

FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE PLAGAS BASADOS EN EL USO DE FEROMONAS Y OTRAS SUSTANCIAS DE COMUNICACIÓN



Adulto de *Zeuzera*. Foto: J. Avilla

01 Introducción

La historia moderna del control de plagas empieza con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT (diclorodifenil-tricloroetano) y la extensión de su uso tras la Segunda Guerra Mundial. El éxito logrado potenció la investigación de nuevas sustancias con propiedades insecticidas, de forma que poco después ya se disponía de insecticidas que pertenecían a varias familias químicas: organoclorados (como el mismo DDT), organofosfatos (década de los años 50) y carbamatos (década de los años 60). Actualmente, ya hay muchas más familias químicas de productos fitosanitarios, y la lucha química es la herramienta de control de plagas más utilizada en cualquier parte del mundo. Sin embargo, poco después de haber empezado su aplicación, se levantaron voces denunciando el peligro derivado de su uso, tales como su toxicidad para humanos, para la fauna y para el medio ambiente. Las mismas plagas dieron otra razón para ser cuidadosos en el uso de plaguicidas: las primeras poblaciones resistentes a los plaguicidas no tardaron en aparecer. A co-

mienzos de los años 90, la Comisión Europea decidió que todos los productos fitosanitarios pasaran por un nuevo proceso de registro, más exigente. La directiva comunitaria 91/414 CEE supuso desde su entrada en vigor la revisión de todos los productos fitosanitarios (insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas y otros), con el fin de unificar los criterios de autorización en todos los países que forman la Unión Europea. Esta directiva ha sido la responsable de la eliminación de muchos productos plaguicidas, lo cual implica que el control de algunas plagas en un futuro próximo sea más complicado, pero que impulsará sin duda la aplicación de técnicas de control de plagas más respetuosas con la salud humana y el medio ambiente.

La búsqueda de otros métodos de control de plagas no se paró completamente en ningún momento. La lista es extensa y se incluye el uso de técnicas de cultivo (control cultural), de plantas resistentes o tolerantes a los ataques de las plagas (resistencia vegetal y tolerancia vegetal), de enemigos naturales (control biológico), de patógenos de las plagas (control microbiano),

de sustancias que controlan o que interfieren el comportamiento de los individuos (control etológico) o incluso, de individuos estériles de la misma plaga (control autocida). De todas estas alternativas, el presente Dossier trata de los métodos de control etológico, que se basan en el uso de sustancias de comunicación entre individuos, o sus análogos: confusión sexual, captura en masa, atracción y muerte o esterilización y otros métodos en proceso de desarrollo. De forma adicional, trata también del control microbiano, puesto que se utiliza de forma combinada con los mencionados.



La peligrosidad para los humanos y el medio ambiente de los métodos no químicos de control de plagas es más baja que la de los plaguicidas.



Foto 1. Larva de carpocapsa infectada por el virus de la granulosis. Foto: J. Avilla



Foto 2. Larva de Zeuzera atacada por hongos entomopatógenos. Foto: J. Avilla

El porqué del tratamiento tan especial hacia este tipo de métodos lo debemos buscar principalmente en su nula o baja peligrosidad, tanto para los humanos como para el medio ambiente. Por otra parte, cada vez más son métodos de lucha mejor contrastados, que generan más confianza para su utilización y que son más populares. La necesidad de hablar de estas herramientas es pues cada vez más evidente

02 El control microbiano

El control microbiano consiste en el uso de patógenos de las plagas, que son microorganismos causantes de enfermedades, o también de sus productos. Los microorganismos utilizados son principalmente, virus (Foto 1), bacterias y hongos (Foto 2). Los virus, las bacterias y los hongos de insectos sólo atacan insectos, de forma que el riesgo de provocar una enfermedad en cualquier otro animal es nulo. Incluso, algunas especies son muy específicas y solo atacan a un grupo de pocas especies de plagas. Los patógenos de insectos se pueden utilizar de varias maneras, pero la más frecuente es aplicarlos como los insecticidas convencionales, con la misma maquinaria. Esto es posible porque se han desarrollado métodos de multiplicación y formulación



La confusión sexual, la captura en masa y la atracción y muerte se basan en el uso de productos que los insectos usan para comunicarse.

de los patógenos. Los productos insecticidas a base de microorganismos o bien de sus productos suelen recibir el nombre de bioinsecticidas.

