

El uso de insectos depredadores en el control biológico aplicado

Manuel SÁNCHEZ-RUIZ¹, Félix Manuel FONTAL-CAZALLA²,
Antonio SÁNCHEZ-RUIZ³ y José Ignacio LÓPEZ-COLÓN⁴

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva (Entomología). José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

⁽⁴⁾ Plaza de Madrid, 2, 1º D. 28529 Rivas-Vaciamadrid, Madrid.

⁽¹⁾ E-mail: mcnsr95@fresno.csic.es. ⁽²⁾ E-mail: mcncf76@fresno.csic.es. ⁽³⁾ E-mail: mcnsr102@fresno.csic.es

Resumen: El presente trabajo se centra en el Control Biológico aplicado, especialmente en la utilización de insectos depredadores como agentes de control de plagas. Se efectúa brevemente una revisión de las bases ecológicas del Control Biológico aplicado y una introducción histórica. Se desarrolla como ejemplo la lucha contra la escama algodonosa *Icerya purchasi* Maskell, utilizando el coccinélido *Rodolia cardinalis* (Mulsant). Asimismo se facilita una tabla con insectos depredadores actualmente utilizados para el control de plagas agrícolas o forestales, y una tabla de especies con las que se está experimentando actualmente para el control de poblaciones de vectores de enfermedades.

Introducción

El paisaje natural puede ser visualizado como un mosaico de conjuntos heterogéneos. Las condiciones naturales específicas de cada uno de ellos condicionan su diversidad biológica. El conjunto formado por el lugar físico, las condiciones abióticas y todos los organismos que lo habitan forman lo que se denomina ecosistema. El ecosistema es un sistema, y por tanto, todos los elementos que lo integran se interrelacionan y el estado de cada uno de ellos depende de estas relaciones.

Los seres vivos de un ecosistema realizan distintos oficios. En todo ecosistema, por complejo o simple que sea, existen unos oficios que siempre están cubiertos: productores, consumidores (fitófagos y depredadores en sentido amplio) y descomponedores. En efecto, en un ecosistema la diversidad biológica forma las piezas sobre las que se engranan el ciclo de la materia y el flujo de la energía, lo que posibilita el funcionamiento del mismo. Tanto el ciclo como el flujo dependen de una compleja red de interrelaciones tróficas formada por distintos 'tipos ecológicos' de organismos.

El depredador es un organismo de vida libre a lo largo de todo su ciclo vital, suele ser de mayor tamaño que su presa, requiere más de una presa para completar su desarrollo y siempre mata a sus presas. Las adaptaciones de los insectos depredadores son muy diversas. Dependiendo de la forma de capturar las presas podemos pensar en depredadores que cazan practicando una búsqueda activa, como la caza que realizan al vuelo las libélulas, especies que esperan que alguna presa potencial se ponga a su alcance utilizando así una técnica de caza pasiva, como podemos observar en el comportamiento depredador de los mántidos, y otros

artrópodos que capturan las presas utilizando trampas, como el caso de muchos arácnidos o de insectos como la hormiga león (Evans, 1984). Existen especies de depredadores que practican distinta estrategia de depredación dependiendo del estado de desarrollo en el que se encuentren.

Las interacciones depredador-presa son muy complejas al estar condicionadas por numerosas variables. En general, las tasas de reproducción y el comportamiento de cada uno de los miembros de la interacción dependen de la densidad de ambos y de los cambios del medio ambiente físico.

Todas las especies del ecosistema están sometidas a un control de sus densidades poblacionales. El Control Natural se refiere a la acción de control que ejercen un gran conjunto de factores ambientales, tanto abióticos como bióticos, sobre las poblaciones. Gracias al Control Natural la mayor parte de las especies de insectos potencialmente dañinas no se convierten en plagas reales, resultando sólo un 1% las especies que llegan a resultar nocivas (Samways, 1990).

Un aspecto del Control Natural es el Control Biológico, que se refiere al control de las densidades poblacionales ejercido por agentes biológicos (Evans, 1984), es decir, a través de la red de depredación (ver Figura 1). Una de sus características más notables es que el control que ejercen depende de la densidad poblacional de las especies a las que atacan.

La acción del hombre en el ecosistema provoca irremediablemente una pérdida de diversidad biológica (Margalef, 1992). La pérdida de diversidad del ecosistema trastoca las interrelaciones del sistema, provocándose situaciones de desequilibrio ecológico e impidiéndose el Control Natural. En

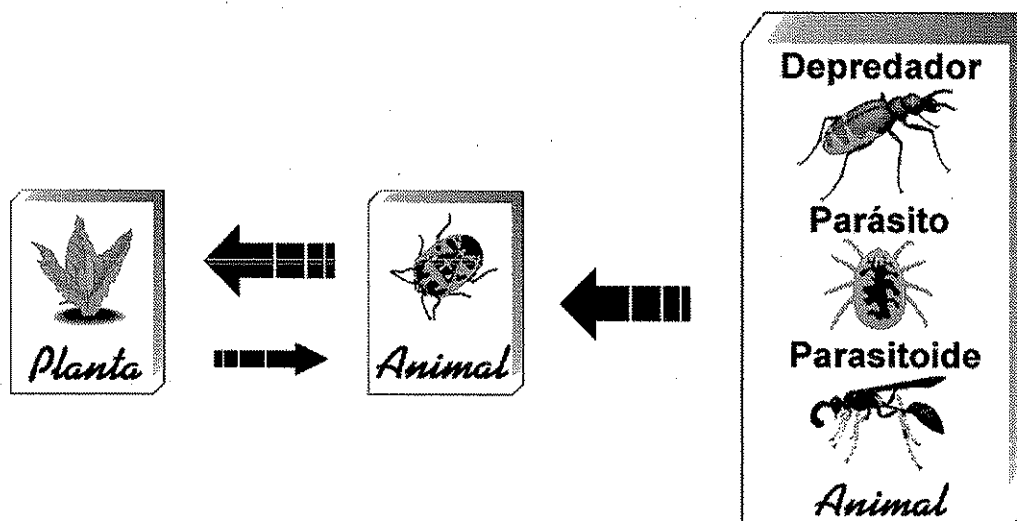


Fig. 1. Red de interrelaciones tróficas entre los principales 'tipos ecológicos' de organismos

muchos casos los aumentos poblacionales excesivos, que acarrearán problemas de plagas, suelen estar ocasionados por desequilibrios medioambientales, directa o indirectamente provocados por la acción del hombre sobre el ecosistema. Un claro ejemplo de pérdida de diversidad del ecosistema es el monocultivo. El monocultivo es un ecosistema muy intervenido por el hombre, donde la reducción de diversidad es alta y el fenómeno plaga alcanza su máxima expresión.

