

LOS ENEMIGOS NATURALES DE LAS PLAGAS Y LOS PLAGUICIDAS



ELISA VIÑUELA Y JOSEP JACAS

Unidad de Protección de Cultivos
E.T.S.I.A., 28040-Madrid



LOS ENEMIGOS NATURALES DE LAS PLAGAS Y PLAGUICIDAS

¿Qué es un enemigo natural?

Raramente los organismos vivos carecen de enemigos naturales, y en todos los niveles de la cadena alimenticia encontramos ejemplos de ello. Todo el mundo sabe que los gatos son acervos enemigos de los ratones, y que tanto estos últimos como aquéllos soportan a su vez el ataque de diversos parásitos como las pulgas. Así, en este caso, el gato sería un enemigo natural del ratón, y las pulgas lo serían a su vez del gato y del ratón. Los insectos que causan daño a nuestros cultivos no escapan a esta tendencia común, y así cada uno de ellos posee un número más o menos amplio de especies enemigas que les atacan.

Hay dos grandes grupos de enemigos naturales de las plagas: los **depredadores** y los **parasitoides**, y aunque a veces es difícil decir dónde acaba un tipo de vida y otro, a grandes rasgos, se suele aceptar que los depredadores son especies cazadoras que necesitan consumir un cierto número de individuos de sus presas para sobrevivir. Por ejemplo, tanto los sírfidos, cuyas larvas se alimentan activamente de pulgones, siendo sus adultos florícolas (Fig. 1, pág. 3), como algunas hormigas (Foto de portada), cuyos adultos son activos cazadores, o como los hemeróbidos (Fig. 2, pág. 5), en que tanto adultos como larvas son depredadoras, pertenecen a esta categoría. Los parasitoides, en cambio, son especies que consumen una sola presa para su desarrollo, y este consumo se realiza sólo durante su fase juvenil (las larvas en el caso de los insectos), como hace por ejemplo, *Encarsia formosa*, cuyas larvas se alimentan internamente de la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Fig. 3, pág. 7), mientras que los adultos son de vida libre. Otros parasitoides se alimentan de forma externa sobre sus huéspedes, como el drínido de la Fig. 4 (pág 9), que se encuentra sobre un cicadélido. En algunos casos, el huevo puesto por el parasitoide en el interior de su huésped da lugar a muchísimos descendientes, como se puede observar en la oruga de



Fig. 1.- Adulto de sífido. Estas moscas, con apariencia de avispa, son florícolas, pero sus larvas son voraces depredadoras de pulgones.

una mariposa plaga del chopo de la Fig. 5 (pág. 10).

Los enemigos naturales se encuentran de forma espontánea en la Naturaleza, y 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**. En nuestros cultivos los enemigos naturales pueden, pues, proporcionarnos una ayuda inestimable para mantener a raya a algunos insectos perjudiciales. En utilizar al máximo este tipo de ayuda se basa la lucha biológica.

¿Qué es la lucha biológica?

Este método de control, basado en el empleo de enemigos naturales, tiene tres vertientes principales:

- El **control biológico clásico**, que consiste en la importación de enemigos naturales de otras partes del mundo y en su establecimiento en un nuevo ambiente, a largo plazo, para controlar plagas naturalizadas, es decir, que no son autóctonas, pero que han llegado a la zona en cuestión accidentalmente, se han aclimatado a ella y se han convertido en problema al no haber llegado acompañadas de sus

enemigos naturales, que sí estaban presentes en su país de origen. El ejemplo más popular de este tipo de control biológico es la importación de la mariquita australiana *Rodolia cardinalis*, que ha controlado con gran éxito a la cochinilla acanalada de los cítricos *Icerya purchasi*. También en cítricos encontramos otros ejemplos notables como el de la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus*, controlada eficazmente por el parasitoide *Cales noacki*.

- La **estrategia del aumento** implica la liberación de enemigos naturales, ya sean importados o no, y la manipulación ambiental para favorecer el incremento de sus poblaciones. Esta estrategia trata, por tanto, de aumentar rápidamente los niveles poblacionales de los enemigos naturales, ya que de forma espontánea tardarían demasiado en hacerlo o no llegarían nunca a los niveles necesarios para controlar efectivamente a la especie plaga. En España tenemos buenos ejemplos de este tipo de lucha biológica, sobre todo en invernaderos; tal es el caso de *Encarsia formosa*, que puede ser introducida periódicamente en diversos cultivos hortícolas (tomate, sandía, melón, pimiento, etc.) para controlar la mosca blanca *T. vaporariorum* (Fig. 6, pág. 13). Otros casos semejantes son los de control del trips *Frankliniella occidentalis* mediante sueltas ya sea de diversos chinches depredadores del género *Orius*, o bien de ácaros depredadores de la familia de los fitoseídos como *Amblyseius cucumeris* y *A. barkeri*, o el caso del control del submarino *Liriomyza trifolii* realizado mediante sueltas de los parasitoides *Dacnusa sibirica* y de *Diglyphus isaea* (Fig. 7, pág. 15).

