

**EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.
LA SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA**

Col·lecció Medi Ambient **5**

EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES. LA SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA

Josep Jacas, Primitivo Caballero, Jesús Avilla (eds.)



UNIVERSITAT
JAUME·I



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT JAUME I. Dades catalogàfiques

El **CONTROL** biològic de plagas y enfermedades. La sostenibilidad de la agricultura mediterrànea / Josep Jacas, Primitivo Caballero, Jesús Avilla ... (eds.). – Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I, D.L. 2005 p.: il.; cm. – (Medi ambient; 5)

Bibliografia. – Textos en castellà i català.

ISBN 84-8021-514-3

1. Plagues agrícoles-Control biològic. 2. Males herbes-Control biològic. I. Jacas, Josep, ed. lit. II. Caballero, Primitivo, ed. lit. III. Avilla Hernández, Jesús, ed. lit. IV. Universitat Jaume I. Publicacions, ed. V. Sèrie.

632.937

632.51



Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny de la coberta, no pot ser reproduïda, emmagatzemada, ni transmesa de cap manera, ni per cap mitjà (elèctric, químic, mecànic, òptic, de gravació o bé de fotocòpia) sense autorització prèvia de la marca editorial

© Del text: Els autors, 2005

© De la present edició: Publicacions de la Universitat Jaume I, 2005

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions
Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana
Tel. 964 72 88 19. Fax 964 72 88 32
<http://sic.uji.es/publ> e-mail: publicacions@uji.es

ISBN: 84-8021-514-3

Dipòsit legal: CS-117-2005

Imprimeix: Gràfiques **Color Imprés**, s.l.u.

ÍNDICE

PRÒLEG/PRÓLOGO	Pag. 9
-----------------------------	--------

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La lucha biológica, pieza clave de la Agricultura Sostenible <i>ELISA VIÑUELA</i>	15
---	----

Control biològic: del control clàssic a la conservació <i>RAMÓN ALBAJES</i>	31
---	----

CAPÍTULO 2. AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS

Agentes entomófagos de control biológico de plagas <i>JESÚS AVILA</i>	51
---	----

El potencial de <i>Bacillus thuringiensis</i> en el control biológico de plagas <i>PRIMITIVO CABALLERO</i>	67
--	----

Los nematodos entomopatógenos agentes de control de plagas <i>FERNANDO GARCÍA DEL PINO</i>	87
--	----

CAPÍTULO 3. AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES

Estrategias para el control biológico de hongos fitopatógenos <i>PALOMA MELGAREJO, ANTONIETA DE CAL, INMACULADA LARENA,</i> <i>PILAR SABUQUILLO, BELÉN GUIJARRO</i>	115
--	-----

Control biológico de bacterias fitopatógenas <i>MARÍA MILAGROS LÓPEZ, RAMÓN PEÑALVER</i>	131
--	-----

Control biológico de nematodos fitoparásitos <i>SOLEDAD VERDEJO</i>	
---	--

CAPÍTULO 4. EL CONTROL BIOLÓGICO EN ACCIÓN

Control biológico en la postcosecha de frutas

INMACULADA VIÑAS169

Control biológico de plagas en cítricos

FERRAN GARCIA MARÍ183

Control biológico de plagas en cultivos hortícolas de invernadero

ROSA GABARRA193

CAPÍTULO 5. EL FUTURO DEL CONTROL BIOLÓGICO

El futuro del control biológico

JOSEP JACAS MIRET, ALBERTO URBANEJA GARCÍA, JOSÉ LUIS RIPOLLÉS209

PRÒLEG

Des de l'any 1997, i a través d'un conveni signat amb la Diputació Provincial de Castelló, la Universitat Jaume I celebra l'Escola de Sostenibilitat de l'Agricultura Mediterrània, en el marc de l'Escola de Tardor de la Universitat Jaume I. A l'Escola de Sostenibilitat de l'Agricultura s'aborden diversos aspectes relacionats amb la sostenibilitat dels sistemes productius agrícoles del nostre entorn. L'any 2003, aquesta escola es va centrar en el control biològic de plagues i malalties.

El control biològic de plagues i malalties (CB) consisteix en l'ús dels enemics naturals o dels competidors de les plagues i dels patògens per al control de les seues poblacions. És una tècnica mil·lenària, que ja utilitzaven cultures com la xinesa al segle III. Fou, però, a partir de finals del segle XIX quan el CB va despertar un gran interès gràcies a l'èxit espectacular de la introducció de la marieta *Rodolia cardinalis* per al control de la cotxinilla acanalada *Icerya purchasi*. Malauradament, el CB va deixar de ser practicat amb la generalització de la lluita química com a mesura de control de plagues, malalties i males herbes, fins que el replantejament general de la protecció vegetal, provocat pels diversos problemes ocasionats per l'ús intensiu de pesticides, va fer que el CB anara guanyant terreny de bell nou. Actualment, el CB és una peça fonamental i indispensable en qualsevol estratègia d'agricultura sostenible, com per exemple la producció integrada o l'ecològica.

Durant la setena edició de l'Escola de Tardor s'analitzaren algunes de les claus del CB, com les seues bases ecològiques, els diferents tipus de tècniques, els organismes implicats i els casos d'alguns sistemes agrícoles on ha estat aplicat amb molt d'èxit. Es varen debatre els problemes que afecten aquesta tècnica de protecció vegetal, amb les seues implicacions tecnològiques, econòmiques, ecològiques i socials, oferint una visió ampla per tal d'obtenir unes conclusions sòlides i pràctiques.

Aquest llibre, que ara us presentem gràcies a la col·laboració entre la Universitat Jaume I i la Universitat Pública de Navarra, és el fruit d'aquella escola. Al llarg d'aquest document trobareu les transcripcions que els mateixos conferencians han fet de les lliçons impartides. Sabem que la llibertat de què hem gaudit els autors a l'ho-

ra de transcriure les nostres contribucions pot haver afectat la uniformitat del document que ara us presentem, però no la seua unitat. Tots aquells que hem contribuït d'una manera o una altra a fer possible aquest llibre esperem no decebre els nostres lectors, i que aquest contribuïska a divulgar aquesta tècnica i a augmentar l'interès general per les tècniques de protecció vegetal més sostenibles.

Castelló-Pamplona-Lleida, estiu de 2004

ELS EDITORS

PRÓLOGO

Desde el año 1997, y a través de un convenio firmado con la Diputación Provincial de Castellón, la Universidad Jaume I celebra la Escuela de Sostenibilidad de la Agricultura Mediterránea, en el marco de la Escuela de Otoño de la Universitat Jaume I. En la Escuela de Sostenibilidad de la Agricultura se abordan diversos aspectos relacionados con la sostenibilidad de los sistemas productivos agrícolas de nuestro entorno. En el año 2003, esta escuela se centró en el control biológico de plagas y enfermedades.

El control biológico de plagas y enfermedades (CB) consiste en el uso de los enemigos naturales o de los competidores de las plagas y de los patógenos para el control de sus poblaciones. Se trata de una técnica milenaria, que ya utilizaban culturas como la china en el siglo III. Fue, sin embargo, a partir de finales del siglo XIX cuando el CB despertó un gran interés debido al éxito espectacular conseguido con la introducción de la mariquita *Rodolia cardinalis* para el control de la cochinilla acanalada *Icerya purchasi*. Desgraciadamente, el CB dejó de ser practicado con la generalización de la lucha química como medida de control de plagas, enfermedades y malas hierbas, hasta que el replanteo general de la protección vegetal, provocado por los diversos problemas ocasionados por el uso intensivo de plaguicidas, hizo que nuevamente el CB fuera ganando terreno. Actualmente, el CB es una pieza fundamental e indispensable en cualquier estrategia de agricultura sostenible, como la producción integrada, o la ecológica.

Durante la séptima edición de la escuela de otoño se analizaron algunas de las claves del CB, desde sus bases ecológicas, los diferentes tipos de técnicas, los organismos implicados, así como los casos de algunos sistemas agrícolas donde se está aplicando con gran éxito. Se debatieron los problemas que afectan a esta técnica de protección vegetal, con sus implicaciones tecnológicas, económicas, ecológicas y sociales, ofreciendo una visión amplia con el fin de obtener unas conclusiones sólidas y prácticas.

Este libro, que ahora os presentamos gracias a la colaboración entre la Universitat Jaume I y la Universidad Pública de Navarra, es el fruto de aquella escuela. A lo largo

de este documento encontraréis las transcripciones que los propios conferenciantes han realizado de las lecciones impartidas. Sabemos que la libertad de que hemos gozado los autores a la hora de transcribir nuestras contribuciones puede haber afectado a la uniformidad del documento que ahora os presentamos, pero no su unidad. Todos aquéllos que hemos contribuido de una manera u otra a hacer posible este libro esperamos no decepcionar a nuestros lectores, y que éste contribuya a divulgar esta técnica y a aumentar el interés general por las técnicas de protección vegetal más sostenibles.

Castelló-Pamplona-Lleida, verano de 2004

LOS EDITORES

INTRODUCCIÓN

LA LUCHA BIOLÓGICA, PIEZA CLAVE DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

ELISA VIÑUELA

Protección de Cultivos. ETSI Agrónomos. 28040-Madrid.

elisa.vinuela@upm.es

El Control Biológico se ha convertido hoy en día en uno de los componentes principales de la protección de cultivos en todo el mundo. En este capítulo examinaremos cómo se ha llegado a establecer su importancia, cómo se utiliza solo o junto a otras técnicas, las ventajas e inconvenientes que presenta y algunos aspectos legales de interés, desarrollándose más ampliamente en otros capítulos algunos de los aspectos revisados.

LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y EL CONTROL DE PLAGAS

Las modernas tendencias productivas agrícolas de los países desarrollados tratan, desde los años noventa, de encuadrar los sistemas productivos dentro de la agricultura sostenible, que tiene por objetivo la producción de alimentos y fibras de calidad, en cantidad, de una manera rentable, socialmente aceptable y sin dañar el medio ambiente (Wijnands y Kroonen-Backbier, 1993). Dentro de este contexto, se han puesto en práctica numerosos sistemas productivos como por ejemplo la agricultura ecológica y la agricultura biológica y, actualmente, cobra cada vez más auge en el mundo, la Producción Integrada, cuyos principios establecidos por la OILB (Organización Internacional para la Lucha Biológica e Integrada), tienen por principal objetivo la conservación de la biodiversidad ambiental (Boller *et al.*, 1999). La Producción Integrada cuenta en nuestro país con una normativa aplicable a todo el territorio nacional desde noviembre del 2002 (MAPA, 2002).