En el trabajo previo de Selfa y Anento en este volumen se ha comentado el concepto de plaga, las dificultades de su definición objetiva, los factores que afectan a su aparición y los diferentes tipos conocidos.

A lo largo de la historia, el hombre ha utilizado distintas técnicas para combatir las especies plagas. Existen diferentes métodos de control. Atendiendo a la naturaleza de las técnicas aplicadas, podemos clasificarlos en Control Físico, Control Químico, Control Biológico aplicado y Control Integrado. El Control Integrado de Plagas utiliza el conjunto de métodos físicos, químicos y biológicos disponibles, pero se caracteriza por dar prioridad al empleo del Control Biológico. Nunca se recomienda en el Control Integrado el uso de técnicas que reduzcan de manera significativa los enemigos naturales. En la actualidad el Control Integrado es el más recomendado de todos los disponibles.

El Control Biológico aplicado: ¿Fenómeno natural o invención?

El hombre ha aprendido a utilizar a los enemigos naturales de las especies que le son particularmente dañinas (ver Figura 2). La optimización del uso de los enemigos naturales para el control de plagas depende del conocimiento de la interacción depredador-presa.

El Control Biológico como método de control de plagas, denominado Control Biológico aplicado (en adelante CBa), y frecuentemente referido como Control Biológico, supone el uso de enemigos naturales, esto es, depredadores (en sentido estricto), parasitoides, patógenos y fitófagos para mantener las densidades poblacionales de las especies consideradas nocivas, por debajo de un nivel económico de daños previamente establecido. Es importante hacer constar que no se trata de eliminar las especies nocivas, sino tan solo de mantener

controladas sus poblaciones con densidades por debajo del nivel económico de daños. El término 'nocivo' es totalmente artificial y está definido según los intereses económicos del hombre. Por ejemplo, una especie de insecto fitófago puede estar causando la desaparición de una planta silvestre, pero éste no será considerado nocivo, y por lo tanto plaga, mientras no afecte a alguna planta que tenga interés para el hombre.

La especificidad por la presa entre las especies depredadoras varía ampliamente desde una alta especificidad (son los depredadores denominados olófagos, existiendo especies incluso monófagas) a una búsqueda no selectiva (depredadores polífagos). Esta diferencia es de importancia crítica para el uso de cualquier enemigo natural como agente de CBa, pues un agente ideal es aquel que presenta una actividad depredadora sobre una única especie nociva (monofagia).

La depredación es un fenómeno muy común entre los insectos. Los depredadores usados con más frecuencia en CBa son insectos (Greathead, 1994), aunque también se han aplicado algunas especies de vertebrados. Por ejemplo, se han empleado peces, especialmente *Gambusia affinis* (Baird y Girard) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae), como depredadores de las fases preimaginales de varias especies de mosquitos, o anfibios, como *Bufo marinus* (L.) (Anura, Bufonidae), para controlar Homópteros plaga de la caña de azúcar en Puerto Rico. Los insectos depredadores más frecuentemente utilizados en programas de CBa han sido Coleópteros, especialmente de la familia Coccinellidae, Neurópteros, Himenópteros, Dípteros y Heteróceros (Romoser, 1981).

Depredadores y parasitoides en Control Biológico aplicado. ¿Quién es quién?

Respecto al uso de enemigos naturales en CBa, se han utilizado parásitos en casos muy concretos. En cambio, la utilización de parasitoides y depredadores se ha dado de forma muy generalizada. Ciertamente existen diferencias importantes entre depredadores y parasitoides que pueden resultar claves para la selección del agente controlador óptimo en un programa de CBa. Algunas de las diferencias más importantes son:

1. Por definición los depredadores están obligados a encontrar varias presas, por lo que el comportamiento de

búsqueda es muy importante en el análisis de la dinámica depredador-presa. Es fundamental para el éxito del enemigo natural, ya sea parasitoide o depredador, la capacidad de encontrar las presas cuando la densidad poblacional de éstas es baja. Para una especie parasitoide tendríamos una sola fase adulta buscando activamente presas potenciales y únicamente es crítica la capacidad de la hembra (el comportamiento de la hembra madura es comúnmente el mayor determinante de la eficacia de las especies como agentes controladores de su huésped. Ello se debe a que es la hembra adulta la que encuentra y selecciona el huésped sobre el cual, o en el cual, su progenie se desarrollará). Para el caso de los depredadores esto puede ser cierto dependiendo del grado de movilidad y el comportamiento depredador de los estados inmaduros. Pero además, la actividad de búsqueda se puede dar activamente no solamente en las hembras, sino también en los machos, en las larvas y en las ninfas.

2. Frecuentemente el depredador adulto se alimenta sobre la misma presa que su progenie, como ocurre en el caso de Coccinellidae. Sin embargo, en otros tipos de depredadores, como los Neurópteros y los Dípteros, los adultos pueden tener fuentes de alimentos diferentes a las de los estados inmaduros. Los parasitoides presentan una alimentación totalmente distinta en la fase de larva y en la fase adulta. Es frecuente que el adulto ya emergido del huésped se alimente de productos florales como el néctar, aunque son numerosos los casos donde la alimentación del adulto es desconocida.