- La **estrategia de conservación** consiste en la protección y mantenimiento tanto de las poblaciones de enemigos naturales ya establecidos en nuestros cultivos como de aquellas introducidas. Normalmente la conservación implica la modificación de las prácticas agrícolas, entre las que destaca la aplicación de plaguicidas de modo que sólo se efectúen cuando la población plaga exceda ciertos niveles, cambiando el momento de aplicación, la formulación, etc., de modo que los tratamientos sean más selectivos para respetar en lo posible la acción del enemigo natural, y permitan que este último pueda cumplir su misión de mantener bajos los niveles de población de las plagas. También podemos favorecer a los enemigos naturales respetando sus refugios, ofreciéndoles un alimento alternativo cuando no tengan presas, etc. Ejemplos de este tipo de estrategia en nuestro país, son los del parasitoide *Encarsia tricolor*; o de los chinches



Fig. 2.- Larva de *Conwentzia*. Los hemeróbidos, familia a la que pertenece esta especie, son depredadores polífagos muy frecuentes en frutales.



depredadores *Dicyphus tamaninii* o *Macrolophus caliginosus*, agentes de control biológico todos ellos de la mosca blanca *T. vaporariorum*, en cultivos de tomate al aire libre en condiciones mediterráneas; el del chinche *Anthocoris nemoralis*, depredador de la psila del peral *Cacopsylla pyri*; o el del complejo de ácaros fitoseídos, como *Amblyseius potentillae* o *Amblyseius californicus*, depredadores de la araña roja *Panonychus ulmi* en manzano. Se cree que los mayores logros en lucha biológica en los próximos años se conseguirán justamente mediante la utilización conjunta de enemigos naturales y de plaguicidas aplicados de forma más razonada.

LOS ENEMIGOS NATURALES Y LOS PLAGUICIDAS: ¿QUE OCURRE?

Consecuencias ecológicas de la aplicación de plaguicidas. ¿Qué son los efectos secundarios?

A pesar de lo que acabamos de decir acerca de la lucha biológica, la aplicación de plaguicidas sigue siendo el método de control de plagas más ampliamente utilizado. Sin embargo, los plaguicidas son un arma de doble filo, pues si bien controlan a las plagas contra las que van dirigidos, pueden ocasionar también graves problemas en el agroecosistema en el que se emplearon. Todos aquellos efectos que los tratamientos fitosanitarios provocan de forma no intencional a

corto o largo plazo, ya sean perjudiciales o no, constituyen lo que denominamos **efectos secundarios de los plaguicidas**. Uno de los efectos más graves, y que vamos a comentar en esta hoja divulgadora, consiste en la **eliminación de los enemigos naturales**. Al quedar los cultivos desprotegidos de estos inestimables aliados en el control natural de plagas, los fitófagos que lleguen de nuevo al cultivo, o que no hayan sido totalmente eliminados del mismo, van a poder aumentar sus poblaciones a una velocidad mucho mayor de lo que lo habían estado haciendo hasta que se produjo la intervención, de manera que tras la aplicación fitosanitaria, podemos llegar a tener incluso mayores problemas que antes de ella, con lo que el aplicar un producto que no haya sido cuidadosamente elegido en función de sus efectos sobre la fauna útil, puede ocasionar efectos contrarios a los deseados.

Un ejemplo muy conocido de este tipo de consecuencias, lo constituye el caso de los ácaros fitófagos (araña amarilla, araña roja, etc.). Estos ácaros han estado siempre presentes en los cultivos, pero sin causar daños, puesto que sus poblaciones estaban reguladas eficazmente por sus enemigos naturales, entre los que cabe destacar, los ácaros depredadores fitoseídos, los chinches depredadores, las crisopas (Fig. 8, pág 17), etc. En la segunda mitad de este siglo, coincidiendo con la aparición de los plaguicidas de síntesis, asistimos al aumento espectacular de las poblaciones de los ácaros perjudiciales, que pasan a tener la categoría de plagas principales en muchos cultivos. Este cambio se debió al aumento del número de aplicaciones fitosanitarias, dirigidas contra diversas plagas de insectos, y que no sólo eliminó a éstas, sino a gran número de enemigos naturales, entre los que se encontraban los de las arañas, ya que los productos no eran selectivos. Así, al verse los ácaros fitófagos libres de la presión que sus depredadores ejercían sobre ellos, se produjo la explosión, que todavía persiste en la actualidad, por esta y otras razones que se han ido sumando desde entonces. Otro ejemplo de lo mismo lo constituye la situación de muchas especies minadoras de hojas en diversos cultivos: moscas del género *Liriomyza* sobre cultivos hortícolas, o diversos microlepidópteros en frutales.

Otros de estos efectos son:

- La aparición de **resistencia a los plaguicidas**. Este efecto es muy perjudicial cuando se presenta en organismos plaga, ya que im-



Fig. 3.- Pupas de *Trialeurodes vaporariorum*, mosca blanca de los invernaderos, parasitadas por *Encarsia formosa* (color negro).



plica el tener que cambiar de producto, con lo que el perjuicio es grave tanto para el fabricante del plaguicida (que verá notablemente acortada la vida útil de su producto), como para el agricultor (que verá disminuir notablemente la eficacia de sus tratamientos). Este fenómeno es, por el contrario, muy beneficioso cuando lo desarrollan los enemigos naturales, ya que ello nos permitirá el uso conjunto de esos enemigos naturales y del plaguicida en cuestión.