En estos modernos sistemas productivos, uno de los elementos esenciales de la producción es la protección de cultivos, y aquí el control de plagas se hace siempre desde la perspectiva del Manejo Integrado de Plagas (MIP), concepto del que existen numerosas definiciones en los libros y que es un sistema de toma de decisiones para

la selección y uso de estrategias de control de plagas, aisladas o armoniosamente coordinadas, en una estrategia de manejo que se basa en un análisis de costes beneficios en el que se tienen en cuenta los intereses y el impacto sobre los productores, sociedad y medio ambiente (Kogan, 1998). En el MIP por tanto se puede desde no intervenir, a usar una sola técnica de control o una combinación de varias minimizando siempre el uso del control químico, teniendo como finalidad la eliminación de los daños económicos de la plaga (Viñuela y Jacas, 1993; Minks *et al.*, 1998). Se pone por tanto énfasis, en primer lugar, en la utilización de medidas preventivas (variedades resistentes, predicción de daños en una etapa temprana, etc.), en la vigilancia de las poblaciones de las especies plaga importantes y en la aplicación de umbrales económicos, antes de llegar a la aplicación de una medida directa de control encaminada a eliminar únicamente la porción de la población plaga que nos está causando pérdidas económicas en el cultivo (Boller *et al.*, 1999). Entre las medidas directas se prefieren las ecológicas (biológicas, biotécnicas [feromonas, atrayentes, etc.], físicas [trampas, barreras, etc.] y agronómicas [manejo del riego, abonado, labores del cultivo, etc.]) antes que la lucha química y, en caso de aplicarse ésta, los equipos están a punto y calibrados; se reducen las áreas de tratamiento en lo posible; se dejan zonas sin tratar, a no ser que la plaga sea considerada como muy peligrosa por las autoridades; y sólo se aplican plaguicidas autorizados en el cultivo, descartando si es posible, los persistentes, volátiles, poco selectivos o que presenten cualquier otra característica indeseable.

¿QUÉ ES EL CONTROL BIOLÓGICO?

El control biológico, lucha biológica (LB), o biocontrol, se considera por tanto una de las técnicas preferibles a aplicar en el control de plagas, por sus innegables ventajas ambientales, y consiste en el uso de organismos vivos para disminuir la densidad de población o el impacto de un organismo plaga, y hacerle menos abundante o menos perjudicial de lo que es (Eilenberg *et al.*, 2001). Podemos distinguir entre lucha microbiológica (LMB), si se utilizan microorganismos entomopatógenos (virus, bacterias, hongos, nematodos, etc.) y Lucha Macrobiológica si se usan enemigos naturales artrópodos (insectos, ácaros, arañas), llamándose a esta última corrientemente LB (Hokkanen y Lynch, 1995; Jervis y Kidd, 1996).

Centrándonos en la LB, al uso de enemigos para controlar las plagas, se llegó porque los artrópodos, al igual que otros organismos vivos, tienen enemigos naturales que limitan sus números de poblaciones, y que se encuentran de forma espontánea en la naturaleza, por lo que son capaces de hacer disminuir los niveles de población de sus presas hasta valores más bajos de los que alcanzarían sin su presencia, ello constituye el control biológico natural (DeBach y Rosen, 1991; Flint y

Dreistadt, 1998). En nuestros cultivos los enemigos naturales pueden, pues, proporcionarnos una ayuda inestimable para mantener por debajo de niveles económicos, las poblaciones de algunos insectos perjudiciales, y en utilizar al máximo este tipo de ayuda, se basa la LB que se puede aplicar para el control de artrópodos plagas (insectos y ácaros), hongos y malas hierbas de los cultivos (Bellows y Fisher, 1999).

HISTORIA DEL CONTROL BIOLÓGICO

La LB se conoce y aplica desde antiguo (Van Den Bosch *et al.*, 1982; Van Driesche y Bellows, 1996). El primer uso de insectos por el hombre ocurrió en China en el siglo III d.C. cuando se empleó la hormiga depredadora *Oecophylla smaragdina* (F.) (Hymenoptera: Formicidae) para controlar una cochinilla plaga de los mandarinos. La primera introducción de un enemigo natural de un país a otro fue un pájaro indio que se introdujo en Isla Mauricio para controlar el ataque de la langosta roja *Nomadacris septemfasciata* (Serville) (Orthoptera: Locustidae) en el siglo XVIII. La primera observación del parasitismo (desarrollo de las formas juveniles de un artrópodo en un solo individuo del huésped, artrópodo o no) se hizo en 1602: una avispa del género *Apanteles* (Hymenoptera: Braconidae) que se desarrollaba sobre la mariposa de la col, pero una interpretación correcta del fenómeno no se hizo hasta 1706, y su potencialidad en el control de plagas no se comprendió totalmente hasta el siglo XIX. El primer transporte internacional de un enemigo natural se hizo con motivo del grave ataque de la filoxera *Viteus vitifoliae* (Fitch) (Homoptera: Phylloxeridae) a las viñas francesas en 1873. Este pulgón americano tiene un ciclo complicado alternando sus generaciones entre la parte aérea y subterránea de la vid, sin producir daños graves a las raíces de las cepas americanas que tienen mayor cantidad de corcho en las mismas, pero pudiendo matar a las vides europeas, por lo que su llegada a Europa ocasionó gravísimas pérdidas económicas. En un intento de controlar esta plaga, el entomólogo americano Riley introdujo el ácaro *Tyroglyphus phylloxerae* Riley (Acarina: Tyroglyphidae) en Francia, pero los resultados no fueron los esperados, la solución vino años más tarde al injertarse las cepas europeas sobre pies americanos resistentes al insecto. El primer éxito del control biológico llegó unos años más tarde, cuando este mismo entomólogo introdujo desde Australia a California la mariquita *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) que controló con total éxito la cochinilla acanalada *Icerya purchasi* (Maskell) (Homoptera: Margarodidae), que estaba ocasionando graves pérdidas en la citricultura de este estado americano. Desde este momento, la LB se empezó a contemplar con otros ojos y se depositaron en ella grandes esperanzas.

Sin embargo, la LB también puede presentar algún inconveniente (Wajnberg *et al.*, 2001; Pimentel, 2002), y así en el siglo XIX ya se vio la necesidad de establecer

cuarentenas para las especies que se introducían de un país a otro. Las cuarentenas, medidas legilastivas, reguladoras y actividades asociadas (erradicación y campañas de contención, vigilancia, evaluación de riesgos) encaminadas a minimizar el transporte y diseminación de organismos perjudiciales a las plantas por las actividades humanas (Ebbels, 2003), también se aplican a los agentes de control biológico sometidos a reglamentaciones fitosanitarias, que se confinan oficialmente para observarles, ya que pueden estar contaminados con patógenos o tener enfermedades o hiperparasitoides, pueden convertirse ocasionalmente en plagas si tienen alimentación mixta, pueden ser menos selectivos de lo que se pensaba o pueden producir graves alteraciones en los ecosistemas al desplazar a especies nativas (Jacas, 2002).

La LB sufrió aparentemente un olvido a partir de mediados de los años cuarenta que coincidió con el uso extensivo de los insecticidas de síntesis (Davies, 1991), pero se seguía trabajando en ella, y se dio un avance importante en 1942 cuando Wilkes aplica los principios de la genética a la producción masiva de enemigos naturales, mejorando por ejemplo su vigor y fecundidad (Narang *et al.*, 1994). Otra prueba del trabajo en la sombra sobre esta técnica lo constituye la fundación de la OILB en 1952. La LB volvió a ser centro de atención de los especialistas en el control de plagas en 1962, cuando Rachel Carlson publica en Estados Unidos su famoso libro *Silent spring* en el que habla de los problemas ambientales que estaba ocasionando el uso abusivo de plaguicidas.

Aunque la potencialidad de la LB es enorme, ya que el 25% de los insectos (y hay más de un millón de especies) son depredadoras o parasitoides en algún momento de sus ciclos de vida (Davies, 1991), en los 100 años de existencia de esta técnica, sólo se han ensayado unas 5500 especies de enemigos, de las que 420 han dado una reducción considerable de la plaga diana (Van Lenteren, 1993). En el futuro, todo parece indicar que se seguirá estimulando el uso de la LB porque cada vez se registran menos plaguicidas nuevos, las plagas siguen desarrollando resistencia a éstos y en todos los países desarrollados se quiere reducir el uso de la lucha química por los numerosos problemas ocasionados.

FUNDAMENTO ECOLÓGICO DE LA LB

La LB tiene un fundamento ecológico en el que hay implicados tres factores: la población-comunidad, el equilibrio natural y el control natural (DeBach y Rosen, 1991; Bellows y Fisher, 1999). En la naturaleza, todas las especies existen como grupos de individuos que viven y se reproducen en una zona (población), donde conviven con otras especies, formando una comunidad. Las poblaciones de las plagas pueden sufrir variaciones de tamaño a corto plazo (por condiciones ambientales, enemigos, etc.) y tienen una estructura de edades que hace que en cierto momento,

haya sólo un estado de desarrollo o varios, dependiendo de la especie. El conocimiento de estos factores es fundamental para poder sincronizar plaga y enemigo. A largo plazo, sin embargo, la densidad de la población de una especie oscila en torno a un punto de equilibrio relativamente estable, y así hablamos de especies abundantes y raras. A este punto de equilibrio, se llega por la actuación del control natural, que regula la densidad de población de los organismos mediante la intervención de factores abióticos y bióticos, unos independientes de la densidad (clima, factores físicos o calidad del alimento), y otros dependientes de la misma (espacio, cantidad de alimento y enemigos naturales).