A este respecto existe una diferencia muy importante entre parasitoides y depredadores: muchos parasitoides se distribuyen atendiendo a las necesidades alimenticias de los adultos, lo cual condiciona enormemente la efectividad de las especies de parasitoides que tienen una localización reducida de las fuentes alimenticias de los adultos. Así, el parasitoide *Tiphia matura* Allen y Jaynes (Hymenoptera, Tiphidae) no es efectivo en el control del escarabajo japonés *Popillia japonica* Newman (Coleoptera, Scarabaeidae) porque su área de distribución, limitada por las fuentes de recursos alimenticios de los adultos, es más pequeña que el área ocupada por el escarabajo (Doutt, 1987b). Los depredadores no poseen esta limitación, y en especial aquellos que utilizan el mismo recurso alimenticio en estado adulto que en estado larvario o de ninfa.

Las hembras de algunos himenópteros parasitoides se alimentan sobre los huéspedes, lo que es considerado como una acción depredatoria, aunque sus larvas presentan una actividad parasitoide normal (DeBach, 1943; Flanders, 1953). La hembra del calcidoideo *Tetrastichus asparagi* Crawford (Hymenoptera, Eulophidae) ovoposita en el huevo de *Crioceris* sp. (Coleoptera, Chrysomelidae) y su larva vive consumiendo la larva del coleóptero. Los adultos del eulófido se alimentan también de huevos del escarabajo. Así, este himenóptero puede considerarse un parasitoide y un depredador (Evans, 1984).

3. Algunos depredadores parece que poseen la capacidad de desarrollar una mayor resistencia a los insecticidas que muchos parasitoides. Esto posibilita la utilización de depredadores y de insecticidas en programas de Control Integrado de plagas. Algunos ácaros depredadores se han empleado en programas de Control Integrado en cultivos (Blommers, 1994).

Los depredadores al servicio del hombre. Más de 2.000 años de historia

El CBa se ha venido usando desde hace siglos. Su primera constatación fue el uso de insectos depredadores para el control de especies de invertebrados fitófagos, fundamentalmente

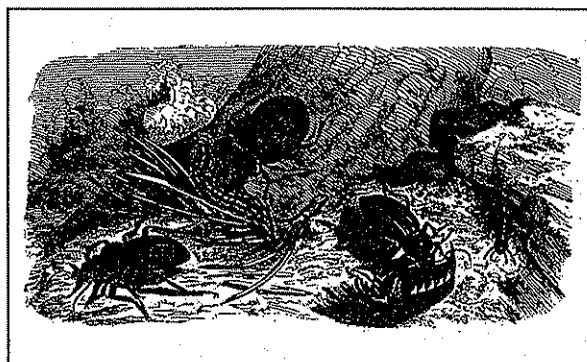


Fig. 2. Actividad depredadora de carábidos (Carabidae) (1877)

otros insectos. En el Siglo III a. de C. se vendían nidos de la hormiga *Oecophylla smaragdina* (F.) (Hymenoptera, Formicidae) en los mercados situados en torno a Cantón para el control de plagas de cítricos. Otros usos de hormigas como controladores se remontan al año 1.200 a. de C. en Yemen para proteger las palmas. En Europa los primeros registros se refieren al uso de coleópteros depredadores durante los siglos XVIII y XIX (Greathead, 1994, 1976; Romoser, 1981).

Otras introducciones históricas de depredadores fueron las realizadas en la colonización de islas tropicales por los europeos. Se usaron especies de vertebrados e invertebrados polífagos, y en muchos casos el resultado fue la extinción de la fauna local. Estos hechos produjeron cierta desconfianza hacia este método de control. La primera vez que se usó con éxito un depredador olifago fue la introducción del ácaro *Tyroglyphus phylloxerae* desde USA a Francia para el control de la Filoxera, *Viteus vitifoliae* (Fitch) (Homoptera, Phylloxeridae), en 1873 (Greathead, 1994) (ver Figuras 3 y 4). Actualmente sólo se utilizan depredadores olifagos para el Control Biológico de plagas.

La primera demostración a gran escala de la validez del uso aplicado de enemigos naturales para el control de plagas fue la utilización de un depredador en California. En 1887 C. V. Riley propuso la introducción de enemigos naturales para el control de la escama algodonosa o cochinilla acanalada *Icerya purchasi* Maskell (Homoptera, Margarodidae), introducida inadvertidamente en California y causante de una seria amenaza sobre la industria cítrica californiana recientemente implantada. La existencia de grandes extensiones de monocultivos de cítricos, susceptibles de ser utilizados como alimento por *I. purchasi*, unido a la ausencia de un control natural, ya que la especie fue introducida sin la compañía de sus enemigos naturales, posibilitaron el mantenimiento de densidades poblacionales muy altas. La escama se convirtió en una seria amenaza para toda la industria de cítricos de California. Los detalles históricos de este caso se tratan detenidamente en el siguiente apartado. El éxito de este programa supuso el verdadero punto de partida del CBa.

El interés por el CBa en la Europa mediterránea también aconteció a raíz del control aplicado efectuado por *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera, Coccinellidae) de *I. purchasi* en Italia en 1900 (Greathead, 1994).