Recientemente, se ha autorizado en cultivos frutales el primer bioinsecticida a base de un hongo (*Beauveria bassiana*), para el control de moscas de la fruta y de psila, entre otras plagas. En el caso de las bacterias, ha registrado bioinsecticidas a base de *Bacillus thuringiensis* para su uso contra orugas defoliadoras (lepidópteros). Sin embargo se utilizan muy poco porque su eficacia no es en general suficiente. En el caso de los virus, hay dos formulaciones del virus de la granulosis de carpocapsa (CpGV), que constituyen una herramienta de control a tener en cuenta en un programa de control integrado. El virus de carpocapsa actúa sobre larvas por ingestión, y es muy eficaz; bastan pocas partículas del virus para provocar la muerte de la larva (Foto 1). Aun así, la rapidez de su acción depende del número de partículas ingeridas, lo cual es muy importante en una especie como la carpocapsa, que daña directamente el fruto. Es muy específico para larvas de carpocapsa, de forma que su efecto sobre la fauna útil es muy escaso y sobre el hombre, nulo. Su persistencia está condicionada sobre todo por la radiación solar, puesto que las partículas del virus son desactivadas por dicha radiación.

03 Las sustancias de comunicación de los insectos

El mundo olfativo de los insectos es mucho más grande que el nuestro. Los insectos utilizan una gran variedad de compuestos químicos para comunicarse entre ellos y con el medio que los rodea. Gracias a sus antenas, son capaces de

detectar cantidades muy pequeñas en el ambiente, seguir el rastro del olor y encontrar la fuente de su emisión. Cuando una sustancia química es utilizada por individuos de la misma especie para comunicarse entre ellos se denomina feromona. Una feromona puede servir entre otras cosas, para que un macho encuentre a una hembra (feromona sexual; en algunas especies, son los machos los que emiten la feromona sexual), para que una hembra avise a machos y hembras para acudir a un cultivo (feromona de agregación), para que un individuo avise a un grupo de que es mejor irse (feromona de alarma) o de que una hembra avise a otros de que una fruta ya está ocupada (feromona de marcaje). En muchas ocasiones, una feromona es un conjunto de sustancias químicas en unas proporciones determinadas, no una única sustancia. Aun así, una de las sustancias está en mayor cantidad que el resto y se denomina componente mayoritario. Los insectos también utilizan olores para detectar a su huésped, sea una planta (como en el caso de una plaga) o una presa (como en el caso de un depredador) o su fuente de alimentación. En el transcurso de la investigación, se han encontrado sustancias que no se encuentran en el medio de una especie, pero que también tienen un poder de atracción sobre los individuos; son denominados de manera general, atrayentes. Por lo tanto, las feromonas son también, atrayentes.

Las feromonas y los atrayentes son muy utilizados en control de plagas para conocer lo que quiere el adulto, pero de este tema no trataremos en este dossier. Su uso en métodos de control de plagas se concreta principalmente en la confusión sexual, la captura en masa, la atracción y muerte y la atracción y esterilización.

04 La confusión sexual

El objetivo de la confusión sexual es evitar el encuentro de machos y hembras y por lo tanto, su apareamiento y la puesta de huevos fértiles. La idea inicial es tan sencilla como genial: en un ambiente cargado de un olor determinado es casi imposible detectar la o las fuentes de su emisión. Por lo tanto, si se consigue que en la parcela haya una concentración de feromona suficientemente alta y uniforme, el olor emitido por las hembras quedaría escondido y los machos no podrían encontrarlas. Esto parece relativamente fácil en un ambiente cerrado, pero no tanto en un campo de manzanos. Una segunda idea se añadió después: si en el cultivo hubiera una gran cantidad de "superhembras", fuentes que emitieran una cantidad de feromona más grande que la de las hembras normales, los machos seguirían las pistas producidas por las "superhembras", y nunca encontrarían una hembra normal. De hecho, no siempre está bien claro cual de las dos posibilidades es la que está actuando, pero lo que importa es que el método funciona.

En definitiva, la confusión sexual consiste en distribuir en la parcela de la manera y en el lugar apropiado, un número determinado de fuentes de feromona: los difusores (Foto 3). El número de difusores depende de cada especie y de la tecnología desarrollada, como veremos en los capítulos siguientes. En la mayoría de los casos, el difusor son piezas de caucho de plástico o de membranas (son los difusores convencionales) y están cargados con la feromona o más frecuen-

temente, sólo con su componente mayoritario. Hay también otros tipos de confusión sexual: los difusores controlados (Foto 4), la feromona micro-encapsulada (Foto 5) y la autoconfusión (Foto 6).