El uso de enemigos naturales por el hombre, se puede entender por tanto, como un paso del control natural, porque al introducir un enemigo de una plaga en el agroecosistema, la densidad de ésta bajará por debajo del umbral económico de daños (densidad de la plaga a partir de la cual hay pérdidas económicas en el cultivo y punto en el que se igualan el coste de las medidas de control con el aumento de rendimiento del cultivo (Stern, 1973)).

AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO

Hay dos tipos de enemigos naturales artrópodos, depredadores y parasitoides, aunque a veces es difícil decir dónde acaba un tipo de vida y comienza el otro (Van Driesche y Bellows, 1996). A grandes rasgos, se considera que los depredadores son especies cazadoras que necesitan consumir varios individuos de sus presas. Por ejemplo, las larvas de sírfidos (dípteros) se alimentan de pulgones, mientras que sus adultos, parecidos a las avispas, son florícolas; los adultos de algunas hormigas son activos cazadores; las larvas de crisopas (neurópteros) son muy frecuentes en todo tipo de ecosistemas y se alimentan vorazmente de pulgones; adultos y larvas de mariquitas (coleópteros) son depredadoras de pulgones, cochinillas o ácaros, según la especie (Jervis y Kidd, 1996).

Los parasitoides consumen una sola presa para su desarrollo que es otro artrópodo de talla semejante (si es un vertebrado hablamos de parásitos), este consumo se realiza sólo durante su fase juvenil (larvas si son insectos) porque los adultos son de vida libre y el huésped muere finalmente. La mayoría de los parasitoides son himenópteros, como por ejemplo *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae), pequeña avispa que se desarrolla sobre la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), pero también hay buen número de taquíñidos (moscas de talla algo superior a la doméstica) y, en menor cuantía, especies de otros órdenes de insectos o ácaros. Algunas especies de enemigos naturales importantes en España, se dan en el cuadro 1.

CUADRO 1. Algunas especies de enemigos importantes en España y sus huéspedes plaga

DEPREDADORES	
➤ HETEROPTERA; Anthocoridae	
<i>Anthocoris spp</i> s/ Psyllidae	<i>Orius spp.</i> s/Thysanoptera
➤ HETEROPTERA; Miridae	
<i>Macrolophus caliginosus</i> s/Aleyrodidae	<i>Diciphus tamaninii</i> s/Aleyrodidae
➤ DIPTERA; Cecidomyiidae	
<i>Aphidoletes aphidimiza</i> s/Aphidoidea	
➤ DIPTERA; Syrphidae	
Syrphidae s/ Aphidoidea	
➤ COLEOPTERA; Coccinellidae	
<i>Chilocorus bipustulatus</i> s/ Coccoidea	<i>Coccinella septempunctata</i> s/Aphidoidea
<i>Rodolia cardinalis</i> s/Icerya purchasi	
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> s/Planococcus citri	
➤ NEUROPTERA; Chrysopidae	
<i>Chrysoperla carnea</i> s/Aphidoidea	
➤ NEUROPTERA; Coniopterygidae	
<i>Conwentzia psociformis</i> s/Acari	
➤ ACARI; Phytoseiidae	
<i>Amblyseius spp</i> s/Tetranychus urticae	<i>Phytoseiulus persimilis</i> s/T.urticae
HYMENOPTERA PARASITOIDES	
ICHNEUMONOIDEA	
➤ Ichneumonidae	
<i>Hyposoter didymator</i> s/ Noctuidae	
➤ Braconidae	
<i>Cotesia glomerata</i> s/Pieris spp.	<i>Dacnusa sibirica</i> s/Agromyzidae
<i>Psytalia (=Opius) concolor</i> s/Bactrocera oleae	
➤ Aphidiidae	
<i>Aphidius spp</i> s/ pulgones	
CHALCIDOIDEA	
➤ Aphelinidae	
<i>Aphelinus mali</i> s/Eriosoma lanigerum	<i>Encarsia formosa</i> s/T.vaporariorum
<i>Aphytis spp.</i> s/Coccoidea	<i>Eretmocerus mundus</i> s/Bemisia tabaci
<i>Cales noacki</i> s/A. floccosus	
➤ Eulophidae	
<i>Diglyphus isaea</i> s/Agromyzidae	
➤ Encyrtidae	
<i>Leptomastix dactylopii</i> s/Coccoidea	

Características deseables de los enemigos naturales para su uso en LB

Para aplicar la LB con éxito, hay unos requisitos previos imprescindibles que hay que conocer de los enemigos naturales: sus características biológicas (forma de reproducción, ciclos de vida, necesidades alimenticias, formas de romper la diapausa (parada de desarrollo con base genética, inducida en general por los días cortos en nuestras latitudes), relaciones parasitoide-huésped/huésped-planta); su sistemática y biosistemática (especies próximas, biotipos) y su biología (gama de huéspedes, costumbres, feromonas, etc.).

Idealmente, los enemigos naturales deben presentar como características deseables: elevada capacidad búsqueda, alta capacidad reproductora, alta especificidad, buena adaptación ambiental, alta capacidad de dispersión, estar libre de enemigos y tener una fácil cría masiva que nos permita disponer de grandes cantidades de ellos en los momentos precisos. En el esquema de la figura 1, se representa la secuencia de pasos por la que un parasitoide encuentra, reconoce y se desarrolla sobre su huésped.

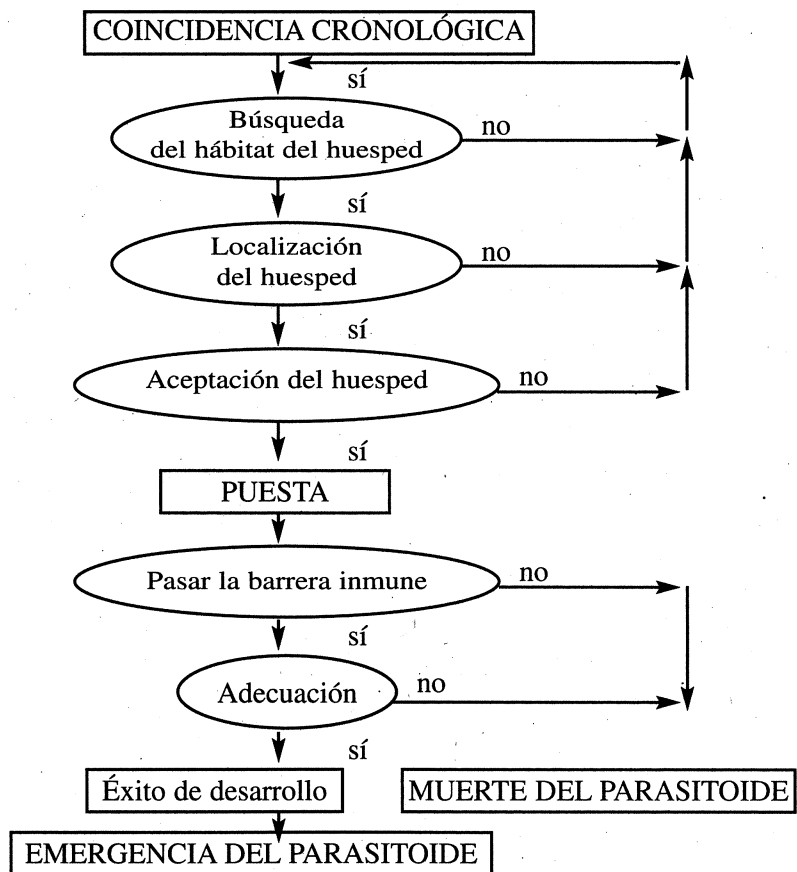


FIGURA 1: Secuencia de pasos en la búsqueda del huésped por un parasitoide

¿CÓMO USAMOS LOS ENEMIGOS NATURALES EN LA LB?

Hay fundamentalmente cuatro grandes métodos de control biológico, que tienen denominaciones diferentes según los distintos autores (cuadro 2) y que Eilenberg *et al.* (2001) en un intento de unificar la terminología denominan: conservación; control clásico; control inundativo y control inoculativo, términos aplicables tanto a la LB como a la LMB.

CUADRO 2. Equivalencias entre las denominaciones de los distintos tipos de LB

Van Lenteren (1993)	Flint y Dreistadt (1998)	Eilenberg <i>et al.</i> (2001)
Conservación	Conservación y aumento	Conservación
Inoculativo o Control Clásico	Importación o Control Clásico	Control Biológico Clásico
Inoculativo estacional	Aumento (Inoculativo e Inundativo)	Control Biológico Inoculativo
Inundativo	Control	Biológico Inundativo

En la conservación, se hace el ambiente del cultivo más favorable a los enemigos naturales presentes, dándoles refugios, alimento alternativo, etc. (Ejemplos: *Anthocoris nemoralis* (F.) (Heteroptera: Anthocoridae) y *Cacopsylla pyri* (L.) (Homoptera: Psyllidae) en peral). En los otros tres tipos de control biológico se introducen enemigos en los cultivos y una lista de los usados en Europa la proporciona la Organización Europea y Mediterránea para la Protección de las Plantas (EPPO, 2002). En el control clásico se importan enemigos exóticos del lugar de origen de la plaga, para tener un control permanente a largo plazo (ejemplo, *R. cardinalis* e *I. purchasi* en cítricos). En el control inundativo, se hacen introducciones repetidas de cantidades elevadas del enemigo para un control suficiente de la plaga (ejemplo, *Trichogramma* y taladros del maíz). En el control inoculativo, se introduce el enemigo en cantidades más bajas, esperando que se multiplique en el cultivo y dé un control de la plaga durante un largo período, aunque no de forma permanente (ejemplo, *E. formosa* y *T. vaporariorum* en los invernaderos). Las características deseables de los enemigos son diferentes según el tipo de LB (cuadro 3) (Van Lenteren, 1993).