En España, las primeras experiencias datan de 1909 con la introducción de *Scutellista cyanea* Motschulsky (Hymenoptera, Pteromalidae), procedente del norte de África, parásito de la 'caparreta negra' *Saissetia oleae* (Olivier) (Homoptera, Coccoidea). Otros intentos notables pero poco eficaces, se produjeron en 1914 con la introducción de *Rhizobius lophantae* (Coleoptera, Coccinellidae) para el

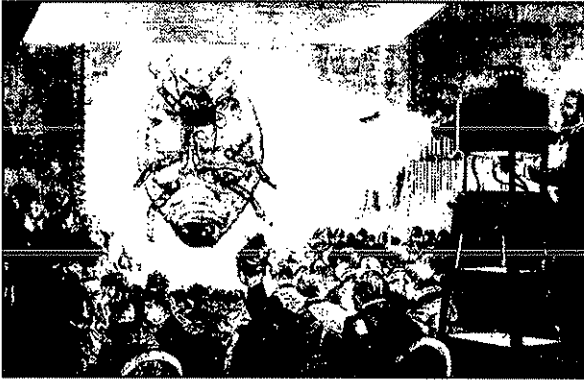


Fig. 3. Conferencia con proyecciones en 1873 sobre la filoxera de la vid.

control del 'piojo rojo' *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) (Homoptera, Coccoidea) muy extendido en los naranjos valencianos. El primer ejemplo de CBA con plagas forestales se da en 1911. Se utilizó *Calosoma sycophanta* (L.) (Coleoptera, Carabidae) contra *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) para proteger los alcornoques de la provincia de Gerona (Carrero, 1996).

Como nos demuestra la historia del CBA, lo más frecuente es el surgimiento de una plaga exótica y su control con la introducción de enemigos naturales originarios del lugar de procedencia de la plaga. Sin embargo, también es posible el control de plagas nativas con especies de enemigos naturales exóticos. En los años treinta Taylor controló en Fiji la escama del coco, *Aspidiotus destructor* Signoret (Homoptera, Coccoidea), con el uso de un depredador nativo de Asia *Cryptognatha nodiceps* Marshall (Coleoptera, Coccinellidae) (Greathead, 1994).

Rodolia cardinalis vs. Icerya purchasi, un ejemplo sobresaliente de Control Biológico aplicado

Como ya se ha visto en el apartado anterior, el CBA tiene una historia que dura ya muchos años. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XVIII, con la utilización de un depredador, cuando se establecen las bases de este procedimiento como método válido de control de plagas. Efectivamente, el programa de control contra *Icerya purchasi* Maskell, 1878, con la utilización del depredador *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850), se ha convertido en el ejemplo clásico del CBA, especialmente en lo referente a la utilización de depredadores como agentes de control.

'Este evento ha sido bien conocido, y es una de las más fascinantes leyendas de la historia de la Entomología. Contiene mucho de interés humano y contiene hechos sorprendentes de carácter no entomológico, tales como un desgraciado romance, intriga política y un par de aretes de diamantes' (Doutt 1987a).

En 1887 *I. purchasi* se había establecido en California, amenazando muy seriamente la viabilidad de la industria citrícola californiana. Inadvertidamente fue introducida con importaciones de plantas ornamentales y de cultivo procedentes de Australia. Debido a su elevado potencial reproductor (la hembra fabrica un saco ovífero en el que puede llegar a depositar de 600 a 800 huevos, y normalmente tiene tres generaciones al año), se difundió de modo alarmante en poco

tiempo. La escama se alimenta succionando la savia de las hojas, yemas, ramas y tronco, y cuando el número de parásitos es elevado debilitan la planta en poco tiempo. La especie posee una cubierta cérica que la protege de los insecticidas. Por ello las aplicaciones de insecticidas no frenaron la expansión y multiplicación del cóccido en California.

En abril de 1887 los fruticultores celebraron en Riverside una convención, esperando que C. V. Riley, jefe de la división de entomología del gobierno federal, que fue invitado como orador principal, les ofreciera una solución al problema. En la convención Riley sostuvo que los técnicos entomólogos que trabajaban bajo su dirección (A. Koebele y D. W. Coquillett) habían ensayado varios productos químicos sin muchas garantías de éxito. La división de Entomología se decantaba por la introducción de parásitos provenientes del mismo lugar del cóccido. Conocían que el país de origen de *I. purchasi* era Australia o Nueva Zelanda y que posiblemente había sido introducida accidentalmente en California por Menlo Park en una remesa de acacias. Los enemigos naturales conocidos hasta la fecha por entomólogos australianos, como F. Crawford, eran escasos, aunque algunos habían sido observados como eficacísimos agentes biológicos de control natural (dato referido a la observación realizada por Crawford sobre el efecto de control producido por la mosca parasitoide *Cryptochaetum iceryae* (Will) (Diptera, Odoniidae) en algunos ecosistemas australianos y que fue señalada por este entomólogo como el primer caso conocido de una mosca parasitoide de un cóccido, aunque Riley creyó que era depredadora en contra de la opinión de aquél. Ante la imposibilidad de conseguir dinero estatal para enviar a un experto a estudiar durante varios meses los enemigos naturales, la convención de fruticultores puso el dinero necesario pues una ley limitaba los viajes del personal de la división de entomología al territorio nacional.

El primer paso clave resultó ser la investigación del lugar de origen de la plaga. El 7 de mayo de 1887 se publicó en el *Pacific Rural Press* una carta de W. M. Maskell, entomólogo de Nueva Zelanda, dirigida a W. G. Klee, Inspector Estatal de plagas de frutas, en la que se indicaba que la escama del algodón era originaria de Australia. Había aparecido muchos años antes en el Cabo de Nueva Esperanza, donde incluso se la conocía con el nombre vulgar de 'chinche australiana'. Era probable que hubiera sido transportada por buscadores de diamantes desde Sidney o Melbourne. El 4 de marzo de 1888 Riley confirma en el *Pacific Rural Press* la veracidad de esta información.

Koebele fue seleccionado por Riley para ir a Australia, zarpando el 25 de agosto de 1888. Un año antes, en 1887, Crawford, que había descubierto la mosca parasitoide en 1886, envió a Klee una remesa de *C. iceryae*. Este díptero fue introducido por Klee en el condado de San Mateo en 1888 (en la actualidad esta mosca se ha establecido ejerciendo un control importante sobre la escama en el condado de San Mateo, en condados vecinos de la bahía de San Francisco y en el sur de California).

