

SE HA APLICADO CON ÉXITO PARA EL CONTROL DE ESTA PLAGA, SIN EFECTOS NEGATIVOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

La técnica de confusión sexual como método de control de la polilla del racimo de la vid

La polilla del racimo de la vid continúa ocasionando graves daños en el viñedo español. En el contexto del manejo integrado de plagas están surgiendo desde hace ya algunos años, nuevas herramientas de control diferentes a la lucha química e incorporables a dicho manejo. Algunas de las más prometedoras uti-

lizan feromonas sexuales, destacando entre ellas, la técnica de confusión sexual. Si bien requiere de un análisis previo de adecuación, los resultados obtenidos hasta el momento y una cada vez más precisa puesta en marcha del método hacen altamente recomendable su uso.

**María Gloria Sáenz-Romo,
Héctor Martínez-García, Vicente Santiago
Marco-Mancebón e Ignacio Pérez-Moreno.**

Unidad de Protección de Cultivos. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. Logroño (España).

La polilla del racimo de la vid, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae), está considerada como la plaga más importante de la vid en España. Sus poblaciones se reparten por todo el territorio nacional, aunque las zonas con influencia mediterránea son especialmente susceptibles a su ataque, debido a los mayores niveles de humedad y temperatura. Respecto a la importancia económica y los daños de la plaga en nuestro país, la incidencia de *L. botrana* en el viñedo es poco homogénea: escasa en las regiones atlánticas, variable en el centro, habitual y mayor en el sur y valle del Ebro, e importante en todo el litoral mediterráneo.

Los daños más importantes son los derivados de las heridas que las larvas de las generaciones posteriores a la primera producen en las bayas (las de la primera forman glomérulos **-foto 1-** que no llegan a causar daños significativos), ya que facilitan la penetración de los



Foto 1. Glomérulo formado por una larva de la primera generación de la polilla del racimo, *Lobesia botrana*.

microorganismos responsables de diversas podredumbres del racimo (podredumbre gris, ácida y secundarias), pudiéndose así ocasionar importantes pérdidas económicas en el cultivo.

Tradicionalmente, la defensa planteada contra la polilla del racimo se ha basado en la utilización de insecticidas neurotóxicos poco se-

lectivos. Esta práctica, entre otros efectos secundarios no deseables, afecta negativamente sobre el control biológico natural en el viñedo, al provocar la reducción e incluso eliminación de especies auxiliares que ayudan a controlar las poblaciones de polilla y otras plagas.

Algunas alternativas al control químico convencional se basan en el empleo de los llama-

dos semioquímicos. Se trata de sustancias implicadas en la comunicación entre insectos y entre cuyas ventajas merece la pena destacar su gran selectividad y su actividad a concentraciones muy bajas. Se pueden dividir en dos grupos: aleloquímicos y feromonas. Los aleloquímicos son semioquímicos cuya actividad se ejerce entre individuos de diferentes especies, es decir, provocan interacciones interespecíficas (**cuadro I**). Por su parte, las feromonas son sustancias segregadas al medio por un individuo y captadas por otro de la misma especie, en el cual provoca una reacción específica (comunicación intraespecífica).

Tipos de feromonas y su uso en control de plagas

Las feromonas son sustancias de secreción externa producidas por un individuo de una especie y captadas por otro de la misma, en el cual originan un cambio de comportamiento, que es reversible, o un cambio permanente de orden fisiológico. Existen distintos tipos de feromonas según sea su función (**cuadro I**), pero solo dos han sido utilizados hasta el momento en el control de plagas: las feromonas sexuales y, en menor medida, las feromonas de agregación.

