

Paula Altesor\*  
Carmen Rossini\*  
Andrés González\*

\*Laboratorio de Ecología Química,  
Facultad de Química.

# CAPÍTULO 1.

## Introducción: el uso de feromonas en el manejo de lepidópteros plaga

Proyecto FPTA 208

Período de Ejecución: Ene. 2007-Dic. 2009

La comunicación química en insectos ha sido mayormente investigada en plagas agrícolas y forestales con el objetivo de desarrollar estrategias de manejo alternativas al uso de insecticidas, de modo de racionalizar su empleo y mitigar sus efectos nocivos para la salud y el medioambiente. Los semioquímicos (señales químicas) que se han utilizado con más éxito en este contexto son indudablemente las feromonas sexuales de lepidópteros (Witzgall *et al.*, 2010). Otros semioquímicos importantes e intensamente estudiados en los últimos años, como los atrayentes volátiles de plantas y los volátiles que median interacciones tritróficas, presentan un futuro promisorio en la búsqueda de aplicaciones para el control de plagas.

El empleo de semioquímicos respecto a los plaguicidas convencionales tiene la ventaja de no dejar residuos tóxicos, afectar únicamente a la especie diana, y requerir pequeñas cantidades de productos volátiles e inocuos (Howse *et al.*, 1998; Witzgall *et al.*, 2010). El uso sostenido de semioquímicos incrementa su propia efectividad, ya que se estabilizan las poblaciones de organismos benéficos como depredadores y parasitoides, los que potencialmente controlan el surgimiento de plagas secundarias.

Las feromonas de lepidópteros se utilizan para la detección y monitoreo poblacional de plagas, así como para el control de las mismas. El monitoreo espacial y temporal de plagas permite un uso informado de estrategias de control químico, lo cual disminuye significativamente las aplicaciones de insecticidas respecto al uso preventivo de los mis-

mos. Por otro lado, el control de plagas basado en feromonas puede eliminar o reducir en forma muy importante la necesidad de control químico, y es utilizado con éxito para aproximadamente una decena de especies, aunque su potencial es significativamente mayor (Witzgall *et al.*, 2010).

### I) DETECCIÓN Y MONITOREO

La aplicación más extendida de feromonas sexuales consiste en su uso para detección y monitoreo de insectos plaga. Las feromonas sintéticas se cargan en septos de goma en cantidades que oscilan entre 0,1 y 1 mg, y se colocan dentro de trampas que retienen a los machos atraídos. Los datos de capturas de machos permiten determinar cuándo y dónde la plaga está presente, y además estimar su dinámica poblacional, estableciendo así los momentos precisos de aplicación de estrategias de control. En algunas especies se ha desarrollado una correlación precisa entre las capturas de machos y la población de larvas esperadas para la generación siguiente. Esto permite la utilización de umbrales de capturas que disparen medidas de control, lo cual requiere que los datos de capturas sean confiables en términos absolutos, remarcando la necesidad del uso de trampas estandarizadas para asegurar la constancia de los mismos (Arn *et al.*, 1997; Witzgall *et al.*, 2010).

Las trampas de feromonas son lo suficientemente sensibles y específicas para detectar bajas densidades de una especie. Esto posibilita la detección de especies invasoras que puedan conside-

rarse plagas cuarentenarias, el seguimiento de una especie exótica ya establecida, así como el éxito en la introducción de una especie benéfica (Cossé *et al.*, 2005) o un programa de erradicación (El-Sayed *et al.*, 2006; Kean y Suckling 2005). En tiempos de intensos movimientos de plagas importantes, como la principal plaga de viña en Europa *Lobesia botrana*, el uso de trampas de feromonas para la detección preventiva y temprana es una herramienta poderosa para planificar estrategias de erradicación cuando el insecto aún se encuentra en una etapa de instalación, por ende más vulnerable.