En Australia, Koebele encontró numerosos enemigos naturales del cóccido, entre los que se encontraba *C. iceryae*, y larvas depredadoras de tres especies, una de *Chrysopa sp.* y dos de coccinélidos (entre ellas *R. cardinalis*). Al principio Riley parecía tener más esperanza en el parasitoide.

Entre noviembre de 1888 y Enero de 1889 se recibieron tres envíos de *R. cardinalis* con un total de 129 especímenes. La prueba de la utilización de los coccinélidos se realizó en un rancho de la ciudad de Los Ángeles según se iban recibiendo. En Abril de 1889 el escarabajo ya estaba

extendido por todo el rancho y muchos de los árboles habían sido liberados de *I. purchasi* (las hembras ponen los huevos bajo los cóccidos o dentro del saco ovífero de éstos, en la masa de huevos; las larvas en sus primeros estadios se alimentan de los huevos, y al ir creciendo, depredan sobre cualquier estadio de desarrollo de la escama). Se enviaron *Rodolia* a las diferentes explotaciones cítricas. El 12 de junio de 1889 se habían enviado 10.555 a 228 explotaciones y en casi todos los casos la colonización de los árboles dañados había tenido éxito. Además los propios escarabajos se habían dispersado atendiendo a sus necesidades alimenticias.

Para mediados o finales del año 1889 la mayoría de las explotaciones cítricas importantes de California estaban limpias de *I. purchasi*. Un año antes muchos propietarios habían anunciado que estaban a punto de verse obligados a abandonar sus explotaciones cítricas a causa de los daños producidos por la escama.

Los fruticultores californianos animados por el Secretario Estatal del Consejo de Horticultura agradecieron el trabajo realizado por los entomólogos. Regalaron un reloj de oro a Koebele y un par de aretes de diamantes a su esposa.

El primer foco de *I. purchasi* que apareció en España se detectó en Badajoz, en el año 1922. La plaga procedía de Portugal, y no revistió importancia económica porque fue introducida en compañía de *R. cardinalis*. No ocurrió lo mismo en Valencia, donde en ese mismo año se registró un nuevo foco del cóccido, procedente en este caso de Francia, sin el coccinélido. La plaga se extendió rápidamente y causó graves pérdidas. El ingeniero agrónomo Janini propuso la aplicación del CBA mediante la importación del depredador, que procedente de Portugal, Francia e Italia, fue criado en Valencia en insectarios.

Se hicieron aplicaciones en los huertos de cítricos y jardines públicos invadidos por *I. purchasi*, siendo la operación un completo éxito. Hoy en día la plaga sigue controlada; la Estación de Fitopatología de Burjasot (Valencia) mantiene colonias del coleóptero para el empleo local ante cualquier nueva demanda para combatir las invasiones que puedan surgir (Domínguez García-Tejero, 1972).

La actualidad del Control Biológico aplicado. Ejemplos de control en uso

La aplicación del CBA es muy variada en cuanto a las especies que actualmente se están utilizando. La tabla 1 incluye una serie de ellas utilizadas para controlar plagas de cultivos o de masas forestales. Esta tabla no incluye todos los casos que se están dando en la actualidad, pero creemos que es representativa de lo que se está haciendo en la lucha contra plagas utilizando el CBA. La mayoría de las especies depredadoras que se usan pertenecen al orden Coleoptera, siendo las más utilizadas las de la familia Coccinellidae, que suelen ser depredadores de pulgones o de cóccidos. Otras familias de Coleoptera utilizadas en CBA son Carabidae, Rhizophagidae, Anthribidae, etc. Dentro de los insectos, también son utilizados depredadores pertenecientes a otros grupos, como Hemiptera, Miridae, Anthocoridae; Diptera, Cecidomyiidae; Neuroptera; etc.

En algunos casos, los depredadores son utilizados contra más de una especie (siempre dentro de un mismo grupo) causante de daños al hombre, por ejemplo, *Chilocorus kuwanae* (Silvestri) (Coleoptera, Coccinellidae) en el control de una serie de especies de Homópteros (ver Tabla 1). También

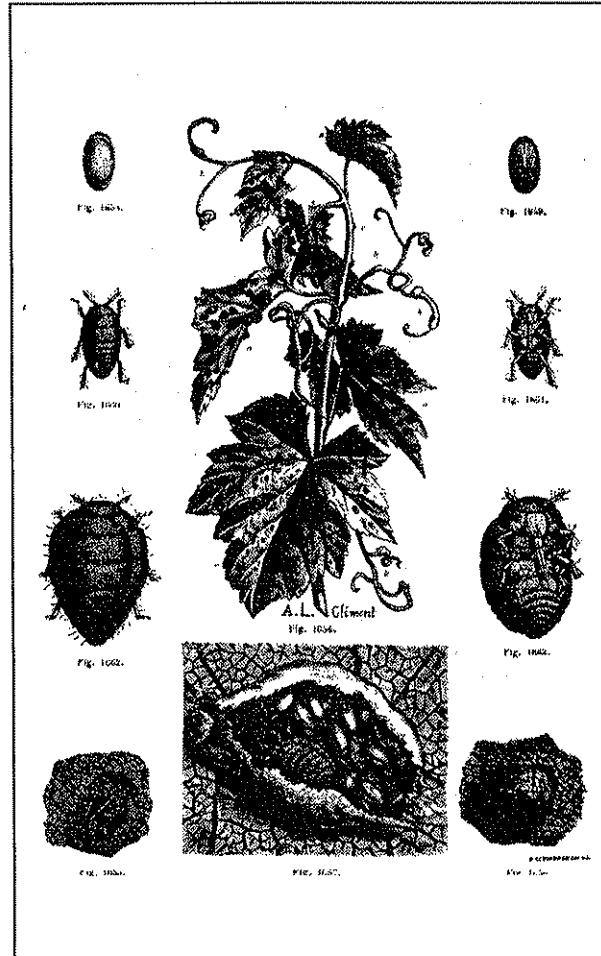


Fig. 4. Dibujo de 1877 sobre los estadios de la filoxera de la vid y los daños que produce la plaga