CUADRO 3. Características deseables de los enemigos naturales según su uso

Características del enemigo natural	LB clásica	LB inoculativa	LB inundativa
Sincronización estacional con huésped	+	-	-
Sincronización interna con huésped	+	+	-
Adaptación climática	+	+	+
Sin efectos negativos	+	+	+
Facilidad de cría masiva	-	+	+
Especificidad de huésped	+	-	-
Alto potencial reproductor	+	+	-
Buena respuesta densidad dependiente	+	+	+/-

+ = importante - = no importante

IMPORTANCIA DE LA LB DENTRO DE LAS TÉCNICAS DE CONTROL

Dentro de las herramientas de MIP, hoy en día y a escala mundial, se pone énfasis especialmente en el uso conjunto de enemigos naturales y plaguicidas selectivos (Minks *et al.*, 1998), porque reconocemos la gran importancia de estos eficaces aliados. Los enemigos naturales, aunque en general hay pocos ejemplos en los que controlen por sí solos una especie plaga (ejemplo: la mariquita *R. cardinalis* y la cochinilla acanalada *I. purchasi* o el himenóptero *Cales noacki* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) y la mosca blanca de los cítricos *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae), ayudan a disminuir las densidades de población de muchas plagas y a mantenerlas a niveles notablemente más bajos de los que alcanzarían en su ausencia, reportándonos por tanto un gran beneficio al hacer posible una reducción en el número de intervenciones a efectuar con otras técnicas de control, químicas o no (Pedigo, 1991).

Aunque es difícil cuantificar en términos monetarios las pérdidas de las plagas y la acción favorable de los enemigos (Pimentel y Greiner, 1997), los efectos nocivos de la eliminación de éstos es clara. Si no actúan, hay mayor ataque de plagas, y esto se traduce en mayores daños al cultivo y mayor aplicación de plaguicidas para poder producir económicamente.

Por otro lado, cuando se interfiere con la LB, como por ejemplo con el uso de plaguicidas de amplio espectro, puede haber una resurgencia de ciertas plagas o una explosión de las secundarias (ejemplo: ácaros tetraníquidos o minadoras de hojas), y la importancia de ambas se puede disminuir simplemente, con un manejo adecuado de los plaguicidas que respete sus enemigos naturales presentes en los cultivos.

Somos conscientes, sin embargo, de que los plaguicidas van a seguir jugando un papel predominante en este siglo en la protección de cultivos debido a nuestra incapacidad de poder controlar de manera satisfactoria con otras técnicas, algunas de las plagas llaves que amenazan la producción económica de nuestros cultivos (ejemplo: la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (Wied.)). Por lo tanto, en principio, no parece posible pensar que se pueda llegar a prescindir de los plaguicidas a corto plazo en el control de plagas, pero lo que sí tenemos que hacer es mejorar su uso con la finalidad de conseguir el máximo respeto por el medio ambiente, e intentar minimizar así los gravísimos problemas ocasionados desde que se intensificó el uso de productos de síntesis en los años cuarenta: desarrollo de resistencias, contaminación de aguas y suelos, residuos en cosechas, eliminación de enemigos naturales y polinizadores, toxicidad en los aplicadores, etc. (Pimentel y Greiner, 1997).

PROBLEMAS DEL USO DE PLAGUICIDAS JUNTO CON LA LB

El uso conjunto de enemigos naturales y plaguicidas tiene un problema: los tratamientos fitosanitarios suelen afectar más a los enemigos que a las plagas porque la forma más corriente en que se contaminan aquéllos en la naturaleza es entrando en contacto con residuos (Croft, 1990), y los enemigos en general suelen ser de talla más pequeña que las plagas (ofrecen comparativamente una mayor superficie de contacto en relación a su volumen), son más móviles, son muy dependientes de sus huéspedes pudiendo morir en ausencia de densidad suficiente de éstos, y tienen unos sistemas enzimáticos más pobres. Por tanto, una premisa previa e imprescindible para su uso conjunto es estudiar los efectos que los plaguicidas les causan, para poder seleccionar aquellos que sean selectivos.

Los plaguicidas pueden matar a los enemigos directa o indirectamente. Directamente, porque se contaminan con los residuos que hay sobre la planta, pero también porque entran en contacto con gotas durante el tratamiento, o porque ingieren líquidos o sustancias azucaradas contaminadas, y el efecto del plaguicida sobre el enemigo puede ser agudo (mortalidad), que es fácilmente observable, o subletal que son cambios a largo plazo en la esperanza de vida, fisiología o comportamiento, más difíciles de observar pero igualmente importantes. Indirectamente, un plaguicida puede afectar al enemigo a través de la cadena trófica (los depredadores pueden ingerir presas contaminadas y los parasitoides pueden parasitar huéspedes contaminados), o porque reduzcan demasiado las poblaciones del huésped plaga y los enemigos se ven incapaces de actuar.

Así, y con la finalidad de respetar los enemigos naturales, la Unión Europea estableció por vez primera en su directiva 91/414/CEE (DOCE, 1991), la obligatoriedad de hacer estudios ecotoxicológicos previo al registro de plaguicidas en los países miembros, iniciativa pionera en el mundo. La OILB, por otra parte, tiene desde 1974 un grupo de trabajo denominado Plaguicidas y Organismos Beneficiosos, que tiene

por objetivo dar apoyo a las actividades de MIP, mediante la identificación y uso correcto de plaguicidas que sean compatibles con los enemigos naturales, trabajando activamente en la normalización de métodos de medida basados en la exposición de los enemigos a residuos, y habiendo publicado abundantes datos sobre los efectos de gran número de plaguicidas en numerosos enemigos de interés, en los que se ha puesto de manifiesto la diferente susceptibilidad de los distintos estados de desarrollo del enemigo (ver por ejemplo la revisión de Viñuela *et al.*, 2002).

Para reducir el impacto negativo de los plaguicidas en los enemigos, tenemos pues que modificar su uso, o bien disminuyéndolo mediante el empleo de umbrales de tratamiento y el uso de aquellas técnicas de protección a nuestra disposición que no sea la lucha química; o bien mejorándolo. Para mejorarlo, podemos tratar de bajar el riesgo que el plaguicida supone para el enemigo, usando plaguicidas selectivos fisiológicamente (productos intrínsecamente selectivos con DL₅₀ elevadas) o reduciendo la dosis aplicada (ejemplo: menor número de tratamientos; tratar solo el estado más sensible del fitófago). Otra posibilidad es disminuir la exposición del enemigo trabajando con la selectividad ecológica del plaguicida, evitando la coincidencia espacial entre ambos (ejemplo: formulaciones selectivas; aplicaciones localizadas), o la temporal (ejemplo: plaguicidas poco persistentes) (Croft, 1990).

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA LB

La LB presenta una serie de ventajas como: persistencia (si logramos establecer el enemigo); no es contaminante (no hay residuos); rapidez (si el enemigo es bueno, el efecto se ve rápido); no estimula el desarrollo de resistencia; no altera la categoría de las plagas; tener un coste de desarrollo no elevado; o crea las condiciones favorables para el uso de polinizadores en algunos cultivos hortícolas importantes. Una comparación de algunas características de la LB y la lucha química se dan en el cuadro 4 (Van Lenteren, 1993).

CUADRO 4. Características de la LB y la lucha química

	LUCHA BIOLÓGICA	LUCHA QUÍMICA
Nº ensayado	5.500	>1 millón
Tasa éxito	1: 20	1: 30.000
Coste desarrollo	2 millones \$ (1986)	100 millones \$ (1986)
Tiempo desarrollo	10 años	10 años
Beneficio/inversión	30	2,5-5
Riesgo de resistencia	nulo-pequeño	grande
Especificidad	grande	pequeña
Efectos secundarios	nulos-pocos	muchos

La LB tiene, sin embargo, también alguna desventaja y algún efecto indeseable. Entre las desventajas podemos citar: efecto a largo plazo (el agricultor los quiere más inmediatos); no siempre tiene éxito (la densidad de equilibrio que alcanza la plaga es insuficiente para producir económicamente); no siempre es aplicable (no hay enemigo eficaz) y la densidad de plaga para que el enemigo actúe, no debe ser ni muy baja ni demasiado alta. Entre los efectos indeseables de la LB, hay muy pocos ejemplos en el control de artrópodos, pero puede darse un desplazamiento de especies nativas de entomófagos; un efecto perjudicial sobre entomófagos nativos al consumir los enemigos introducidos sus presas; o una baja eficacia de la técnica si el enemigo generalista se alimenta de presas no diana (Wajnberg *et al.*, 2001).

Sin embargo, las ventajas de esta estrategia de control superan con creces a los pequeños inconvenientes, por lo que es un método de control de plagas muy popular hoy en día, siendo su uso más corriente en coordinación con otras técnicas respetuosas con el medio ambiente, ya que suelen coexistir en los cultivos en tiempo y espacio, diferentes problemas de plagas, patógenos o malas hierbas, para los cuales no siempre disponemos de un agente de control biológico eficaz.

En el éxito de la LB, el agricultor juega un papel fundamental, puesto que es él quien tiene que aplicarla a sus cultivos. Por ello es necesario que tenga buenos conocimientos del concepto de LB y los mecanismos implicados, sepa reconocer a los enemigos presentes en sus cultivos, conozca su biología-ecología y las técnicas de muestreo de ellos, ya que todo esto le ayudará a tomar la decisión correcta de manejo del cultivo. Por otra parte, y con la finalidad de mejorar su formación, es deseable que los servicios oficiales de Sanidad Vegetal le den apoyo mediante cursos de formación o la ayuda de técnicos especializados.

LEGISLACIÓN SOBRE LB

Para que todas las personas implicadas en el control de plagas confíen en la LB, su eficacia sea la esperada y se prevengan efectos indeseables como desequilibrios en los ecosistemas, hay mucho por hacer en lo referente a la legislación de esta estrategia de control en aspectos tales como: registro de parasitoides y depredadores, importación y liberación de especies no autóctonas y calidad de los enemigos naturales comercializados.

La UE no tiene aún un registro de agentes de control biológico (sí existe en algún país europeo), pero es necesario que se establezca, ya que ayudará a la puesta en práctica de esta estrategia.