Las feromonas sexuales y de agregación son inductoras, ya que provocan un cambio in-

La eficacia del método de confusión sexual se incrementa de forma considerable con un uso continuado del mismo. Diversas pruebas de campo ofrecen resultados de daños nulos o prácticamente nulos a partir del cuarto año de tratamiento. Por el contrario, la no aplicación de la técnica durante un año conlleva la recuperación casi inmediata de la plaga

mediato en el comportamiento de un individuo. Las feromonas sexuales son aquellos compuestos semioquímicos que, emitidos generalmente por la hembra, inducen un comportamiento de atracción y de cópula en los machos de la misma especie. Hasta el momento, se han aislado e identificado más de mil compuestos con actividad de feromona sexual para más de sesenta familias de insectos. Por su parte, las feromonas de agregación son sustancias que orientan a los individuos adultos de una especie hacia lugares de concentración, alrededor del

individuo emisor. La congregación tiene diversas funciones, entre ellas se encuentra la de agrupar individuos de ambos sexos en un área determinada, la defensa contra enemigos naturales y los ataques en masa contra un huésped debilitado.

Estos compuestos constituyen una herramienta útil en la represión de las plagas y su práctica es compatible con el manejo integrado, ya que posibilita el control de las poblaciones de insectos sin producir efectos secundarios negativos (no contaminación del medio ambiente, inocuidad frente a otros organismos beneficiosos y contribución al manejo de resistencias). Esto es debido a su especificidad, sensibilidad y nula toxicidad. La utilización práctica de estas feromonas en el control de plagas se puede llevar a cabo de cuatro formas diferentes (**cuadro II**): detección y seguimiento de poblaciones de insectos plaga; captura o trapeo masivo; control por atracción y muerte; y confusión sexual.

La detección y el seguimiento de las poblaciones se lleva a cabo mediante el uso de trampas atrayentes cebadas con semioquímicos (feromonas sexuales o de agregación) que mediante el recuento de los individuos capturados permiten obtener datos con uno o varios de los siguientes propósitos: detección de la presencia de insectos plaga; determinación de los periodos de emergencia de adultos; elaboración de mapas de distribución; y evaluación de la abundancia de la plaga. Además, los datos de capturas proporcionan información que ayuda a determinar el momento más adecuado para la aplicación de tratamientos insecticidas. En el caso de *L. botrana*, se utilizan trampas con feromona sexual (**foto 2**) para obtener las curvas de vuelo de cada generación y decidir el momento óptimo para la aplicación de tratamientos insecticidas, según sea su modo de acción (ovicida y/o larvicida).

La captura masiva consiste en el empleo de un elevado número de trampas cebadas con feromonas con el objeto de capturar y eliminar el mayor número posible de individuos plaga. Su uso está indicado, especialmente, para el control de especies muy dispersas, contra las cuales el control químico no es recomendado. Para el control de *L. botrana*, el trapeo no es efectivo, a causa del elevado coste que supone disponer de una alta densidad de trampas en la superficie a proteger y de la elevada capacidad de apareamiento de los machos.

CUADRO I.

Tipos de semioquímicos y funciones que desempeñan.

Semioquímicos	Tipos	Función
Aleloquímicos (comunicación interespecífica)	Alomonas	Benefician al insecto emisor (repulsivos, venenos, etc.)
	Cairomonas	Benefician al insecto receptor (atrayentes para enemigos naturales)
	Sinomonas	Benefician a ambos (relaciones planta-enemigo natural)
Feromonas (comunicación intraespecífica)	Sexuales	Atraen al sexo opuesto con fines reproductores
	Agregación	Agrupar individuos de ambos sexos
	Alarma	Estimulan el escape o la defensa
	Marcado de pistas	Guían hacia la fuente de alimentación
	Regulación de castas	Determinan el tipo de comportamiento en insectos sociales

CUADRO II.

Aplicaciones de las feromonas en el control de plagas.

Feromonas	Modo de uso en control de plagas
Sexuales Agregación	Detección y seguimiento de poblaciones
	Captura o trapeo masivo
	Control por atracción y muerte
Sexuales	Confusión sexual



Foto 2. Base engomada, difusor de feromona sexual y adultos capturados en una trampa tipo delta para el seguimiento fenológico de la polilla del racimo, *Lobesia botrana*.