- **Dstrucción de otros artrópodos beneficiosos**, como son los polinizadores, entre los que destaca la abeja, y de los que depende la producción de muchos de nuestros cultivos (prácticamente, dentro de los cultivos más importantes a nivel mundial, sólo los cereales no requieren este tipo de polinización).

- **Resurgencia de plagas**, es decir, que plagas que estaban siendo controladas de forma eficaz, vuelven a cobrar importancia, a causa sobre todo de haber eliminado a sus enemigos naturales, fenómenos de resistencia, etc.

- Acumulación de **residuos de plaguicidas** en los vegetales, suelo, agua, etc., con los riesgos que ello supone para la salud humana, el ganado y para el medio ambiente.

- **Deriva** de los productos aplicados a parcelas adyacentes, con lo que los problemas de residuos pueden aparecer a kilómetros de la parcela donde se hizo el tratamiento, sobre todo en el caso de haberlos realizado con avioneta.

• **Complicaciones en las cadenas alimenticias**, que pueden provocar envenenamientos diversos.

Existen muchas definiciones del término **control integrado de plagas**. En esencia, consiste en una combinación inteligente de todos los métodos de control a nuestro alcance, incluida la no intervención, para evitar el daño económico de una plaga, pero minimizando los efectos adversos tanto ecológicos como sociológicos de tal intervención. Ello supone que hay que vigilar (mediante muestreo, ya sea por trampas, golpeo, etc.) el incremento de las poblaciones de la plaga, para intervenir únicamente cuando se sobrepasen los umbrales económicos de daño (es decir, cuando la plaga fuera a provocarnos pérdidas económicas que justifiquen la intervención). De esta definición se desprende que la utilización de los plaguicidas debe ser más racional, por lo que hay que aprovechar al máximo la selectividad y hay que estudiar la toxicidad de los plaguicidas para los organismos beneficiosos. Esto constituirá una etapa indispensable en la puesta a punto de cualquier estrategia de control integrado.

Efectos secundarios agudos y sub-letales

A partir del momento en que aparecieron los modernos plaguicidas de síntesis, se empezó a mostrar más y más interés en el estudio de la peligrosidad de las aplicaciones fitosanitarias sobre la fauna útil. Aunque al principio tales estudios se centraban únicamente en la mortalidad directa (**efectos agudos**) provocada por los fitosanitarios, más tarde se vio la necesidad de estudiar también otros efectos más sutiles sobre la fisiología (alteraciones en el número de huevos fértiles, en la longevidad, etc.) y el comportamiento (fenómenos de repelencia, dificultades para reconocer al huésped, etc.) provocados por dosis sub-letales (**efectos sub-letales**) de los plaguicidas, cuya importancia es tan grande como la de los efectos agudos, puesto que en la práctica conducen al mismo tipo de problema: cambios en la dinámica de las poblaciones y resurgencia de plagas.

Peligrosidad, riesgo y exposición. ¿Qué son?

Cuando se aborda el estudio de los efectos secundarios de los plaguicidas sobre los artrópodos útiles, lo que se determina es su **peligrosidad**.



Fig. 4.- Ninfa de cicadélido, parasitada por un drínido (familia de himenópteros ectoparasitoides).



La peligrosidad depende directamente del **riesgo** que cierto fitosanitario supone para una determinada comunidad de artrópodos útiles y de la **exposición** al plaguicida a que esté sometida dicha comunidad. El riesgo se define a su vez como el porcentaje de población afectada tras el tratamiento, ya sea de forma **aguda** (que medimos en función de la mortalidad directa observada) o **sub-letal** (cambios provocados en la fisiología y/o el comportamiento del artrópodo) y depende directamente de la toxicidad intrínseca del plaguicida, que se suele expresar como la dosis letal cincuenta, DL_{50} , que es la dosis necesaria para matar al cincuenta por ciento de la población (cuanto menor sea pues esa dosis, más tóxico será el producto).

De lo que acabamos de decir se desprende que cuanto más riesgo suponga un plaguicida para los artrópodos útiles (es decir, cuanto mayor sea su toxicidad) y cuanto mayor sea la exposición a que estén sometidos, mayor será la peligrosidad que ese producto entrañe para esos animales. Por el contrario, en el caso de un producto que fuera de mucho riesgo (es decir, muy tóxico), pero al que los enemigos naturales estuvieran poco expuestos (pensemos por ejemplo, en el caso de una trampa de feromonas cebada con insecticida), la peligrosidad será mínima.



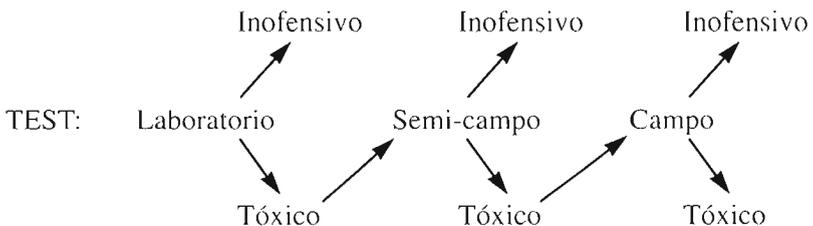
Fig. 5.- Oruga de un lepidóptero plaga de chopo, repleta de pupas de un himenóptero parasitoide poliembriónico. A partir de un único huevo se han desarrollado un número elevadísimo de individuos.