La importación y liberación de especies de enemigos naturales no autóctonos para el control biológico clásico tampoco está legislada más que en ciertos países europeos. En España debe ser autorizada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y

Alimentación, previo informe del Ministerio del Medio Ambiente (Anónimo, 2002) y su reglamentación sigue el código de conducta de la FAO (1996) y los protocolos de la EPPO para la introducción (EPPO, 1999) y liberación (EPPO, 2000) de enemigos naturales. La necesidad de una regulación a escala europea es clara, porque armonizará regulaciones entre países, fijará responsabilidades, evitará efectos indeseables y establecerá protocolos normalizados a seguir por las organizaciones públicas y privadas. Entre los datos a requerir estarían: test de eficacia del enemigo con la especie plaga problema; estimación de efectos ambientales; base de datos con distribución geográfica, posibles huéspedes y posible influencia en el ecosistema (FAO, 1996; Van Lenteren, 2003).

El uso comercial de los enemigos naturales (inundativo o inoculativo) no empezó en Europa hasta 1968 con los ácaros fitoseidos, pero se ha extendido notablemente en la actualidad, en especial en los invernaderos, demandando una regulación. La introducción de enemigos naturales en España, por parte de las casas comerciales multinacionales no está regulada, así que en sus catálogos encontramos con frecuencia especies que no están presentes de forma natural en nuestro país. Por otro lado, hay una necesidad de garantizar la calidad de los enemigos a los consumidores, y la industria del biocontrol, con la finalidad de asegurar la confianza de los clientes, quiere desarrollar un certificado de calidad, que incluya criterios definidos por el grupo de trabajo de la OILB Control de Calidad de Artrópodos Criados Masivamente, como número de enemigos vivos, proporción sexual, fecundidad, tasa de depredación, talla, capacidad de vuelo o comportamiento en campo (Van Lenteren, 1996, 2003).

BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB

- ANÓNIMO (2002). Ley 43/2002 de 20 de noviembre, de sanidad vegetal. *BOE 21-XI-2002*.
- BELLOWS, T. S. y FISHER, T. W. (eds). (1999). *Handbook of biological control*. Academic Press. San Diego (EE UU), 1046 pp.
- BOLLER, E. F.; EL TITI, A.; GENDRIER, J. P.; AVILLA, J.; JÖRG, E. Y MALAVOLTA, C. (1999). *Integrated production. Principles and technical guidelines*. 2nd ed. *IOBC wprs Bulletin*, 22, 37.
- CROFT, B. A. (1990). *Arthropod biological control agents and pesticides*. John Wiley and Sons. New York (EE UU). 723 pp.
- DAVIES, R. G. (1991). *Introducción a la entomología*. Mundi Prensa. Madrid, 449 pp.

- DEBACH, P. y ROSEN, D. (1991). *Biological control by natural enemies*. 2nd ed. Cambridge University Press. Cambridge (Reino Unido), 440 pp.
- DOCE, (1991). Directiva 91/414/EEC relativa a la comercialización de productos fitosanitarios. *Diario oficial de las comunidades europeas* (15-7-91), L230: 1-32.
- EBBELS, D. L. (2003). *Principles of plant health and quarantine*. CABI Publishing. Oxon. (Reino Unido), 302 pp.
- EILENBERG, J.; HAJEK, A. y LOMER, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol*, 46: 387-400.
- EPP0 (1999). *Eppo standards. Safe use of biological control. First import of exotic biological control agents for research under contained conditions*. <http://www.eppo.org/Standards/bio.html>
- EPP0 (2000). *Eppo standards: Safe use of biological control. Import and release of exotic biological control agents*. <http://www.eppo.org/Standards/bio.html>
- EPP0 (2002). *Lists list of biological control agents widely used in the Eppo region*. http://www.eppo.org/QUARANTINE/biocontrol/bio_list.html
- FAO (1996). *Código de conducta para la importación y liberación de agentes exóticos de control biológico*. <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGP/PQ/Dwfault.htm>
- FLINT, M. L. y DREISTADT, S. T. (1998). *Natural enemies handbook. The illustrated guide to biological pest control*. University of California Press. Berkely (EEUU), 154 pp.
- HOKKANEN, H. y LYNCH, J. M. (eds.) (1995). *Biological Control. Benefits and Risks*. Cambridge University Press. Cambridge (Reino Unido), 304 pp.
- JACAS, J. (2002). La introducción de enemigos naturales exóticos para control biológico: ¿un riesgo controlado? *Phytoma España*, 144: 128-132.
- JERVIS M. y KIDD, N. (1996). *Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation*. Chapman and Hall. London (Reino Unido), 491 pp.
- KOGAN, M. (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43: 243-270.
- MAPA (2002). Real decreto 1201/2002 de 20 de noviembre por el que se regula la producción integrada de productos agrícolas. *BOE 30-XI-2002*.
- MINKS, A. K.; BLOMMERS, L. H. M.; RAMAKERS, P. M. J. y THEUNISSEN, J. (1998). Fifty years of biological and integrated control in Western Europe: accomplishments and future prospects. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 63/2a: 165-181.

- NARANG, S. K.; BARTLETT, A. C. y FAUST, R. M. (1994). *Applications of genetics to arthropods of biological control significance*. CRC Press. Boca Ratón (EEUU), 198 pp.
- PEDIGO, L. P. (1991). *Entomology and pest management*. McMillan. New York. (EEUU), 646 pp.
- PIMENTEL, D. (2002). *Biological invasions. Economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species*. CRC Press. Boca Ratón (EEUU).
- PIMENTEL, D. y GREINER, A. (1997). Environmental and socio-economic cost of pesticide use. En: *Techniques for reducing pesticide use. Economic and environmental benefits*, ed. PIMENTEL, D. 51-78 pp. Wiley and Sons. Chichester (Reino Unido).
- STERN, V. N., (1973). Economic thresholds. *Annual Review of Entomology*, 18: 259-280.
- VAN LENTEREN, J. C. (1993). Biological control of pests. En: *Modern crop protection: developments and perspectives*, ed. ZADOKS, J. C. 179-187 pp. Wageningen Pres. Wageningen (Holanda).
- VAN LENTEREN, J. C. (1996). Quality control tests for natural enemies used in greenhouse biological control. *IOBC/wprs Bulletin*, 19(1): 79-82.
- VAN LENTEREN, J. C. (2003). Need for quality control of mass-produced biological control agents. En: *Quality control and production of biological control agents. Theory and testing procedures*: ed. VAN LENTEREN, J.C. 1-19 pp. CABI Publishing. Oxon (Reino Unido).
- VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P. S. y GUTIERREZ, A. P. (1982). *An introduction to biological control*. Plenum Press. Alesbury (EEUU), 247 pp.
- VAN DRIESCHE, R. G. y BELLOWS JR., T. S. (1996). *Biological control*. Chapman and Hall. New York. (EEUU), 539 pp.
- VIÑUELA, E.; GONZÁLEZ, M.; VOGT, H. y JACAS, J. (2002). Efectos secundarios de los plaguicidas en los enemigos naturales. Necesidad de su estudio para la autorización de productos en Producción Integrada y otros modernos sistemas productivos. *Phytoma España*. Primera parte, 133: 21-25. Segunda parte, 136: 26-33. Tercera parte, 137: 22-32.
- VIÑUELA E. y JACAS, J. (1993). *Los enemigos naturales de las plagas y los plaguicidas*. Hojas Divulgadoras 2/93. MAPA, Madrid. España, 24 pp.
- WAINBERG, E.; SCOTT, J. K. y QUIMBY, P. C. (2001). *Evaluating indirect ecological effects of biological control*. CABI. (Reino Unido), 261 pp.

WIJNANDS, F. G. y KROONEN-BACKBIER, B M A. (1993). Management of farming systems to reduce pesticide inputs: the integrated approach. En: *Modern crop protection: developments and perspectives*, ed. ZADOKS, J. C., 227-234 pp. Wageningen Press. Wageningen (Holanda).

CONTROL BIOLÒGIC: DEL CONTROL CLÀSSIC A LA CONSERVACIÓ

RAMON ALBAJES

Àrea de Protecció de Conreus, Centre UdL-IRTA, Universitat de Lleida,
Rovira Roure 191, 25198 - Lleida
ramon.albajes@irta.es

Aquestes línies van ser exposades com una lliçó dintre del curs de «Control biològic de plagues, malalties i males herbes i la sostenibilitat de l'agricultura mediterrània» organitzat per la Universitat Jaume I. He conservat l'estructura i contingut de la presentació per tal de mantenir l'objectiu docent que originalment se'm va assenyalar. He pretès donar la prioritat a l'exposició de conceptes més que a receptes de manual pràctic. Així doncs, els exemples descrits tracten d'il·lustrar les explicacions més que d'ensenyar a procedir en situacions concretes. Això darrer queda fora de l'abast d'aquest capítol, que és introductor del volum, i de ben segur el lector ho trobarà en els capítols dedicats al control biològic en conreus concrets. Tampoc he pretès fer un llistat de referències bibliogràfiques del tema ans he seleccionat els documents que poden abastar els grans temes abordats en aquest capítol. Tot i que tots plegats hem fet un esforç per a evitar repeticions d'un capítol a l'altre, probablement n'hi queden; tal vegada no és dolent que així sigui. Al cap i a la fi tothom diu que cal evitar de ser dogmàtics en l'aplicació del control biològic i això ens permet ser diversos en les aproximacions al tema.

INTRODUCCIÓ: LES BASES ECOLÒGIQUES DEL CONTROL BIOLÒGIC

L'agricultura opera sobre un ecosistema relativament simplificat on hi reduïm dràsticament el nombre d'espècies productores per a deixar-n'hi habitualment una de sola, la planta cultivada (figura 1). Fruit d'aquesta simplificació, els esglaons següents contenen un nombre d'espècies també molt reduït que pot consistir en unes desenes d'herbívors, patògens i sapròfags com a consumidors primaris, alguns parasitoides, depredadors i entomopatògens com a consumidors secundaris i etcètera. L'agricultura pretén magnificar la productivitat d'una sola espècie, la conreada o,

per a ser més exactes, una part d'aquesta planta, que és la que s'aprofita. Això mira d'aconseguir-ho tot augmentant la fixació de l'energia solar per la planta i la seva conversió en biomassa; ha estat el principal objectiu de l'anomenada revolució verda que ha permès augmentar espectacularment els rendiments agrícoles en la segona meitat del segle xx i que, malgrat les crítiques que se li poden fer, ha mitigat en part la fam en el món.