El control por atracción y muerte combina el uso de feromonas y plaguicidas, exponiendo al insecto atraído a un compuesto infeccioso, esterilizante o tóxico, que lo convierte en un vehículo de infección, en un agente de esterilización intraespecífica, o directamente produce su muerte. Esta técnica difiere de la captura masiva en que una vez el insecto es atraído por el semioquímico no es capturado en una trampa, sino que queda libre una vez que ha entrado en contacto con su contenido pernicioso. No se utiliza en el caso de *L. botrana*.

Por último, la confusión sexual es un método de control de plagas que consiste en bloquear la comunicación entre los insectos macho y hembra mediante la saturación del medio

con feromona sexual femenina, por medio de la colocación de difusores en los cultivos, lo que confunde al macho durante el vuelo, dificultándole la localización de la hembra y su posterior acoplamiento. Con ello, se consigue que disminuya drásticamente el número de hembras fecundadas y, por lo tanto, disminuya la densidad de población de la plaga en la generación siguiente.

La confusión sexual se ha aplicado con éxito para el control de la polilla del racimo de la vid, sin efectos negativos para el medio ambiente.

Las ventajas de esta técnica son:

- Aumenta su efectividad con el tiempo.
- Bajo impacto ambiental.

- Capaz de reducir la plaga por debajo de su umbral económico de daños.
- Coste económico asumible.
- Elevada especificidad.
- Facilidad en la aplicación sin riesgos.
- La plaga no desarrolla resistencia.
- No deja residuos en las plantas.
- Respeta a la fauna auxiliar.

Por otro lado, esta técnica también presenta los siguientes inconvenientes:

- Dejar de aplicar la técnica durante un año implica la recuperación de los niveles de la plaga.
- La eficacia del método se reduce en parcelas sometidas a fuertes vientos.
- La orografía del terreno debe ser preferiblemente plana.
- Los bordes de la parcela deben estar protegidos mediante una mayor densidad de difusores.
- Menor eficacia con elevadas densidades de población plaga.
- Se requieren grandes superficies o parcelas aisladas.

Difusores de confusión sexual para el control de la polilla del racimo

El uso de la confusión sexual para el control de la polilla del racimo de la vid se basa en la emisión de feromona sintética, concretamente la E7, Z9-dodecadienil acetato (E7, Z9-12AC), mediante difusores ubicados convenientemente por toda la superficie de la parcela. En la actualidad, tan solo dos modelos de difusores están registrados y autorizados por el

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama): Isonet L (Shin-Etsu) (foto 3) y Quant Lb (BASF) (foto 4). Se trata de difusores convencionales de probada eficacia en múltiples experiencias. Tanto las casas comerciales como diferentes entidades de investigación, continúan proponiendo nuevos modelos de aplicadores, en la búsqueda de una mayor efectividad de la técnica y de la reducción de su coste. Además de considerar variaciones en la concentración del compuesto, la densidad de difusores por hectárea o su colocación, se están desarrollando modelos inno-



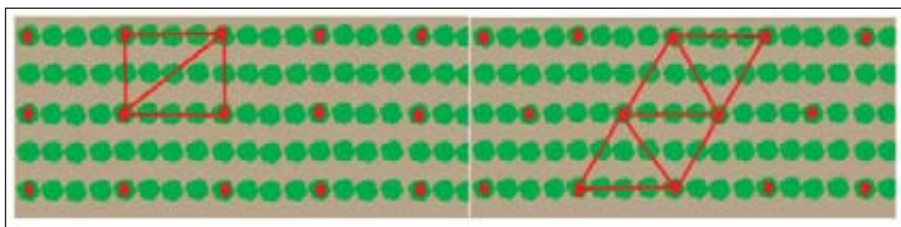
Foto 3 (izda.). Modelo de difusor Isonet L (Shin-Etsu). Foto 4 (derecha). Modelo de difusor Quant Lb (BASF).