se da el caso de la utilización de distintos depredadores dependiendo del sitio donde se desarrolla la plaga, así, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphidoidea) es combatido en Europa con *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) (Rashev, 1993) y en América con *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville) (Coleoptera, Coccinellidae) (Dreistadt *et al.*, 1996). En Control Integrado se tiende a utilizar varios depredadores a la vez. A veces se utilizan especies de grupos muy distintos, como pueden ser un escarabajo, *Scaphinotus (Brennus) striatopunctatus* (Coleoptera, Carabidae) y un reptil, *Thamnophis elegans* (Baird & Girard) (Lepidosauria, Colubridae) en el control de unos caracoles, *Helix aspersa* Muller y *Limax maximus* (L.) (Gastropoda, Pulmonata) (Altieri *et al.*, 1982).

Las posibilidades del Control Biológico aplicado

Actualmente se está experimentando con muchos insectos depredadores potencialmente útiles en CBA. Los científicos se centran en las especies con las que se pueden combatir plagas de explotaciones agrícolas y madereras, plagas de productos almacenados, etc. (es decir los usos 'tradicionales' dados hasta ahora en CBA). Por ello, las especies utilizadas pertenecen en su gran mayoría a los grupos indicados en la Tabla 1.

Sin embargo, en un número reducido de casos, se está experimentando con algunos insectos depredadores en otro campo (Tabla 2). El fin es su utilización contra animales vectores de enfermedades infecciosas y/o parasitarias que afectan al hombre o a su cabaña ganadera. A continuación indicamos los principales grupos de animales sobre los que se están efectuando estudios de control con depredadores y las enfermedades a las que están asociados, enfermedades que se intenta erradicar o mitigar con esta metodología (datos de enfermedades y sus vectores de Pumarola *et al.*, 1984 y Barnes, 1985).

- Diptera, Culicidae. Pueden transmitir con su picadura enfermedades producidas por arbovirus (virus caracterizados porque en su transmisión intervienen como vectores biológicos diversos artrópodos hematófagos), protozoos y trematodos. Las especies implicadas pertenecen principalmente a los géneros siguientes: *Anopheles* Meigen, pueden transmitir malaria y filariasis; *Aedes* Meigen, pueden transmitir fiebre amarilla -sobre todo *A. aegypti* (L.)-, dengue y diversas encefalitis; *Culex* L., pueden transmitir fiebre amarilla, diversas encefalitis y filariasis.

- Diptera, Muscidae. La llamada 'mosca de los establos', *Stomoxys calcitrans* (L.), puede transmitir con su picadura anemia infecciosa equina y tripanosomiasis.

- Molusca, Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeacea. Algunos representantes de este grupo transmiten parásitos del género *Schistosoma* Weinland (Trematoda) que provocan esquistosomiasis.

Tras observar la tabla 2, apreciamos que el interés de los investigadores se centra especialmente en el control de culícidos, ya que son capaces de propagar con rapidez enfermedades muy graves para el hombre. Los depredadores utilizados atacan los estados preimaginales de los dípteros en el agua, donde se desarrollan.

En las áreas tropicales y subtropicales más castigadas por estas enfermedades, y también en algunas regiones templadas, el CBa de mosquitos se lleva a cabo con peces desde hace tiempo, principalmente ciprínidos y ciprinodontiformes, siendo el más usado *Gambusia affinis* (Baird y Girard) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae). Pero vemos en la tabla 2 que hay otros grupos que ofrecen expectativas, como algunas especies de culícidos depredadores del género *Toxorhynchites* Theobald. Actualmente se está experimentando con la práctica totalidad de los grupos de insectos que depredan mosquitos en su medio natural.

Agradecimiento

Quedamos muy agradecidos a Antonio Melic por su iniciativa para la realización de este monográfico, por el interés demostrado en todo momento, así como por la revisión del manuscrito, sugerencias aportadas y la ayuda con las ilustraciones.

Asimismo agradecemos el apoyo recibido por parte de la Estación Biológica El Ventorrillo, donde es becario predoctoral uno de los autores. (F. M. F. - C.)

Bibliografía

- ALTIERI, M. A., HAGEN, K. S., TRUJILLO, J. y CALTAGIRONE, L. E. 1982. Biological control of *Limax maximus* and *Helix aspersa* by indigenous predators in a daisy field in central coastal California. *Acta Oecologica Oecologia Applicata*, 3(4): 387-390.
- BARNES, R. D. 1985. *Zoología de los Invertebrados*. Nueva Editorial Interamericana. México. XV + 1157 pp.
- BLOMMERS, L. H. M. 1994. Integrated pest management in European apple orchards. *Annual review of Entomology*, 39: 213-241.
- CARRERO, J. M. 1996. *Lucha Integrada contra las plagas agrícolas y forestales*. Mundi-prensa. Madrid.
- DEBACH, P. 1943. The importance of host-feeding by adult parasites in the reduction of host populatios. *Journal of Economical Entomology*, 36: 647-648.
- DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F. 1972. *Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas*. Ed. Dossat. Madrid.
- DOUTT, R. L. 1987a. El desarrollo histórico del Control Biológico. En De Bach, P. (De.). *Control Biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*. México. CECSA. pp 49-71.
- DOUTT, R. L. 1987b. Características biológicas de los adultos entomófagos. En De Bach, P. (Ed.). *Control Biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*. México. CECSA. pp 179-204.
- DREISTADT, S. H. y FLINT, M. L. 1996. Melon aphid (Homoptera: Aphididae) control by inundative convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) release on chrysanthemum. *Environmental Entomology*, 25(3): 688-697.
- EVANS, H. E. 1984. *Insect biology: a textbook of Entomology*. California. Addison & Wesley.
- FLANDERS, S. E. 1953. Predatism by the adult hymenopterous parasite and its role in biological control. *Journal of Economical Entomology*, 46: 541-544.
- GREATHEAD, D. 1994. History of Biological Control. *Antenna, Bulletin of the Royal Entomological Society*, 18 (4): 187-199.
- MARGALEF, R. 1992. *Ecología*. Planeta. Barcelona.
- PUMAROLA, A., RODRÍGUEZ-TORRES, A., GARCÍA-RODRÍGUEZ, J. y PIÉDROLA-ANGULO, G. 1984. *Microbiología y Parasitología médica*. Salvat, Barcelona. XIV + 885 pp.
- RASHEV, S. 1993. Capacity of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to control cotton aphids *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *Rasteniev'ni Nauki*, 30(7-8): 138-140.
- ROMOSER, W. S. 1981. *The science of Entomology*. New York. Macmilan Publishing. 557 pp.
- SAMWAYS, M. J. 1990. *Control Biológico de plagas y malas hierbas*. Breviarios de Biología n° 14. Barcelona. Oikos-Tau. 84 pp.