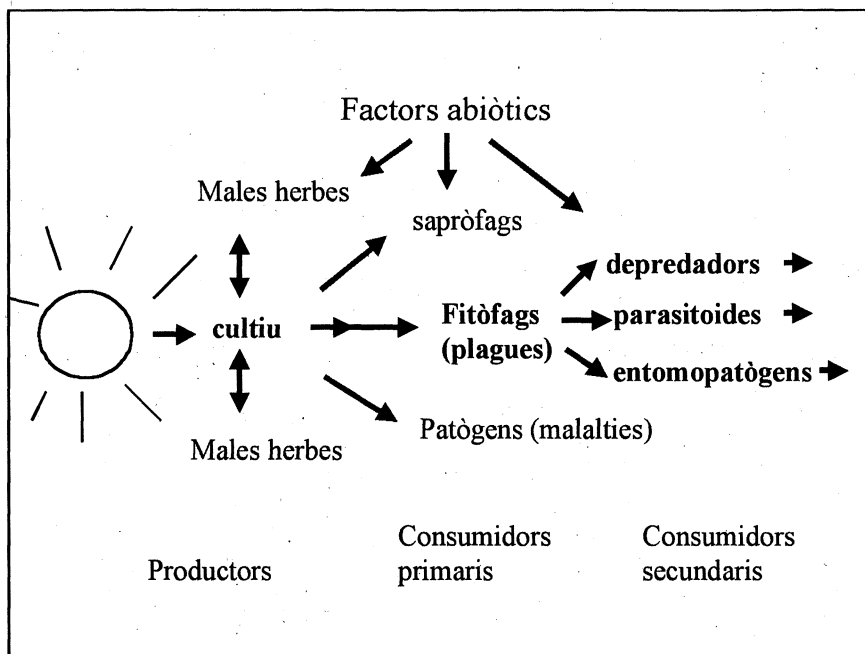


FIGURA 1. Esquema dels components i relacions tròfiques en un agroecosistema on els components directament implicats en el control de plagues hi són destacats

Hom s'adonà aviat, tanmateix, que aquest únic objectiu de la innovació en l'agricultura conduïa a un atzucac; valgui per a il·lustrar-ho aquella afirmació de Pimentel que en la segona part del segle xx les pèrdues degudes a plagues es doblà malgrat que l'ús de pesticides es multiplicà per 10. És evident que aquesta tendència és insostenible. Hom s'adonà aleshores que calia optimitzar tot un sistema de components i relacions més que focalitzar l'estratègia en un sol punt. L'observació, de nou, de la figura 1 ens permet deduir que optimitzar la producció no solament s'aconsegueix augmentant la fletxa d'entrada sinó també disminuint-hi les fletxes de sortida mitjançant la reducció de l'accés, per exemple, dels herbívors a la planta cultivada o, també, disminuir la densitat de les plagues afa-

vorint els consumidors secundaris corresponents. La figura 2 il·lustra aquest darrer mecanisme.

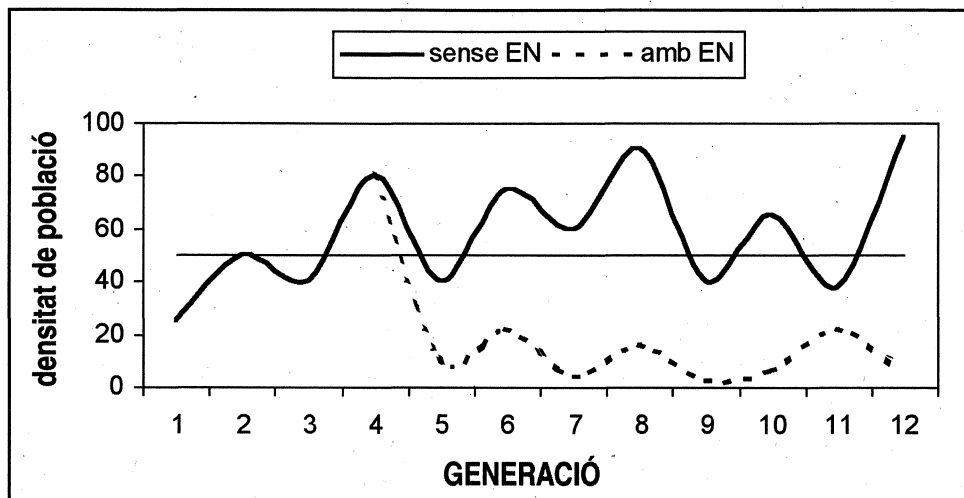


FIGURA 2. Disminució de la densitat d'una plaga en un cultiu per l'acció d'un enemic natural (EN) que s'hi ha introduït o s'hi ha permès la seva activitat. La línia horitzontal representa un llindar hipotètic de danys

Hom sap que els enemics naturals constitueixen un factor de regulació natural de primera magnitud, gràcies al qual només uns pocs fitòfags dels que podríem inventariar en un agroecosistema arriben a densitats perjudicials per als cultius. El control biològic pretén manipular aquest mecanisme de regulació per tal de reduir la densitat de les plagues. Això ho aconsegueix mitjançant tècniques diverses que podem agrupar en tres tipus: per inoculació, per inundació i per conservació i augmentació.

CONTROL BIOLÒGIC PER INOCULACIÓ

També se l'anomena control biològic clàssic ja que fou la tècnica imperant en els inicis del control biològic modern. Consisteix en la introducció en un cultiu o en una zona de cultiu d'una espècie d'enemic natural exòtic per tal de controlar una plaga també exòtica. La quantitat d'enemic natural introduït és habitualment poca i s'espera que s'instal·li a la zona, es reproduïxi i al cap d'unes quantes generacions arribi a controlar la plaga. De vegades, la instal·lació i supervivència del nou enemic natural només es perllonga durant la vida del conreu i cal reinocular-lo amb un nou

conreu. D'aquesta modalitat de control biològic se n'ha dit control biològic per inoculació estacional per a indicar que cal inocular l'enemic natural de manera periòdica. Una altra variant del control biològic clàssic és el neoclàssic en el qual l'enemic natural exòtic, que s'introdueix en un cultiu, va dirigit al control d'una espècie indígena.

La importació de la marieta *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), procedent d' Austràlia, per al control de la cotxinilla *Icerya purchasi* Maskell (Homoptera: Margarodidae) en els cítrics de Califòrnia en la segona meitat del segle XIX sol citar-se com l'inici del control biològic modern. El procediment que aleshores se seguí, amb les millores que posteriorment s'hi ha introduït, està relativament estandarditzat actualment per al control biològic per inoculació i es pot resumir en les cinc etapes següents (Van Driesche i Bellows, 1998): (1) exploració i recol·lecció d'enemics naturals, (2) enviament dels enemics naturals recol·lectats, (3) processament del material en quarantena, (4) comprovació de la seguretat i (5) alliberament en camp i avaluacions inicials. Pot consultar-se la font bibliogràfica assenyalada o una altra de similar per a comprovar que aquestes cinc etapes consisteixen en autèntics programes que precisen d'una infraestructura *in situ* i també internacional, personal format i finançament que no es poden improvisar i que només estan a disposició actualment d'uns pocs països.

Al llarg de la història, els programes de control biològic clàssic han representat èxits espectaculars per bé que també fracassos evidents en la seva aplicació i en qualsevol cas s'han d'anotar al seu haver alguns beneficis indirectes inqüestionables (DeBach i Rosen, 1991). Han demostrat repetidament que és una metodologia aplicable a la pràctica per al control de plagues, han obligat a estendre l'interès, l'estudi i l'aplicació del control biològic arreu del món a partir de les bases logístiques disseminades per a les expedicions de recerca i recol·lecció d'enemics naturals, i també han impulsat els estudis teòrics de les relacions presa-depredador –que constitueixen la base científica del control biològic– i en d'altres àmbits del coneixement com l'ecologia i taxonomia d'insectes.

Entre molts dels aspectes del control biològic que han suscitat l'interès i el debat dels ecòlegs hi ha l'establiment de l'enemic natural exòtic en la nova zona on tractem de controlar la nova plaga. L'èxit en l'establiment és el que habitualment persegüim i per tant els factors que hi són implicats han estat estudiats a bastament. Tanmateix, avui es reconeix que de vegades l'establiment és un risc per a la fauna autòctona i el control biològic clàssic –i en particular el neoclàssic– pot ser inacceptable. No es tracta aquí de dedicar-hi un espai significatiu, però sí d'esmentar alguns temes a fi de que el lector hi reconegui aspectes del debat modern de l'ecologia i genètica de poblacions i també de l'aplicació del control biològic per inoculació (quadre 1).

QUADRE 1. Alguns temes que el desenvolupament del control biològic per inoculació ha suscitat i que són objecte de debat i d'estudi en l'ecologia i genètica de poblacions.

Les poblacions d'enemics naturals no són homogènies en la seva constitució genètica –com no ho són les espècies en general– i per tant els *diferents biotipus* poden tenir una eficàcia diferent en el control biològic segons la zona geogràfica, presa/hosts a controlar, cultiu a tractar, etcètera. El marcat i reconeixement d'aquests biotipus pot tenir interès per a la comercialització dels enemics naturals en el control per inoculació estacional.

Les importacions dels enemics naturals poden arrossegar els seus depredadors i parasitoides (*hiperparasitoides*) que, en general, poden comprometre l'eficàcia del control o interferir amb els enemics naturals autòctons.

L'estabilitat dels hàbitats on els enemics naturals importats han d'actuar pot tenir la seva importància i tot i que s'ha dit que els hàbitats més perennes –llenyosos, conreus herbacis plurianuals, boscos, prats, etc.– són més propicis per al control biològic hi ha exemples que en d'altres hàbitats més efímers també el control biològic s'hi ha aplicat amb èxit.

El nou enemic natural pot competir –tant de forma passiva com activa– amb les *espècies indígenes i desplaçar-les*. Aquest es un tema que ha generat un gran debat en la darrera dècada que ha obligat als governs a legislar sobre el comerç i utilització d'enemics naturals exòtics. Hi dediquem a aquest tema una mica més d'espai paràgrafs més avall.