Con esto ya podemos prever los dos factores con que podremos jugar a la hora de mejorar la selectividad de un producto (es decir, hacerlo menos peligroso):

- Conseguir productos menos tóxicos (con una DL_{50} elevada), que entrañen poco riesgo, o bien
- que estén localizados en lugares donde los beneficios sean poco abundantes o donde difícilmente puedan contactar con ellos, es decir, que la exposición sea baja.

¿COMO SE MIDE LA PELIGROSIDAD EN LA PRACTICA? LOS METODOS NORMALIZADOS

A la hora de determinar la peligrosidad en la práctica, se suele seguir un esquema de tipo secuencial, como el que se recoge a continuación:





Se empezará realizando ensayos de laboratorio, para lo cual se expone a los enemigos naturales al plaguicida, en jaulas totalmente tratadas con el mismo, a la dosis más alta recomendada en campo. De esta forma se consiguen unas condiciones muy desfavorables para los enemigos naturales (dosis más alta recomendada y exposición del 100%), a las que difícilmente se llegará en campo. Lo que se pretende con estas condiciones tan alejadas de la realidad es descartar aquellos productos que resulten inocuos, ya que un producto que sea inofensivo en estas condiciones tan extremas, difícilmente podrá ser tóxico en campo. Sin embargo, un producto que haya aparecido como tóxico en estas condiciones no tiene por qué seguir siendo tan negativo en campo, por lo que con estos, habrá que realizar nuevos ensayos en condiciones más parecidas a las de pleno campo. Llegamos así a los que conocemos como test de semi-campo, en los que las condiciones siguen siendo bastante manipuladas por el experimentador, pero donde se intenta que la semejanza con la realidad aumente. Aquí ocurre otra vez lo mismo: un producto que resulte ser inocuo en estas condiciones, podrá ya ser recomendado en campo, mientras que para los productos que resulten tóxicos no quedará más remedio que recurrir a ensayos de campo para esclarecer finalmente sus efectos.

Con este tipo de esquema secuencial, se consigue que a los ensayos de campo llegue el menor número de productos, ya que este tipo de test son los más difíciles de ejecutar y los más difíciles de interpretar, por lo que cuantos más productos hayamos podido eliminar en ensayos anteriores, tanto mejor. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que los ensayos de laboratorio se realizan siempre sobre unos pocos individuos de la misma especie o sobre una sola población, por lo que sus resultados pueden subestimar los efectos crónicos, a largo plazo, que se producen por las consecuencias sobre otras especies relacionadas mediante las complicadas redes alimenticias que se establecen en cualquier ecosistema.

Fueron pioneros en este tipo de estudios un grupo de trabajo creado por la Organización Internacional para la Lucha Biológica (OILB), a principios de los años setenta. Este grupo se llama “Plaguicidas y Organismos Beneficiosos”, y se ha dedicado a desarrollar métodos normalizados para estudiar los efectos secundarios de los plaguicidas sobre los enemigos naturales representativos de distintos

cultivos, siguiendo este esquema, así como a realizar programas conjuntos de estudio de plaguicidas, de forma que hasta nuestros días, más de un centenar de productos comerciales han sido ya objeto de estudio por parte de este grupo.

El número de organismos para los que hasta el momento se ha desarrollado alguno de los métodos estandarizados es de treinta, comprendiendo no sólo a artrópodos (insectos, ácaros y arañas) sino también algunos hongos y a nematodos beneficiosos. La elección se ha hecho en todos los casos en base a su importancia para el cultivo en cuestión (principalmente en condiciones centroeuropeas, que son las de la mayoría de los miembros del grupo).

Algunos de estos organismos son los siguientes (aquéllos comercializados en la actualidad para su uso en programas de lucha biológica se han marcado con una C entre paréntesis):

Insectos parasitoides:

Aphidius matricariae (C). Pequeña avispa de distribución mundial, importante parasitoide de pulgones (Fig. 9, pág. 19).

Cales noacki. Otra avispa parasitoide de la mosca blanca de los cítricos *Aleurothrixus floccosus*, eficaz agente de control biológico de esta plaga, que se aclimató a nuestros huertos de cítricos a partir de las sueltas que se iniciaron en los años setenta.

Diglyphus isaea (C). Avispa que parasita al submarino o mosca minadora *Liriomyza trifolii*, y empleada con éxito en su control biológico (Fig. 7, pág. 15).

Encarsia formosa (C). Otra avispa que se emplea como agente de control biológico de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* en la mayoría de los países europeos en cultivos protegidos (Fig. 3 y 6, pág. 7 y 13).

Leptomastix dactylopii. Parasitoide de las cochinillas tipo "cotonet".

Trichogramma cacoeciae. Diminuta avispa. El género *Trichogramma* (C) incluye a importantes parasitoides de huevos de numerosas mariposas plagas tanto de frutales como de herbáceos.

Insectos depredadores:

Anthrenus nemoralis. Importante chinche depredador de la psila del peral, así como de otros pequeños insectos blandos y ácaros.



Fig. 6.- Liberación de *Encarsia formosa* en un invernadero de melón. Las pupas parasitadas por esta avispa, se pegan sobre un cartón, que a su vez se cuelga del cultivo.