Dado un buen difusor convencional de confusión sexual, es decir, un difusor que emita la cantidad de feromona necesaria durante todo el periodo de tiempo necesario, lo cual es una cuestión técnica, el éxito de la confusión sexual depende de un conjunto de factores que se deben tener muy en cuenta. Pueden variar de una especie a otra pero en general, son los siguientes:

- El momento de colocación de los difusores. Los difusores se deben colocar antes del inicio del vuelo de los adultos, para evitar los emparejamientos desde el principio.
- El lugar de colocación de los difusores. Los difusores se deben colocar en un lugar específico del árbol, que depende de la especie.
- La distribución de los difusores. Se debe prestar especial atención a los bordes, a las fuentes de infestación próximas y a la dirección de los vientos dominantes.
- La inmigración de hembras emparejadas. Como el método no mata los individuos, las hembras inmigrantes podrán poner huevos. Para minimizar la posibilidad de inmigración es necesario:
 - que la superficie de confusión esté aislada,
 - que no existan focos de infestación próximos,
 - que la superficie de confusión sea lo más grande posible,
 - que se protejan especialmente los bordes de la plantación.



Las características de la confusión sexual hacen necesario que la lucha sea colectiva y, por lo tanto, que necesite de la colaboración de los agricultores que comparten la misma zona de cultivo.

- Las características de la plantación. Es mejor que la plantación tenga una forma regular, que sea uniforme y que sea plana.
- La densidad de la población de la plaga. Si la densidad es demasiado alta, la mayor probabilidad de que los machos encuentren las hembras por azar puede hacer fracasar el método.

La mejor estimación de la eficacia de la confusión sexual es la cantidad de daños en el momento de la cosecha. Aun así, este momento es demasiado tardío si el éxito no ha sido el deseado. Debemos disponer de herramientas que nos permitan conocer la evolución de la plaga y la eficacia del método durante la campaña. Para la primera cuestión, no podemos utilizar las trampas de feromonas convencionales, puesto que los difusores de muestras no emiten la suficiente cantidad de feromona. Se utilizan trampas con difusores cargados con una cantidad de feromona más grande (10 ve-



Foto 3. Difusor convencional de confusión sexual. Foto: R. Torà



Foto 4. Difusor de confusión sexual de liberación controlada. Foto: R. Torà



Foto 5. Microcapsula de confusió sexual. Foto: R. Torà

ces la cantidad normal) o difusores con feromona más otros atrayentes, como veremos más adelante en el caso concreto de carpocapsa. Si conocemos la relación entre las capturas en estas trampas y las pérdidas que causan, podremos decidir si hay que tomar una medida de control complementaria o no. Para la segunda cuestión, es necesario realizar recuentos de frutos atacados.

Además de los difusores convencionales, hay tres maneras de aplicar confusión sexual: los difusores controlados, la feromona microencapsulada y la autoconfusión. Los difusores controlados emiten una cierta cantidad de feromona cada cierto tiempo y en momentos determinados del día, lo cual permite ahorrar feromona y emitirla en los momentos de máxima actividad de los individuos. La densidad de difusores por hectárea es mucho más pequeña que en el caso de los convencionales. En la



Foto 6. Unidad de control de autoconfusión. Foto: R. Torà

microencapsulación, la feromona está en microcápsulas muy pequeñas, que se adhieren al cultivo y emiten la feromona. Se aplica mediante pulverización y tiene una duración de 1-2 meses. En la autoconfusión, los machos son atraídos a trampas donde son contaminados por la feromona adherida a un polvo electrostático. Los machos se convierten así en emisores móviles de feromona.

El coste de la confusión sexual es todavía más elevado que el de los tratamientos químicos, puesto que hasta ahora el tiempo de colocación es elevado. La confusión sexual es un método de control específico, puesto que sólo afecta a la especie de la plaga teniendo una toxicidad para animales y ambiental baja. Es eficaz contra poblaciones de la plaga que hayan desarrollado resistencia a insecticidas y es compatible con otros métodos de control como el control biológico contra otras plagas.

05 La captura en masa

La captura en masa consiste a capturar el número suficiente de individuos, normalmente los adultos, de una población con el fin de mantenerla por debajo del umbral de tolerancia. Este objetivo se consigue mediante la distribución en la parcela de un número determinado de trampas provistas de un cebo y de un sistema para evitar el escape de los individuos capturados. La forma de la trampa utilizada depende de la especie plaga, aunque hay algún tipo de trampa como la trampa de tipo "embudo", que se puede utilizar para varias especies (Foto 7). La trampa denominada "mosquer", en sus diferentes formas (Foto 8), se utiliza para la captura en masa de moscas de la fruta, como se explicará en el dossier correspondiente.