L'adaptabilitat dels enemics naturals a nous hàbitats o a hàbitats canviants depèn de la *riquesa genètica* –polimorfisme– de les poblacions inicialment introduïdes. Sovint les importacions són d'un nombre reduït d'individus i la descendència instal·lada serà excessivament homogènia.

Ja hem esmentat que els riscos del control biològic per inoculació d'enemics naturals exòtics estan essent objecte de gran debat i han obligat a legislar el seu comerç i ús (Follett i Duan, 2000). De bon començament fou l'extinció d'espècies indígenes el principal risc apuntat tot i que amb prou feines es pot documentar seriosament cap exemple (Howarth, 1991). Això implicaria que es coneixen la distribució i densitats habituals de les espècies de la fauna autòctona i aquests valors es mesuren després de la introducció de la/es nova/es espècie/s d'enemic natural, no solament en els punts d'alliberament ans en una àrea suficientment àmplia. Tanmateix, aquesta manca d'estudis detallats no nega l'existència de riscos d'extinció d'espècies indígenes. Posteriorment, els riscos se centraren en l'impacte sobre funcions ecològiques determinades més que en el catàleg d'espècies i en les relacions en els ecosistemes afectats. En aquesta darrera aproximació s'hi incloïen lògicament els insectes fitòfags. Fruit d'aquestes inquietuds han estat les iniciatives reguladores europees (veure capítol 12 d'aquest llibre).

Hom ha especulat força sobre quins atributs dels enemics naturals els feia més perillosos per a la fauna autòctona a l'hora de plantejar el seu alliberament en control bio-

lògic clàssic. D'entre ells la polifàgia ha estat probablement el més assenyalat basant-se en el fet de que com més polífag és un depredador (els parasitoides no ho són tant, en general) més probabilitat té d'alimentar-se sobre determinats enemics naturals indígenes. Val a dir, tanmateix, que els depredadors generalistes rarament són capaços de reduir molt les densitats de les seves preses i per tant de portar-les a l'extinció.

Hi ha força exemples de control biològic per inoculació a Europa. En el quadre 2 se n' citen alguns de propers. Malgrat els inconvenients que té, el control biològic per inoculació pot ser una manera d'iniciar l'aplicació del control biològic en una zona, reduir-hi l'aplicació de pesticides i permetre que els enemics naturals indígenes recolonitzin els hàbitats agrícoles i s'hi pugui intervenir amb control biològic de conservació i augmentació.

QUADRE 2. Alguns exemples de control biològic per inoculació al sud d'Europa

La mosca blanca dels cítrics, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae) s'introdueix a Espanya a les darreries dels anys 60 via les Illes Canàries; la seva distribució per tota la Península a començaments dels 70 produeix pèrdues importants sense que el control amb pesticides fos gaire eficaç. En aquella època s'introdueixen al sud de la Península una sèrie de parasitoides entre els quals *Cales noacki* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) aviat s'instal·la colonitza la zona citrícola espanyola tot reduint dràsticament les densitats de la mosca blanca. Des d'aleshores qualsevol acció de control en cítrics ha de comptar amb el respecte a aquest parasitoide per tal d'evitar que la mosca blanca torni a proliferar.

Un exemple típic de control biològic per inoculació estacional és el control de la mosca blanca dels hivernacles, *Trialeurodes vaporariorum* (Estwood) (Homoptera: Aleyrodidae), mitjançant el parasitoide exòtic *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae), l'ús del qual es començà a estendre en el conreu protegit europeu als anys 70 i que a mitjans dels 80 s'implantà també comercialment a Catalunya, a la comarca del Maresme. Cal introduir el parasitoide als hivernacles cada cop que s'inicia un nou conreu donat que aquesta espècie molt rarament és capaç de sobreviure en la Mediterrània a l'exterior. Per al control de la mosca blanca en aquest darrer medi, s'introduí a Itàlia una altra espècie d'*Encarsia*, *Encarsia pergandiella* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae), adaptada a temperatures més baixes que *E. formosa*. En el decurs dels anys 80 i 90 aquesta nova espècie s'entengué per tota la Mediterrània i exhibí una clara interferència amb *E. formosa* tot fent-la sovint ineficaç (figura 3). És difícil saber amb fonament els beneficis aportats aquí per *E. pergandiella* al control de mosca blanca al llarg d'aquests anys però és evident el risc que suposa la seva proliferació per als parasitoides indígenes de mosca blanca donat el seu caràcter d'autoparasitoide.

La inoculació del parasitoide polífag de pugons *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) a mitjans dels 70 al sud de França per al control de dos pugons exòtics de cítrics és un altre exemple de control biològic clàssic a la Mediterrània. Des d'aleshores l'espècie s'ha distribuït àmpliament per les nostres latituds parasitant un gran nombre d'espècies de pugons, evidentment la major part indígenes, predominant en molts casos sobre espècies indígenes de parasitoides. Un cop més cal dir que és difícil fer un balanç dels beneficis i perjudicis causats per la introducció d'aquest enemic natural exòtic. Aquest cas té unes característiques interessants que permet posar-nos en guàr-

dia respecte al dogmatisme en la pràctica del control biològic. *L. testaceipes* és originari de Cuba i va permetre controlar dos pugons, *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) (Homoptera: Aphididae) i *Aphis citricola* van der Goot (Homoptera: Aphididae), també exòtics però de procedència ben diferent com és el sud-est asiàtic. L'àrea de distribució geogràfica actual del parasitoide inclou els vessants oriental i occidental de la Mediterrània i la costa atlàntica portuguesa, de condicions ben diferents a les del seu origen geogràfic cubà.

Un altre exemple de control biològic clàssic ben recent és el que s'està intentant implantar per al control de la minadora de fulles de cítrics *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) (veure el capítol 10 d'aquest llibre).

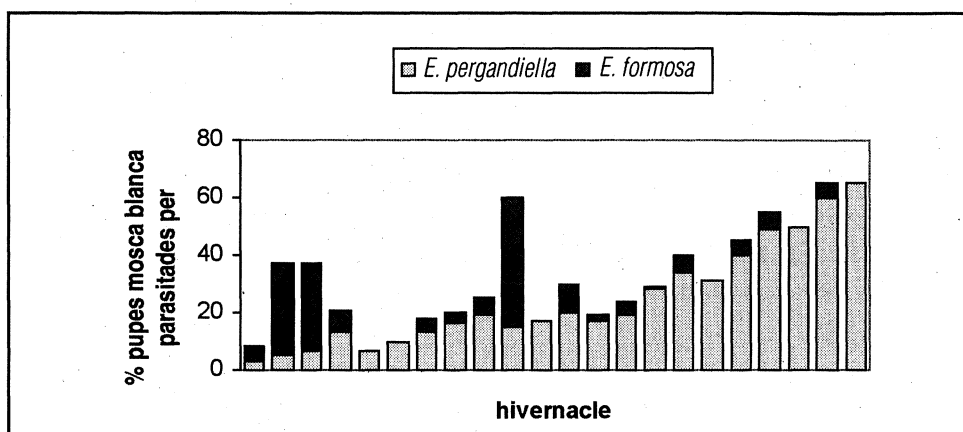


FIGURA 3. Percentatges de mosca blanca dels hivernacles parasitada pel parasitoide inoculat en els hivernacles (*E. formosa*) i pel parasitoide instal·lat a la comarca (*E. pergandiella*) que entrà en els hivernacles espontàniament interferint en el control biològic de la plaga. Són resultats de 1995 i els percentatges de 1996 foren molt similars (Gabarrà *et al.*, 1999)

CONTROL BIOLÒGIC PER INUNDACIÓ

En el control biològic per inoculació la quantitat d'enemics naturals alliberats era petita en relació a la quantitat de plaga, de manera que no va ser fins a unes quantes generacions posteriors a l'alliberada que l'enemic natural aconseguia exercir un bon control. En el control biològic per inundació busquem un efecte a curt termini –efecte de xoc– sense necessitat que l'enemic natural s'instal·li (fins i tot es considera positiu la no instal·lació per tal d'evitar impactes sobre la fauna autòctona). Hom ha

dit que l'estratègia del control biològic per inundació és la mateixa que en l'ús de pesticides, és a dir, apliquem una gran quantitat d'agent de control, n'esperem un efecte immediat i l'agent desapareix poc després o disminueix a quantitats molt escasses. Les condicions exigibles a un enemic natural per a inundació són diferents a les d'un enemic natural per a inoculació. Entre elles ocupa un lloc preferent la facilitat de cria en massa, un caràcter que ja tenia prou importància de cara al control biològic per inoculació estacional però que ara en té molta més. És evident que el cost de producció dels enemics naturals que cal alliberar en grans quantitats (de vegades per milions), pot representar un factor limitant per a que el mètode sigui aplicable. El cost, al mateix temps, no pot millorar-se a costa de la qualitat dels enemics naturals produïts, el control i estandardització de la qual es considera cada cop més necessaris (Van Lenteren, 2003). Als quadres 3a i 3b es poden trobar alguns dels aspectes de la cria en massa dels enemics naturals que estan relacionats amb el cost i la qualitat dels enemics naturals.

QUADRE 3a. Aspectes relatius a la qualitat que cal tenir en compte
en la cria d'enemics naturals per a inundació

Com a qualsevol altre producte comercial, hom espera que els enemics naturals que compra siguin *d'eficàcia estable*. Això implica que els enemics naturals siguin uniformes, qualitat que pot resultar fins a cert punt contradictòria amb la heterogeneïtat desitjable per a que els enemics naturals siguin adaptables a condicions variables i diverses. La cria repetida durant generacions condueix probablement a la uniformitat de la població i, a més, adaptada a condicions no forçosament iguals a les del camp. La renovació periòdica de la població criada amb individus del camp mitiga aquest problema encara que comporta més riscos d'introduir malalties en la cria i augmentar la variabilitat del control.

En relació a l'apartat anterior, cal sovint referir els *critèris de qualitat a biotipus* més que no pas a espècies doncs cada una de les condicions o zones en que es vol aplicar un enemic natural pot exigir característiques diferents.