***Aphidoletes aphidimyza* (C).** Mosca con gran interés en los invernaderos, ya que se alimenta a expensas de la mayoría de las especies de pulgones presentes en este tipo de cultivo.

Carábidos. Con esta denominación se conoce a toda una familia de escarabajos, de amplia distribución mundial. Viven en el suelo y son depredadores no específicos.

Mariquitas. Con este nombre conocemos a otra amplia familia de escarabajos (los Coccinélidos) que se alimentan fundamentalmente de pulgones.

***Chrysoperla carnea*.** Las crisopas son insectos muy corrientes tanto en los cultivos como en los bosques donde se alimentan, tanto sus larvas (Fig. 8, pág. 17) como los adultos, de una amplia gama de presas.

Sírfidos. Importante familia de moscas, que se confunden fácilmente con las avispas, por su coloración (Fig. 1, pág. 3), y que son importantes depredadores (las larvas) de pulgones.

Acaros depredadores (C):

Diversos representantes de la familia de los fitoseídos, son impor-

tantísimos agentes de control biológico de numerosas plagas, tanto ácaros fitófagos como otros pequeños insectos como, por ejemplo, trips.

Arañas:

Bajo esta denominación se engloba a numerosos depredadores no específicos, que pueden cazar, ya directamente o mediante telas, y cuya importancia varía en función de los cultivos (Fig. 10, pág. 22).

Hongos entomopatógenos (C):

Comúnmente, insectos y ácaros son atacados en la Naturaleza en condiciones de humedad y temperatura adecuadas, por diversos hongos patógenos (Fig. 11, pág. 23), algunos de los cuales se utilizan ya con éxito en la lucha biológica contra los fitófagos.

Nematodos:

Estos gusanos, que son de sobra conocidos por los problemas que nos plantean en diversos cultivos, pueden ser también beneficiosos, ya que algunas especies se desarrollan a expensas de insectos que viven en el suelo, al menos durante parte de su desarrollo. Se prevé su comercialización en España, en un futuro no muy lejano.

¿COMO SE ELIGEN LAS ESPECIES EN LOS ESTUDIOS DE PELIGROSIDAD?

Para conocer la peligrosidad de los plaguicidas sobre la fauna útil, lo ideal sería realizar ensayos sobre tantas especies como fuera posible, sin embargo, por razones prácticas, hay que dejar acotado su número. El grupo de trabajo de la OILB, propuso en un principio, que para hacerse una idea de la peligrosidad de cada producto (de cara a hacer recomendaciones sobre su uso en programas de lucha integrada), habría que estudiar sus efectos sobre, al menos cuatro especies significativas para cada uno de los cultivos donde éste se empleara. En España hasta el momento, la abeja era el único insecto útil considerado por la legislación, pero en algunos países europeos, y en toda la Comunidad Europea desde julio de 1993, ya se piden ensayos de peligrosidad sobre enemigos naturales como requisito previo al registro de nuevos plaguicidas. Este tipo de requerimiento por parte de las autoridades, hace que tanto los fabricantes como las propias auto-



Fig 7.- Suelta de *Diglyphus isaea* y *Dacnusa sibirica* en un cultivo de tomate, para controlar al submarino. Los adultos de estas avispijas, se encuentran en el interior del envase de plástico, que se debe abrir para su liberación.

ridades estén interesadas en que las especies a estudiar sean pocas y representativas. La discusión sobre cuáles deben ser estas especies sigue abierta, pero es muy probable que en un futuro no muy lejano las etiquetas de todos los fitosanitarios añadan a sus indicaciones sobre la peligrosidad del producto para el hombre, fauna terrestre, fauna acuática y abejas, la que entraña para unas pocas especies de enemigos naturales (se supone que entre 2 y 6).

LA SELECTIVIDAD DE LAS APLICACIONES FITOSANITARIAS

Ya se ha comentado que los dos factores sobre los que podemos incidir para mejorar la selectividad de las aplicaciones fitosanitarias son los dos componentes de la peligrosidad (riesgo y exposición). Podemos disminuir la exposición o bien utilizar productos menos tóxicos. Si optamos por manipular la exposición de los enemigos naturales al producto en cuestión de manera que ésta sea mínima, estaremos adoptando una estrategia de **selectividad ecológica o de uso**, mientras que si preferimos trabajar con productos que entrañen menos riesgo *per se*,

nos estaremos inclinando por aprovechar su **selectividad fisiológica o intrínseca**. En saber combinar ambos tipos de estrategia está la clave para conseguir respetar al máximo a los enemigos naturales.

Selectividad ecológica

Esta selectividad se puede conseguir utilizando productos no forzosamente selectivos, pero de forma que al aplicarlos se minimice la probabilidad de que los enemigos naturales resulten expuestos a ellos. Así se consigue disminuir la peligrosidad para los enemigos naturales, pero conservando su efectividad para la plaga contra la que van dirigidos. Para lograr esto tenemos dos posibilidades: evitar la coincidencia **temporal** o bien la **espacial** de los tratamientos y los beneficios. Se trata pues, en esencia, de aprovecharse de todas aquellas diferencias que existan entre la biología de la plaga y la de sus enemigos naturales, por lo que es imprescindible conocer con la mayor precisión posible todas las características biológicas de las especies implicadas (diferencias en sus ciclos de vida, costumbres, distribución dentro de los cultivos, lugares de reproducción, etc.).