CUADRO III.

Diferentes modelos de difusores comerciales o en fase de desarrollo para su uso en confusión sexual de la polilla del racimo de la vid, *Lobesia botrana*.

Modelo	Tipo de difusor	Casa comercial	Carga	Densidad parcela
Isonet L	Cordón de PVC	SHIN-ETSU	172 mg/dif.	500 dif./ha
Quant Lb	Mosquetón	BASF	350 mg/dif.	350 dif./ha
Rak-2R	Mosquetón	BASF	500 mg/dif.	250 dif./ha
Check-Mate LB-F	Feromona líquida	SUTERRA	0,1427 gr/l	166 ml/ha
Puffer LB	Aerosol	SUTERRA	307 gr/aerosol	2,5 emisores/ha
Neburel-LoBo	Aerosol	EPA	35 gr/dif.	5 emisores/ha
RAK2C12A	Mosquetón	BASF	178,6 mg/dif. + 133 mg de retardante/dif.	500 dif./ha
296 AAI	Mosquetón	BASF	178,6 mg/dif. + 133 mg de mejorante/dif.	500 dif./ha
CIDETRAK EGVM	Mosquetón	CERTIS	190 mg/dif.	500 dif./ha
Exosex	Mosquetón EntoStat®	EXOSECT	10 mg/difusor	30-180 dif./ha*

* Densidades en fase experimental para ajustar su dosis.

FIGURA 1.**Disposición de difusores siguiendo un patrón cuadrangular y triangular.**

vadores, como es el caso de los Puffer (todavía pendientes de autorización). Su funcionamiento se basa en el uso de emisores de feromona en forma de aerosol que permiten una regulación de la carga emitida (momento y cadencia de emisión), siendo ésta más controlada y no tan expuesta a las condiciones atmosféricas.

Más reciente es la llamada técnica de autoconfusión. Su objetivo es distribuir la feromona a través del cuerpo de los propios machos, en lugar de a través de difusores. Para ello, se utilizan dispositivos cargados con una mezcla de feromona sexual y un polvo de naturaleza cérica provisto de carga electrostática. Cuando los machos entran en contacto con el dispositivo, sus cuerpos se impregnan de esta mezcla, por lo que los receptores feromonales de las antenas se saturan y les resulta imposible captar la feromona que emiten las hembras. Además, cada macho se convierte en un difusor de feromona móvil, produciendo rastros falsos que atraerán a otros machos hacia él. El contacto entre machos hace que el polvo pase

de unos a otros, por lo que el efecto de la autoconfusión se transmite por toda la población de machos, dando lugar a la interrupción efectiva del apareamiento. Se trata de un método altamente prometedor, pero aún en fase de desarrollo, especialmente en lo que a poder de atracción, ubicación y densidad de dispositivos se refiere.

El uso de aditivos es otro de los campos de investigación en los que más se está trabajando en la actualidad. Si bien hace algunos años parece que quedó demostrada la escasa eficacia del uso de repelentes junto a la feromona, en la actualidad se está trabajando con la incorporación de retardantes, cuyo objetivo es el de regular la difusión de la feromona en las primeras semanas desde su colocación en el campo. Los primeros resultados obtenidos parecen proporcionar datos muy esperanzadores, habiéndose observado que son incluso mejores que los de los difusores comerciales tradicionales bajo determinadas condiciones de ataque y momento de aplicación.

En el **cuadro III** se recogen diferentes modelos de difusores, tanto comerciales como en fase de desarrollo, junto con información de interés sobre cada uno de ellos.

Modo correcto de empleo

La disposición de los difusores en la parcela es crucial, no sólo en cuanto a la densidad de los mismos (recomendada por el fabricante) sino también en lo que a su patrón de distribución se refiere. Cada parcela exige una disposición adecuada a sus características, puesto que cualquier fallo de planteamiento puede conllevar el fracaso del tratamiento.