El cebo es un atrayente; bien una feromona sexual o de agregación, un atrayente sexual o



Foto 7. Trampa de captura en masa del tipo "embudo", utilizada para varias especies de plagas. Foto: J. Avilla



Foto 8. Trampa de captura en masa del tipo "mosquer", utilizada para moscas de la fruta. Foto: R. Torà



Foto 9. Trampa de captura en masa del tipo "mosquer" y difusores de los atrayentes. Foto: R. Torà

un atrayente alimentario. Si el atrayente es una feromona sexual, solo se capturan los individuos del sexo que responde a ésta, normalmente los machos. Aun así, como un macho es capaz de aparearse con varias hembras, es necesario capturar un porcentaje muy alto de los mismos antes de que puedan emparejarse, para que el método tenga éxito. Si el atrayente es una feromona de agregación, los individuos de los dos sexos serán capturados. No hay por el momento ningún ejemplo de utilización de la feromona de agregación de una especie plaga de frutales. Si se utiliza un atrayente alimentario, también se capturarán ambos sexos, y además, individuos de otras especies como determinados enemigos naturales, puesto que el atrayente alimentario no es específico.

Para evitar el escape de los individuos capturados se utiliza una pastilla de insecticida (Foto 9). Hasta ahora el más frecuente era el diclorvos, pero este no será registrado y, por lo tanto, se están buscando otras posibilidades.

El momento de colocación de las trampas es muy importante. Se deben colocar antes de la emergencia de los adultos. En cuanto al número de trampas por hectárea, varía entre 6 y 12 para plagas como *Sesia* y *Zeuzera* y entre 50 y 75 para *Ceratitis*.

06 La atracción y muerte y la atracción y esterilización

La atracción y muerte consiste en la distribución en el cultivo de un cierto número de puntos que contienen un atrayente y un insecticida (Foto 10). Se puede considerar, por tanto, una forma de

captura en masa, pero el número de puntos de emisión es mucho más grande que el número de trampas. El atrayente puede ser nuevamente una feromona u otro tipo, de forma que se atraerán y por lo tanto morirán, los individuos de la plaga de uno de los dos sexos. El insecticida puede tener efecto por inhalación o por ingestión y contacto. En este último caso, el atrayente debe ser un atrayente alimentario, para que los individuos ingieran el insecticida. La atracción y muerte tiene la ventaja de poder ser utilizada en parcelas donde no se pueda emplear confusión sexual, por ejemplo por su forma. Uno de los inconvenientes es el coste de distribución de los puntos de emisión.

La atracción y esterilización combina el uso de un atrayente y de un insecticida que esteriliza los individuos, pero no los mata (Foto 11). La aparición de estos individuos estériles, machos y hembras, no da lugar a ninguna descendencia. Parece algo absurdo atraer los individuos y esterilizarlos en lugar de matarlos, pero la reducción de la población que se consigue esterilizando es más grande que matando.

En los dos casos, hay ventajas importantes en la manera de utilizar el plaguicida, en relación con la manera convencional; la deriva es prácticamente nula, los residuos en fruta son prácticamente inexistentes y el efecto sobre enemigos naturales y otros insectos se reduce mucho.

07 Otros métodos en desarrollo

El uso de las feromonas de alarma de los pulgones es una de las posibilidades del futuro próximo. La primera idea -utilizar las feromonas en

polvo con el fin de provocar la dispersión de los individuos- ha sido sustituida por la producción de plantas genéticamente modificadas capaces de producir ellas mismas la feromona de alarma.

Se conoce desde hace tiempo la feromona de marcaje de fruta que utiliza la mosca de la cereza para evitar que otra hembra ponga un huevo en la misma cereza en que lo ha hecho ella. Pronto se comprobó el uso en campo, con el fin de marcar todas las cerezas. Los resultados fueron buenos, pero la persistencia de la feromona aplicada en el campo es muy pequeña como para su aplicación comercial.

08 Autores



Jesús Avilla Hernández
 Área de Protección de Cultivos,
 Centro UDL-IRTA de R+D. Universidad de Lleida
 Rovira Roure, 191. 25198 - Lleida
jesus.avila@irta.cat



Dolores Bosch Serra
 Área de Protección de Cultivos,
 Centro UDL-IRTA de R+D. IRTA
 Rovira Roure, 191. 25198 - Lleida
dolores.bosch@irta.cat



María José Sarasúa Saucedo
 Área de Protección de Cultivos,
 Centro UDL-IRTA de R+D. Universidad de Lleida
 Rovira Roure, 191. 25198 - Lleida
mariajose.sarasua@irta.cat



Foto 10. Unidad de control de la atracción y muerte M4. Foto: R. Torà



Foto 11. Unidad de control de la quimioesterilización ADRESS. Foto: R. Torà