Algunos ejemplos de cómo podemos sacar partido a estas diferencias son los siguientes:

- Tratamientos realizados al anochecer con productos de poca persistencia cuando se trate de respetar a enemigos naturales activos durante el día (tal y como ocurre con las abejas) o hacerlos al amanecer, si se trata de respetar a aquéllos que son de costumbres nocturnas (tal es el caso de los Carábidos).

- Tratamientos de focos de la parcela, para que los enemigos puedan refugiarse en las zonas sin tratar, desde las que más tarde pueden recolonizar el cultivo. Es el caso, por ejemplo, del tratamiento de focos iniciales, y no de todo el cultivo, cuando se inicia en invernadero un ataque de mosca blanca, araña amarilla o pulgones.

- Tratamientos de parte de la planta. En el caso de frutales que se estime conveniente tratar en primavera, contra araña roja, se aconseja dirigir el tratamiento hacia el exterior de los árboles, ya que allí se encuentran la mayoría de los fitófagos, mientras que sus depredadores, que están localizados sobre todo en el interior de la copa, no resultan afectados. Otro ejemplo serían los tratamientos realizados solamente sobre las partes del cultivo que soportan mayores niveles de adultos de mosca blanca, en invernadero.



Fig. 8.- Larva de *Chrysoperla carnea*. Tanto las larvas como los adultos de esta especie, son depredadores polívoros de gran interés en nuestros cultivos.



- Tratamiento cuando los enemigos naturales están en el interior de sus huéspedes, ya que en esa situación son más inaccesibles a los productos y no les afectan. Sería el caso, por ejemplo, de los himenópteros enemigos de los pulgones, que cuando están parasitados ocasionan la aparición de las momias, en cuyo interior quedan a salvo del insecticida (Fig. 9, pág. 19).

- Tratamientos a la salida del invierno. En este momento, los enemigos naturales son muy poco abundantes sobre los cultivos, por lo que se pueden emplear productos que, luego más adelante, hay que desechar, porque su toxicidad para los mismos es elevada.

Aparte de modificar el momento o lugar en que se aplique un producto, también podemos tener en cuenta la técnica de aplicación y la formulación del mismo, ya que de unas a otras varía notablemente su incidencia sobre los enemigos naturales.

Al modificar la técnica de aplicación (pulverización de alto, medio, bajo o ultra bajo volumen (UBV), espolvoreo, etc.) variamos notablemente la cantidad de agua aplicada y el tamaño de la gota, lo que a su vez incide enormemente en el recubrimiento conseguido y en la persistencia. En general, cuanto mayor sea el gasto por hectárea, mejor será el recubrimiento y, por tanto, el producto podrá llegar hasta grietas y otros refugios, afectando a aquellos enemigos natura-

les que allí se encontraran, que no resultarían afectados con un gasto menor. En este punto se ve que el conocimiento de la biología de la plaga y sus enemigos es muy importante, ya que dependiendo de éstas habrá que decidir qué es más interesante: un menor recubrimiento si los enemigos naturales están en refugios sobre el cultivo, o aumentar el recubrimiento, si además de éstos en los refugios también se encuentra la especie plaga. Si la persistencia de un producto es demasiado alta, un enemigo natural que estuviera refugiado en el momento del tratamiento (por ejemplo, dentro de su huésped, invernando, etc.), podría verse afectado igualmente por éste al abandonar su refugio (emerger del huésped, entrar en actividad tras el reposo invernal, etc.). Hay que tener en cuenta también aquí, que cuanto menor sea el gasto, mayor es la persistencia del tratamiento, y por tanto, mayor su efecto perjudicial sobre los enemigos naturales, como ocurre, por ejemplo, con las aplicaciones de UBV que, sin embargo, no llegan a inundar grietas y otros refugios en los que se encuentran éstos.

En cuanto a las formulaciones, para un mismo producto, se observa que pueden tener una toxicidad muy diferente sobre los organismos beneficiosos. Así, las aplicaciones para controlar las “rosquillas” plagas de las hortícolas (género *Spodoptera*, *Agrotis*, etc.) hechas con cebos o granulados a base de fosforados que se depositan en torno a las plantas, respetan mucho más los enemigos que los tratamientos foliares (pulverización o espolvoreo). Por la misma razón, los tratamientos aplicados en forma de empildorado a las semillas, al quedar localizado su efecto, mejoran la selectividad respecto a los tratamientos generalizados. Finalmente, los encapsulados suelen ser bastante selectivos para los enemigos naturales, aunque se ha visto que a veces, pueden afectar notablemente a las abejas, que confunden las pequeñas partículas insecticidas con granos de polen, y las llevan a la colmena.