Una de las claves de la colocación de los difusores es mantener su equidistancia. Es necesario que cada difusor se separe de los adyacentes por la misma distancia para evitar huecos en la red establecida. Hay que tener en cuenta que la colocación de los difusores siguiendo un patrón cuadrangular, si bien cumple esta norma, resulta menos eficiente que una distribución conforme a un patrón triangular, ya que este último, además de mantener la equidistancia, consigue un mejor aprovechamiento del terreno (con una disposición cuadrangular cada difusor está rodeado por ocho difusores, mientras que con una distribución triangular, cada difusor está rodeado por seis) (**figura 1**).

Debido a que existe la posibilidad de entrada de hembras fecundadas desde los viñedos vecinos, la técnica es menos eficaz en los bordes de la parcela que en las partes más interiores de la misma, siendo éste uno de los puntos débiles de la técnica de control. Para minimizar dicho efecto, es necesario reforzar los bordes duplicando el número de difusores en todo el perímetro de la parcela.

Los difusores pueden colocarse en los sarmientos o sobre el alambre de conducción de las vides y, normalmente, en el tercio superior de la planta. En el caso concreto de los Puffer, la recomendación es colocarlos sobre pértigas de unos 2 metros de altura. La época más recomendable es el inicio del vuelo de los adultos de la primera generación (**foto 5**).

Debemos considerar que temperaturas altas provocan un aumento de la difusión de feromona y, con ello, un posible consumo prematuro de los difusores. Es por ello que los fabricantes suelen recomendar ubicaciones que eviten la exposición directa al sol. Esta problemática pre-

tende ser solucionada con los Puffer, que emiten la feromona mediante dispositivos programables que no empezarán la emisión hasta la puesta del sol, momento en el que el insecto comienza su actividad diaria, al contrario de lo que ocurre con los difusores tradicionales, que emiten la feromona constantemente.

Es altamente recomendable realizar un continuo seguimiento del estado de la plaga con el fin de poder valorar el estado de la misma y la efectividad del tratamiento. Para ello, es necesario colocar trampas sexuales de monitoreo en el interior de la parcela de confusión sexual. Si la técnica está funcionando adecuadamente, estas trampas no capturan ejemplares o lo hacen escasamente. Eso sí, la ausencia de capturas no es síntoma inequívoco de ausencia de plaga y no exime de un control visual de la parcela.

El aspecto económico del tratamiento, analizado en varios estudios, parece reducir la viabilidad del mismo en aquellas zonas vitícolas en las que el bajo precio de la uva dificulta su implementación. Incluso en dichas condiciones, el uso de feromonas, cuyo precio se estima entre 110 y 130 euros/ha, se demostraron inferiores al coste de un doble pase de tratamiento fitosanitario de gama baja, como el clorpirifos.

La eficacia de la técnica de confusión sexual para el control de la polilla del racimo requiere del correcto seguimiento de algunas recomendaciones básicas, fundamentadas en los diferentes aspectos analizados más arriba:

- No es recomendable su aplicación en parcelas inferiores a 5 ha, salvo que se encuentren aisladas de otras parcelas de vid. A mayor superficie tratada, mejores resultados obtenidos.

- Preferentemente, utilizar en parcelas de superficies llanas y no sometidas a fuertes vientos que arrastran la feromona fuera de la parcela, lo que puede afectar al tratamiento.

- Aplicar una mayor concentración de feromona en los bordes de la superficie a controlar, al menos en una franja de 20-30 metros, muy especialmente si hay cultivos no tratados con feromona en las inmediaciones de la parcela de confusión sexual.

- El momento de la colocación de los difusores de feromona debe coincidir con las primeras capturas de la primera generación de la polilla del racimo de la vid.