Tablas

Las siguientes tablas han sido elaboradas a partir del examen de los últimos 20 años del Zoological Record.

TABLA 1

Depredadores usados actualmente en control biológico y especies a las que controlan

Depredador	Plaga	Cultivo /Planta	Lugar
<i>Adalia bipunctata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Psylla pyricola</i> (Homoptera, Psylloidea)	frutales	Georgia (Europa)
<i>Adalia bipunctata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Homoptera, Aphidoidea)	alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	Europa; Australia
<i>Adalia flavomaculata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Schizaphis graminum</i> (Homoptera, Aphidoidea)	gramíneas; cebada	Arabia Saudi; Rusia; Brasil
<i>Anthrribus nebulosus</i> (Coleoptera, Anthribidae)	(Homoptera, Coccoidea)		USA
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Diptera, Cecidomyiidae)	<i>Aphis pomi</i> (Homoptera, Aphidoidea)	manzanos, invernaderos	Europa; USA
<i>Calosoma sycophanta</i> (Coleoptera, Carabidae)	<i>Lymantria dispar</i> (Lepidoptera, Lymantriidae)	bosque de <i>Fraxinus pennsylvanica</i> (defoliador)	USA
Carábidos (Coleoptera, Carabidae)	<i>Diatraea saccharalis</i> (Lepidoptera, Pyraloidea)	caña de azúcar	Sudamérica
<i>Chilocorus bipustulatus</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Planococcus citri</i> (Homoptera, Coccoidea)	cítricos	Israel
<i>Chilocorus bipustulatus</i> var. <i>iranensis</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Parlatoria blanchardi</i> (Homoptera, Coccoidea)	palma de dátiles	Níger
<i>Chilocorus kuwanae</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i> (Homoptera, Coccoidea)	manzanos	Kashmir (India)
<i>Chilocorus kuwanae</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Unaspis euonymi</i> (Homoptera, Coccoidea)	<i>Euonymus japonica</i> L	Grecia; USA
<i>Chilocorus kuwanae</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Chionaspis pinifoliae</i> , <i>Ch. salicinigrae</i> & <i>Unaspis euonymi</i> (Homoptera, Coccoidea)	coníferas, <i>Pinus sylvestris</i>	USA
<i>Chilocorus kuwanae</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> , <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> (Homoptera, Coccoidea)	frutales	Europa Central; Mediterráneo oriental; Asia
<i>Chilocorus nigritus</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Aspidiotus destructor</i> (Homoptera, Coccoidea)	palmeras cocoteras	Asia, Omán
<i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera)	<i>Aphis pomi</i> (Homoptera, Aphidoidea)	frutales	USA
<i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera)	<i>Phorodon humuli</i> (Homoptera, Aphidoidea)	lúpulo	Francia
<i>Coccidophilus citricola</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	(Homoptera, Coccoidea, Diaspididae)	acacias	Chile
<i>Coccidophilus citricola</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i> (Homoptera, Coccoidea)	frutales	Grecia; Asia
<i>Coccinella septempunctata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Aphis gossypii</i> (Homoptera, Aphidoidea)	algodón	Bulgaria
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Pseudococcus</i> sp. (Homoptera, Coccoidea)	plantaciones de cítricos	Francia
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Planococcus citri</i> (Homoptera, Coccoidea)	cítricos	Francia
<i>Curinus coeruleus</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Heteropsylla cubana</i> (Homoptera, Psylloidea)	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Nueva Caledonia; India; Indonesia
<i>Delphastus pusillus</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Aleurodicus dispersus</i> (Homoptera, Aleyrodoidea)		Paleártica occidental; Hawaii
<i>Deraeocoris</i> sp (Hemiptera, Miridae)	<i>Coleophora laricella</i> (Lepidoptera, Coleophoridae)	alerce (<i>Larix decidua</i>)	USA
<i>Harmonia axyridis</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Phorodon humuli</i> (Homoptera, Aphidoidea)	lúpulo	Francia
<i>Harmonia axyridis</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Matsucoccus matsumurae</i> (Homoptera, Coccoidea)	coníferas	China
<i>Hippodamia convergens</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Aphis gossypii</i> (Homoptera, Aphidoidea)	crisantemos; algodón	Norteamérica; Islas del Océano Índico