También hay que mencionar aquí la selectividad que ofrecen los productos sistémicos, con los que se puede conseguir respetar enormemente a los enemigos naturales, controlando bien, no obstante, a las plagas chupadoras y minadoras. Con estos productos, el recubrimiento no tiene por qué ser tan elevado como en un tratamiento no sistémico, ya que la planta se encargará de distribuir el plaguicida a través de sus vasos conductores, y así podemos hacer aplicaciones



Fig. 9.- Momias de pulgón negro sobre haba. Cuando los pulgones sufren el ataque de parasitoides, como los *Aphidiidae*, toman este aspecto característico. El orificio que se observa es el que ha hecho el adulto del parasitoide al emerger.



más localizadas. Tal es el caso de la aplicación al suelo o con el agua de riego, del insecticida ciromacina en los invernaderos, para controlar al “submarino”, o de la aplicación del fosforado metil-oxidemeton a la parte inferior de la remolacha, para controlar al pulgón negro *Aphis fabae*, que respeta así a los depredadores (mariposas, sírfidos y crisopas), que se localizan en las partes altas del cultivo.

Selectividad fisiológica

Como ya se ha comentado, la selectividad fisiológica hace referencia a la propia toxicidad del producto (expresada como la DL_{50}). Desde que en los años setenta se creara el grupo de la OILB “Plaguicidas y Organismos Beneficiosos”, éste y otros grupos de investigadores, han realizado ensayos encaminados a separar sobre todo los plaguicidas en función de su selectividad fisiológica, para poder recomendar su uso en programas de Control Integrado en diversos cultivos. Un resumen de los productos más selectivos, de entre los estudiados por el grupo, por cultivos, se incluyen en las tablas 1, 2 y 3. En su elaboración se ha tenido en cuenta, al menos, cuatro de las especies reseñadas en el apartado donde explicábamos cómo se medía la peligrasidad en la práctica. Además de estos productos, hay otros muchos que están en fase de estudio, y de los cuales se espera que muestren una buena selectividad hacia la fauna útil.

Tabla 1
INSECTICIDAS Y ACARICIDAS MENOS PERJUDICIALES PARA LOS ENEMIGOS NATURALES MAS RELEVANTES POR CULTIVOS

| | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|
| Cereal | Pirimicarb | | | |
| Industriales | Pirimicarb | | | |
| Hortícolas | <i>B. thuringiensis</i> | Pirimicarb | | |
| Invernadero | <i>B. thuringiensis</i> | Fenbutestán | | |
| Frutales | <i>B. thuringiensis</i> Fenoxycarb | Clofentezín Hexitiazox | Diflubenzurón Pirimicarb | Fenbutestán |
| Viñedo | <i>B. thuringiensis</i> Tetradifón | Fenbutestán | Fenoxycarb | Hexitiazox |

Generalmente, cuando un agricultor se plantea realizar un tratamiento selectivo, la selectividad a la que suele acudir es la de este tipo, la fisiológica, es decir, a emplear productos poco tóxicos para los enemigos naturales. Sin embargo, el uso repetido de este tipo de productos, como el de cualquier otro tipo, puede conducirnos a otros problemas con los que no contábamos en un principio, tales como la aparición de fenómenos de resistencia. Por ello, lo ideal debería ser el emplear productos selectivos (selectividad fisiológica), conjuntamente con otros productos no tan selectivos por sí mismos, pero aplicados de forma que sí lo sean (selectividad ecológica).

LOS ENEMIGOS NATURALES RESISTENTES A LOS PLAGUICIDAS

Ya se comentó que el fenómeno de la aparición de resistencia tenía unas implicaciones de carácter totalmente distinto cuando se diera en especies plaga o en enemigos naturales de las mismas. En el primer caso, se trata de un problema que nos obliga a replantearnos la estrategia de lucha contra la especie que haya desarrollado el fenómeno, ya que al tolerar dosis de producto que eliminaría a una población normal de su misma especie, hay una pérdida de rendimiento en los plaguicidas implicados. Sin embargo, cuando sean enemigos naturales los que se hayan hecho resistentes a los plaguicidas, esto nos abrirá la posibilidad de utilizarlos (las razas resistentes) conjuntamente con los productos para los que se hayan hecho resistentes,



Tabla 2
HERBICIDAS MENOS PERJUDICIALES PARA LOS ENEMIGOS
NATURALES MAS RELEVANTES POR CULTIVOS

| | | | |
|--------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| Cereales | 2,4-D Sal Amina | Metabenzotiazurón | |
| Industriales | Atrazina | Metabenzotiazurón | Simazina |
| Hortícolas | Bentazona Quizalofop Etil | Butil Fluacifop | Ioxinil Octanoato |
| Frutales y Viñedo | Simazina | | |

Tabla 3
FUNGICIDAS MENOS PERJUDICIALES PARA LOS ENEMIGOS
NATURALES MAS RELEVANTES POR CULTIVOS

| | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------------|
| Cereal | Carbendazima | Etirimol | Flutriafol | Triforina |
| Industriales | Bitertanol Oxicl. Cobre | Bupirimato | Captan | Iprodiona |
| Hortícolas | Fenarimol Nuarimol Triforina | Hexaconazol Oxicl. Cobre | Iprodiona Procimidona Vinclozolina | Mancozeb Propineb |
| Invernadero | Bitertanol Mancozeb Triforina | Fenarimol Procloraz Vinclozolina | Hexaconazol Propiconazol | Iprodiona Triadimenol |
| Frutales | Bitertanol Iprodiona | Bupirimato Nuarimol | Captan Oxicl. Cobre | Ditianona Vinclozolina |
| Viñedo | Folpet Procimidona Vinclozolina | Hexaconazol Triadimenol | Iprodiona Triforina | Oxicl. Cobre |

puesto que éstos ya no representarán ningún riesgo para ellos.