- En el primer año que se aplique la técnica de confusión sexual en la parcela, el nivel poblacional de la polilla del racimo no debe ser muy alto, ya que de lo contrario aumenta la po-



Foto 5. Adulto de la polilla del racimo, *Lobesia botrana*.

sibilidad de encuentros al azar entre machos y hembras. Por ello, el número de glomérulos en primera generación no debe superar el umbral de 0,5 por racimo. En caso contrario, se recomienda aplicar un tratamiento insecticida en primera generación para rebajar la población.

- Aplicar la concentración y forma de distribución recomendada por el fabricante de la feromona.

La eficacia del método de confusión sexual se incrementa de forma considerable con un uso continuado del mismo. Diversas pruebas de campo ofrecen resultados de daños nulos o prácticamente nulos a partir del cuarto año de tratamiento. Por el contrario, la no aplicación de la técnica durante un año conlleva la recuperación casi inmediata de la plaga. Al cabo varios de años de aplicación de esta técnica, se ha observado una disminución progresiva de la población de polilla del racimo, de manera que se puede ir reduciendo la concentración de difusores a medida que aquélla disminuye. Sirva de ejemplo que niveles de ataque inferiores al 4% de los racimos permiten reducir la densidad de difusores hasta en un 50%.

La experiencia de la confusión sexual en España

El comportamiento de las poblaciones de *L. botrana* en las diferentes zonas, las especificidades climáticas y orográficas o las condiciones de cada parcela en cuestión, son algunos de los factores que obligan a un seguimiento detallado de cada caso concreto. La observación directa y un correcto asesoramiento serán claves para la óptima aplicabilidad de la técnica de confusión sexual.

Son muchos los estudios realizados, a este respecto, a nivel mundial y nacional. A continuación, se exponen algunas de las experiencias más relevantes dentro de nuestra geografía para el caso del control de la polilla del racimo de la vid.

El Grupo de Trabajo de los Problemas Fitosanitarios de la Vid desarrolló un informe con las conclusiones obtenidas en diferentes ensayos realizados desde hace más de veinte años, en los que se trabajó con varios tipos de feromonas comerciales. Estas conclusiones redundan en la eficacia y mayor poder de control de la técnica de confusión sexual mediante los difusores autorizados (Isonet L y Quant Lb) en comparación con los tratamientos químicos tradicionales, siempre que se sigan las instrucciones ya expuestas previamente. Dicho informe también aclara que los nuevos difusores (RAK2C12A, Puffer), pendientes de autorización, muestran un elevado poder de control sobre la polilla del racimo de la vid. Lo mismo ocurre con el método de autoconfusión (Exosex) que, eso sí, requiere de una mayor necesidad de puesta a punto que los anteriores. Además, el informe recalca la necesidad de una correcta aplicación de la técnica (dosis, momentos, continuidad, ubicación, tamaño parcela y especial hincapié en los bordes de la misma).

Ensayos recientes han evaluado las consecuencias de la posible presencia de la molécula de feromona por desprendimiento de los difusores en la masa de la vendimia, especialmente en casos de recogida mecánica. Dichos estudios han determinado que prácticamente en ningún caso llega al mosto y que en ninguna de las situaciones analizadas queda resto alguno en el vino, ni afecta a las propiedades organolépticas del mismo. La probabilidad de caída, en el caso de difusores de tubos paralelos (Isonet L), y siempre en referencia a vendimia mecánica, se sitúa en el 2,14%.

Si bien se pueden encontrar casos discordantes, se puede concluir en que la técnica de confusión sexual es un método altamente efectivo para el control de la polilla del racimo de la vid siempre y cuando se cumplan los requisitos previamente descritos. Su eficacia, superior a la de los tratamientos químicos convencionales, respeto al medio ambiente y la perdurabilidad en el tiempo de su aplicación (algo que no ocurre con los tratamientos químicos por la aparición de resistencias) hacen enormemente recomendable su aplicación. ●