Depredador	Plaga	Cultivo / Planta	Lugar
<i>Hippodamia variegata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Schizaphis graminum</i> (Homoptera, Aphidoidea)	cereal	USA
<i>Hyperaspis pantherina</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Orthezia insignis</i> (Homoptera, Coccoidea)		
<i>Lindorus lophanthae</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Melanaspis glomerata</i> (Homoptera, Coccoidea)	caña de azucar	Brasil
<i>Montandoniola moraguesi</i> (Hemiptera, Anthocoridae)	<i>Gynaikothrips ficorum</i> (Thysanoptera: Phlaeothripidae)	<i>Ficus retusa</i> & <i>F. benjamina</i>	Bermudas
<i>Nephaspis amnicola</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Aleurodicus dispersus</i> (Homoptera, Aleyrodoidea)		Hawaii
<i>Orius majusculus</i> & <i>O. vicinus</i> (Hemiptera, Anthocoridae)	<i>Panonychus ulmi</i> (Arachnida, Acari)	viñedos	Italia
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	(Homoptera, Aphidoidea)		Canadá
<i>Rhizophagus grandis</i> (Coleoptera, Rhizophagidae)	<i>Dendroctonus micans</i> (Coleoptera, Curculionidae)	<i>Picea abies</i>	Francia; Inglaterra
<i>Rhyzobius forestieri</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Saissetia oleae</i> (Homoptera, Coccoidea)	olivares	Francia
<i>Rodolia cardinalis</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Icerya purchasi</i> (Homoptera, Coccoidea)	cítricos	Mundial
<i>Scaphinotus (Brennus) striatopunctatus</i> (Coleoptera, Carabidae)	<i>Helix aspersa</i> & <i>Limax maximus</i> (Gastropoda, Pulmonata)	manzanilla	California (USA)
<i>Stethorus nigripes</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Tetranychus urticae</i> (Arachnida, Acari)	alfalfa	Australia
<i>Stethorus punctillum</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Panonychus ulmi</i> (Arachnida, Acari)	manzanos	Italia
<i>Stethorus punctillum</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Panonychus ulmi</i> (Arachnida, Acari)	frutales	Italia
<i>Sticholotis madagassa</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	<i>Melanaspis glomerata</i> (Homoptera, Coccoidea)	caña de azucar	Brasil

TABLA 2

Depredadores con los que se experimenta actualmente para controlar los vectores de ciertas enfermedades, y especies a las que controlan.

Depredador	Presa	Lugar	Tipo de experimento
<i>Anisops tahitiensis</i> (Heteroptera, Notonectidae)	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes polynesiensis</i> (Diptera, Culicidae)	Polinesia	De laboratorio
<i>Crocothemis servilia</i> (Odonata: Libellulidae)	<i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae)	América del Sur	De campo
<i>Diplonychus indicus</i> (Heteroptera, Belostomatidae)	<i>Anopheles stephensi</i> (Diptera, Culicidae)	India	De campo
<i>Dytiscidae</i> (Coleoptera)	Culicidae (Diptera)	Turkmenistan	De campo
<i>Gerris marginatus</i> (Heteroptera, Gerridae)	Culicidae (Diptera)	India	De laboratorio
<i>Gerris odontogaster</i> (Heteroptera, Gerridae)	<i>Aedes caspius</i> , <i>Culex sp.</i> (Diptera, Culicidae)	Kazajstán	De campo
<i>Gerris paludum</i> (Heteroptera, Gerridae)	<i>Aedes caspius</i> , <i>Culex sp.</i> (Diptera, Culicidae)	Kazajstán	De campo
<i>Laccophilus anticatus anticatus</i> (Coleoptera, Dytiscidae)	<i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae)	India	De campo
<i>Laccotrephes griseus</i> (Heteroptera, Nepidae)	<i>Lymnaea luteola</i> (Mollusca, Gastropoda, Lymnaeacea)	India	De laboratorio
Libellulidae (Odonata)	<i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae)	Sudeste asiático	De laboratorio
Nepidae (Heteroptera)	Culicidae (Diptera)	Turkmenistan	De campo
<i>Notonecta hoffmani</i> (Heteroptera, Notonectidae)	<i>Culex sp.</i> , <i>Culiseta sp.</i> (Diptera, Culicidae)	California (USA)	De laboratorio
<i>Pachylister chinensis</i> (Coleoptera, Histeridae)	<i>Stomoxys calcitrans</i> , <i>S. nigra</i> (Diptera, Muscidae)	África, Isla Mauricio	De campo
<i>Plea striola</i> (Heteroptera, Pleidae)	<i>Culex quinquefasciatus</i> (Diptera, Culicidae)	California (USA)	De campo
Saldidae (Heteroptera)	<i>Aedes caspius</i> , <i>Culex sp.</i> (Diptera, Culicidae)	Kazajstán	De campo
<i>Sepedon sphegea</i> (Diptera, Sciomyzidae)	<i>Bulinus truncatus</i> (Mollusca, Gastropoda, Lymnaeacea)	Irán	De laboratorio
<i>Sphaerodema annulatum</i> (Heteroptera, Belostomatidae)	<i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae)	India	De campo
<i>Toxorhynchites amboinensis</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes polynesiensis</i> (Diptera, Culicidae)	Polinesia	De laboratorio y de campo
<i>Toxorhynchites brevipalpis</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Anopheles gambiae</i> (Diptera, Culicidae)	África	De laboratorio
<i>Toxorhynchites brevipalpis conradti</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Culex tigripes</i> (Diptera, Culicidae)	Nigeria	De campo
<i>Toxorhynchites rutilus rutilus</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Culex quinquefasciatus</i> (Diptera, Culicidae)	Louisiana (USA)	De campo -área urbana-
<i>Toxorhynchites sp.</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Aedes albopictus</i> (Diptera, Culicidae)	Malasia	De campo
<i>Toxorhynchites splendens</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Aedes albopictus</i> , <i>Culex quinquefasciatus</i> (Diptera, Culicidae)	Japón	De campo
<i>Toxorhynchites splendens</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Culex quinquefasciatus</i> , <i>Armigeres subalbatus</i> , <i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae)	India	De campo
<i>Toxorhynchites moctezuma</i> (Diptera, Culicidae)	<i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae)	Islas Windward (Caribe)	De campo