Cal definir i valorar la *qualitat en funció de la plaga* i no de l'hoste/presa de substitució per a la cria. En aquest aspecte valen les consideracions fetes en un dels apartats relatius al cost (quadre 3b).

Els *caràcters a mesurar* en el control de qualitat depenen de l'espècie d'enemic natural i de les condicions en les quals l'haurem de fer servir, però els següents són dels més freqüents: supervivència i longevitat, fecunditat, mobilitat i capacitat de recerca, capacitat de consum, absència de malalties i hiperparasitoides.

El control biològic per inundació, ultra la facilitat de cria en massa a cost acceptable, té altres aspectes crítics. Un d'ells és la determinació del moment exacte per a l'alliberament dels enemics naturals. Cal tenir en compte que els enemics naturals

habitualment depreden (i en particular parasiten) en estats de desenvolupament molt concrets i només sobre certs estats de desenvolupament de la presa/hoste de durada molt limitada. Vol dir, doncs, que cal alliberar els enemics naturals en el moment que permeti la coincidència fenològica dels màxims de població d'uns i altres, objectiu que implica el seguiment molt acurat de la població de plaga, sovint una operació tècnicament factible però costosa. Si, a més, la fenologia de la població de plaga és poc homogènia bona part dels seus individus poden escapar a l'acció de l'enemic natural o estarem obligats a repetir l'alliberament. El maneig de la diapausa en els enemics naturals –en aquells que en poden tenir– pot aconseguir augmentar la persistència dels alliberaments. Es tracta d'induir la diapausa amb antelació en els enemics naturals a alliberar i trencar-la gradualment de manera que, entre els alliberats, hi hagi enemics naturals sense diapausa i d'altres que en sortiran gradualment un cop en el camp. D'aquesta manera allargarem el període cobert pels enemics naturals amb capacitat de depredació/ parasitització. Aquesta tècnica pot comportar una disminució de l'eficàcia de control com a conseqüència de la mortalitat en el camp dels individus alliberats amb diapausa que romandran exposats a depredadors (és el cas freqüent amb les formigues) durant un temps més llarg que no pas els alliberats sense diapausa; caldrà, almenys, tenir en compte aquest fenomen a l'hora de calcular les dosis d'aplicació. Aquesta possibilitat d'augmentar la persistència dels alliberaments mitjançant la diapausa ha tingut força èxit en el cas de diverses espècies del gènere *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) que són parasitoides d'ous d'insectes (quadre 4).

QUADRE 3b. Aspectes relatius al cost que cal tenir en compte en la cria d'enemics naturals per a inundació

Hoste/presa de substitució. Hi ha hostes/preses molt fàcils de criar a cost reduït (per exemple els ous de l'arna de la farina, d'*Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), que es fan servir per a cria de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) i força depredadors). Cal comprovar la qualitat dels enemics naturals resultants. Un problema addicional ve del fet que, en ser l'hoste/ presa diferent a la plaga que caldrà controlar en el camp, la cria repetida d'un enemic natural sobre una espècie diferent de la plaga pot fer-li perdre aptituds en alguna característica, especialment en aquells components del comportament que són apresos al llarg del desenvolupament.

Aliment artificial. Un aliment artificial per a un depredador o la seva presa pot resultar molt més barat que la presa viva. Hi ha molt pocs aliments del tot artificials que es puguin fer servir per a cria en massa d'insectes; a més de la composició, la presentació hi juga un paper decisiu per a que un depredador o fitòfag accepti un aliment sense que disminueixi la seva ingestió ni la qualitat de l'individu resultant. També es poden repetir consideracions fetes en l'apartat anterior.

Substrat de posta. Hi ha insectes que necessiten la planta viva i sencera per a la posta (p.e. alguns heteròpters), fet que complica (més espai, més pesat de manipular) i encareix la cria.

Emmagatzemat. Les necessitats d'enemics naturals per alliberar-los solen ser molt puntuals al llarg de l'any en funció del cicle del cultiu i de la plaga a controlar. Si no hi ha possibilitat de produir-los al llarg de tot l'any i emmagatzemar-los fins a ser venuts i aplicats ens caldrà dimensionar tota la cria per a només uns quants dies a l'any i concentrats en un període curt. L'emmagatzemat a curt termini (alguns dies o poques setmanes) sense una pèrdua excessiva de qualitat sol fer-se en fred però l'emmagatzemat a llarg termini se s'aconsegueix amb la inducció de diapausa en l'enemic natural. Les limitacions venen del fet que només uns pocs enemics naturals tenen diapausa i en els que en tenen també poden representar un problema si la inducció té lloc en condicions a les quals hauria de treballar al camp.

Manipulació automatitzada. Donat l'elevat nombre d'etapes en la manipulació dels enemics i de vegades també la complexitat dels components de la cria, la manipulació de tots ells és laboriosa i, per tant, cara en ma d'obra. L'automatització d'aquest processos, encara que sigui a costa de perdre part de l'eficiència, pot permetre disminuir els costos dràsticament.

Automatització de l'aplicació. L'aplicació segueix essent manual en la més gran part dels casos del control biològic per inundació. Això, evidentment és una font important de costos. L'aplicació aèria que de vegades hom ha intentat pot danyar els enemics naturals alliberats.

QUADRE 4. Utilització de tricograma en programes de control biològic per inundació.

El gènere *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) s'ha utilitzat en el món en milions d'hectàrees per al control de plagues diverses sobretot de lepidòpters. La caiguda del sistema soviètic (que era el principal productor i usuari de tricogrames) ha fet disminuir la superfície mundial d'aplicació, però els tricogrames segueixen estant entre els enemics naturals més utilitzats. A Europa *T. evanescens* Westwood s'utilitza en unes quantes desenes de mils d'hectàrees per al control d'*Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), un dels barrinadors del blat de moro. La producció es fa a Europa amb ous d'una arna de la farina com a hoste de la que se'n poden produir milions diàriament a un cost relativament baix. La inducció de diapausa larvària en els parasitoides per maneig del fotoperíode i temperatura permet el seu emmagatzemat durant mesos; amb una certa antelació a l'alliberament es pot trencar la diapausa i recuperar el desenvolupament en moments diferents en els individus de la mateixa partida per tal d'augmentar la persistència de l'alliberament. Aquest es fa molt al començament del període de posta (en l'única o segona generació de la papallona segons la latitud del lloc) per tal que els primers adults del parasitoid trobin ja un nombre suficient de plaques d'ous de la plaga per a parasitar. Podem dir per experiència pròpia que un alliberament ben fet, en quantitat i moment, pot arribar a parasitar el 99% dels ous del barrinador resultant-ne un control excel·lent. El mètode té la principal limitació del preu, que generalment resulta excessiu per al blat de moro de pinso però molt rendible en blat de moro per a llavor i pot resultar interessant en blat de moro dolç, molt sensible a l'ús de pesticides.

CONTROL BIOLÒGIC PER CONSERVACIÓ I AUGMENTACIÓ

Aquesta mena de control biològic tracta de conservar, augmentar i/o potenciar l'acció dels enemics naturals ja establerts en una àrea, bé perquè són autòctons, bé perquè,

tot i essent exòtics, s'hi han instal·lat després d'alliberar-los. El fet de fer servir enemics naturals ja establerts salven l'inconvenient del control biològic clàssic on la introducció d'enemics naturals exòtics té riscos d'impacte en fauna indígena. Per altra banda, cal suposar que els enemics naturals ja instal·lats estan més ben adaptats que els que provenen d'altres regions. Entre els avantatges d'aquest tipus de control biològic respecte als anteriors també es pot dir que sol resultar molt rendible ja que maneja poblacions ja existents en els cultius o les seves rodalies. Entre els principals inconvenients podem dir que és lent i difícil de desenvolupar. La lentitud és un autèntic problema ja que el finançament de la investigació científica actual exigeix resultats cada cop més ràpids i el control biològic de conservació necessita desenvolupar projectes de recerca en ecologia d'agroecosistemes. Un altre inconvenient és que no sempre hi ha disponibles en una zona aquells enemics naturals prou eficaços per al control de les plagues existents. En aquest darrer cas, a banda d'utilitzar altres tècniques de control diferents al control biològic, podem recórrer a la introducció d'enemics naturals de fora, potser de vegades podem reintroduir-hi algunes espècies ja existents anteriorment però extingides a resultes de l'ús en massa de pesticides. El control biològic per conservació s'ha desenvolupat considerablement en els darrers anys paral·lelament als estudis d'agroecologia i a les restriccions per a la importació d'enemics naturals exòtics (Barbosa, 1998; Landis *et al.*, 2000; Pickett i Bugg, 1998).

Probablement és quan es pren consciència i es comencen a tenir resultats dels impactes que els insecticides causen en les poblacions d'enemics naturals quan hom s'adona de la importància dels depredadors, parasitoides i entomopatògens en la limitació de les poblacions de fitòfags en els agroecosistemes. La dinàmica representada en la figura 4 és força comuna. En un començament, després del tractament amb insecticides, una població de plaga disminueix dràsticament en comparació amb un testimoni no tractat. Al cap d'unes poques generacions, de vegades, en la generació següent a la tractada, la població de plaga creix desmesuradament. Es pot comprovar fàcilment que aquest creixement és conseqüència de l'eliminació dels enemics naturals que en la parcel·la no tractada romanen en nombre apreciable. Fruit d'aquest coneixement és l'intent de conservar i, si és possible potenciar o augmentar, els enemics naturals.

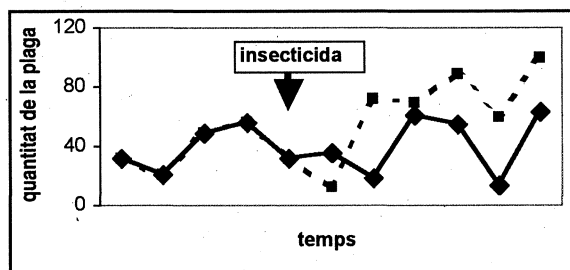


FIGURA 4. Dinàmica habitual d'una plaga quan és sotmesa a tractament insecticida (línia discontinua) o sense tractar (línia contínua)