Desgraciadamente, este fenómeno se presenta con mucha mayor frecuencia entre las especies plaga que entre los enemigos naturales (cerca de 500 especies plaga frente a tan sólo unas 30 especies de enemigos naturales), y de momento, sólo parece prometedor en los ácaros fitoseídos, que parecen tener un mayor potencial para desarrollar resistencia, que el resto de los enemigos naturales. El interés,



Fig. 10.- Araña alimentándose de un garrapatico sobre una espiga. Las arañas, abundantísimas en nuestros cultivos, son depredadoras poco estudiadas, pero que pueden jugar un importante papel en la regulación de poblaciones de insectos plaga.

sin embargo, es enorme, ya que en laboratorio se pueden seleccionar en un tiempo relativamente corto razas resistentes no sólo de estos ácaros fitoseídos, sino también de crisopas (y se intenta para otros depredadores y parasitoides) lo que abre la posibilidad de su utilización en campo, presentando notables ventajas frente a las razas no resistentes de estas especies.

EL MANEJO INTEGRADO DE LAS PLAGAS: ESTRATEGIAS PARA EL USO CONJUNTO DE PLAGUICIDAS Y ENEMIGOS NATURALES EN LA PROTECCION DE CULTIVOS

El concepto de **lucha integrada** hace hincapié en la necesidad de combinar armoniosamente todas aquellas técnicas de control de plagas de que disponemos para hacerlas lo más respetuosas con el medio ambiente.

La **lucha química** es una de las armas más poderosas de que disponemos para hacer frente al ataque de los numerosos fitófagos que afectan a nuestros cultivos. Sin embargo, este mismo poder puede provocar efectos distintos de aquéllos que perseguíamos (los **efectos secundarios**), por lo que su uso debe ser muy cuidadoso. Uno de estos efectos es la **eliminación de los organismos beneficiosos** de nuestros cultivos, entre los que destacan los enemigos naturales de



Fig. 11.- Cochinilla afectada por una micosis. Los hongos entomopatógenos pueden tener importancia en condiciones de temperatura y humedad adecuadas.



las especies plaga. Sólo un buen conocimiento de estos efectos secundarios nos podrá conducir en un futuro a un uso racional de los plaguicidas en conjunción con aquéllos.

A menudo los enemigos naturales son capaces de controlar las poblaciones de algunas de las plagas que afectan a un cultivo determinado, pero siempre suele haber alguna que escapa a su control, por lo que nos veremos obligados a recurrir a la aplicación de algún tratamiento fitosanitario para controlarla; en otros casos, los enemigos naturales ejercen un buen control sobre las especies plagas, pero ese control es insuficiente para nuestras exigencias (umbral de tolerancia), por lo que deberemos recurrir nuevamente a la aplicación de plaguicidas para ayudar a los enemigos naturales en su actividad reguladora. Tanto en éste como en el caso anterior, los plaguicidas deberán ser aplicados de tal modo que complementen en lugar de entorpecer la labor de los enemigos naturales. El aprovechar las diferencias de sensibilidad que muestran unas especies y otras frente a un mismo producto nos permitirán realizar aplicaciones de productos **fisiológicamente selectivos**; si por contra, lo que explotamos son las diferencias en los ciclos de vida, costumbres, etc., entre plagas y sus enemigos, lo que conseguiremos es una **selectividad ecológica** de los tratamientos. En ambas opciones está la clave para que en un futuro plaguicidas y organismos beneficiosos puedan trabajar juntos en nuestro provecho.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a D. Pedro Del Estal la realización de las fotografías.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALOMAR, O., ADILLON, J., BORDAS, E., CASTAÑE, C., GABARRA, R. y ALBAJES, R. 1989. Prácticas culturales de control integrado en invernadero. *Hoja Divulgadora*, nº 11. 28 pp.

CARNERO A., ESPINO, A., HERNANDEZ, M. y BARROSO, J. 1988. La lucha integrada, una nueva estrategia para combatir las plagas. *Hoja Divulgadora*, nº 12. 20 pp.

JACAS, J. A. y VIÑUELA, E. 1992. Efectos secundarios de los plaguicidas sobre la fauna útil en viñedos. *Vitivinicultura*. 4: 49-53.

JACAS, J. A. y VIÑUELA, E. 1993. Los tratamientos fitosanitarios en los frutales y la fauna útil. *Hortofruticultura*. 5: 56-62

JACAS, J. A. y VIÑUELA, E. 1993. Los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos en agricultura. II Fungicidas. *Phytoma España*. 48: 45-52

M.A.P.A. ed., 1991. Plagas del tomate: bases para el control integrado. MAPA. 194 pp.

VIÑUELA, E., JACAS, J. A., MARCO, V., ADAN, A y BUDIA, F. 1993. Los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos en agricultura y el grupo de trabajo de la OILB "Plaguicidas y organismos beneficiosos". I. Insecticidas y acaricidas. *Phytoma España*. 45: 18-25.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION
Corazón de María, 8 - 28002-Madrid