se han reportado fallas en su establecimiento. En Israel (Argov, 2003) y en Túnez (Braham *et al.*, 2006) el

parasitoide no se adaptó, debido probablemente a que la humedad es baja y/o a las bajas temperaturas del invierno.

Con respecto a *C. phyllocnistoides* (Figura 5.2) es considerado el parasitoide predominante en la India, China, Taiwan y las islas del sudeste de Japón (Ujiye and Adachi, 1995; Tan y Huang, 1996; Tze-Kann and KweiShui, 1998; Urbaneja, 2001; Ujiye, 2000; Vercher, 2000; Wang *et al.*, 2006). En China es el que presenta la mayor sincronía y simpatria con *Phyllocnistis* (LianDe *et al.*, 1999). Es un ectoparasitoide solitario que presenta nichos diferentes a *A. citricola*, parasita larvas de segundo y tercer estadio, con una preferencia marcada por las más desarrolladas. Su estrategia es idiobionte, detiene el desarrollo de su hospedero y pupa dentro de la galería de la larva. Su ciclo a 25° C es de 12 días (Argov y Rossler, 1996). Las condiciones óptimas para el desarrollo son de

20-30° C y más de 60% de humedad ambiental (Vercher, 2000). Presenta un umbral de desarrollo de 9,8° C y una constante térmica de 21° C (Urbaneja *et al.*, 2003). Estudios realizados en Australia han mostrado una alta especificidad, no parasitó a ninguna de las especies estudiadas (Neale *et al.*, 1995), Sin embargo, en Italia se ha hallado sobre dos especies de lepidópteros minadores de la familia Nepticulidae sobre lentisco, *Pistacia lentiscus* (Anacardaceae), y sobre zarzamora, *Rubus ulmifolius* (Rosaceae) (Massa *et al.*, 2001). Recientemente se citan a los minadores *Cosmopterix pulcherimella* sobre *Parietaria difusa* y *Liriomyza* spp. asociada a *Mercuarialis annua* como hospederos alternativos que favorecerían el mantenimiento y sobrevivencia del parasitoide (Rizzo *et al.*, 2006).

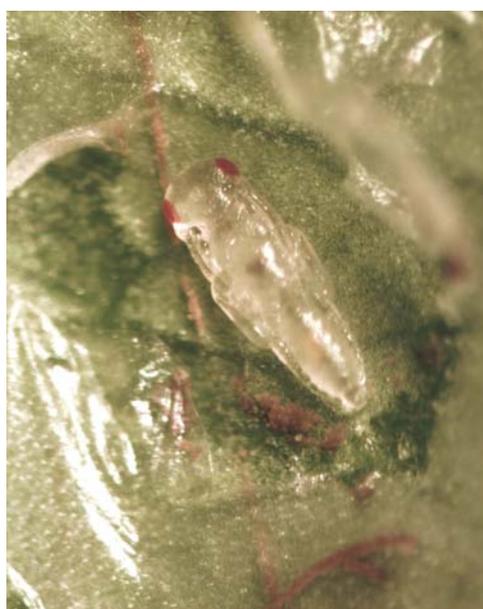
En España, *C. phyllocnistoides*, que a priori no parecía ser muy promisorio, mostró tener la capacidad de pasar el invierno, produce parasitismos elevados y en las parcelas donde predomina, logra reducir significativamente los daños. Además, manifiesta una gran capacidad de dispersión (40 km en tres meses). Actualmente se ha convertido en la especie predominante en todos los cítricos de la



Adultos de *Citrostichus phyllocnistoides*.



Pupa madura. Los excrementos son depositados en forma semicircular.



Pupa recientemente formada dentro de la galería de minador.

Figura 5.2. *Citrostichus phyllocnistoides*, parasitoide eficiente en el control de *P. citrella* en algunas regiones.

península ibérica, desplazando a las especies nativas. El nivel de parasitismo aumentó considerablemente y los daños disminuyeron a niveles de aproximadamente la mitad (Vercher *et al.*, 2000; García-Marí *et al.*, 2004).

C. phyllocnistoides se introdujo también en Italia (Mineo *et al.*, 2001) e Israel (Argov, 2003) donde logró adaptarse. En Israel, es el parasitoide dominante y en conjunto con otros (*S. petiolatus* y *C. ingenuus*) ha aumentado significativamente los niveles de para-

sitismo globales (Argov, 2003). En Australia no logró adaptarse probablemente por la competencia con la especie nativa *S. petiolatus* (Smith y Beattie, 1996). También se introdujo en Tucumán, Argentina (Willink *et al.*, 2002), donde se implementó un programa de cría y liberaciones en la región del noroeste argentino. Después de tres años, donde se liberó una gran cantidad de individuos en las diferentes zonas con condiciones climáticas diferentes, no se logró recuperar en campo. Concluyeron que *C. phyllocnistoides* no logró aclimatarsé a las condiciones de la región.