La información sobre variaciones poblacionales de una plaga, en combinación con el conocimiento del desarrollo del insecto y su relación con la temperatura, son extremadamente importantes cuando se emplean medidas de control cuya efectividad depende de una ventana estrecha de tiempo. Por ejemplo, el uso de productos específicos para ciertos estadios inmaduros del insecto, o la liberación de agentes biológicos de control, se ven facilitados por una precisa información espacio-temporal de la presencia de la plaga objetivo.

Las feromonas de unas 600 especies de lepidópteros se han caracterizado químicamente (El-Sayed 2011), y en la actualidad decenas de especies plaga son rutinariamente monitoreadas mediante septos de feromonas comercializados por distintas empresas regionales o internacionales. Se estima que unos 20 millones de septos de feromona son producidos cada año, en su mayoría para especies de lepidópteros (Witzgall *et al.*, 2010). Una perspectiva a futuro es la combinación de programas regionales de monitoreo con sistemas de información geográfica, los que permitirán una concentración de medidas de control en zonas focales de la especie plaga (Tobin *et al.*, 2007).

## II) CONTROL

Aunque el objetivo central de este proyecto FPTA fue el desarrollo de trampas de monitoreo, cabe hacer mención a las estrategias de control basadas en feromonas: el trapeo masivo, los atraccidas y la confusión sexual. Aunque

esta última ha sido y continúa siendo la más importante, tanto a nivel de investigación como de aplicación (Witzgall *et al.*, 2010), en los últimos años ha aumentado la importancia relativa de los estudios de atraccidas, probablemente por la posibilidad de disminuir los costos de aplicación al reducir la cantidad de feromona necesaria.

El trapeo masivo y el uso de atraccidas comparten el concepto de atraer y eliminar una proporción importante de insectos en un área, de modo de mantener sus poblaciones por debajo del umbral de daño. La diferencia entre ellas radica en la forma de eliminación, mediante trampas (trapeo masivo) o insecticidas (atraccidas). Si se utilizan atrayentes para ambos sexos, por ejemplo feromonas de agregación o cebos alimenticios, se reducen las poblaciones de machos y hembras, con mayor probabilidad de éxito en el control de la plaga. Sin embargo, si se emplean feromonas sexuales, como es el caso en lepidópteros, se reduce únicamente la población de machos, con la intención, no siempre realista, de que esta reducción tenga una incidencia significativa en la probabilidad de que las hembras copulen. Ambos métodos requieren menor cantidad de feromonas que la confusión sexual, lo cual puede reducir significativamente los costos de utilización (Witzgall *et al.*, 2010).

La técnica de confusión sexual, por su parte, consiste en sobrecargar el ambiente con grandes cantidades de feromona sexual, de manera de alterar el comportamiento del macho. Esta técnica causa desorientación e interrupción de la comunicación entre los sexos, y por lo tanto retrasa, reduce o previene la fertilización de las hembras. A diferencia de las técnicas descritas anteriormente, en confusión sexual no es necesario el empleo de la mezcla natural que compone la feromona sexual, ya que el efecto de confusión puede ocurrir con mezclas simplificadas o simplemente con el componente mayoritario, con importantes ventajas en cuanto al costo del método (Stelinski *et al.*, 2008).

En forma general, se requiere la aplicación de 10 a 100 gramos de feromona por hectárea y por temporada para lograr

la interrupción de la comunicación sexual (Witzgall *et al.*, 2010). Por lo tanto, el desarrollo de esta estrategia de control en escala comercial requiere que la feromona necesaria sea sintetizada en una escala del orden de cientos a miles de kilogramos, lo cual representa una limitante importante en la aplicación masiva de esta técnica.

La permeación eficiente del aire en un cultivo es un aspecto fundamental para el éxito de la confusión sexual, por lo que la tecnología asociada al desarrollo de liberadores ha jugado un papel importante en el avance de esta técnica. Se han desarrollado una gran variedad de liberadores de feromona, incluyendo algunos asperjables como microcápsulas o fibras huecas, y otros de aplicación manual, que son los más utilizados. Entre éstos, los más comunes son los liberadores de alambre forrados en polietileno (rope dispensers), los que se pueden moldear para asegurarlos en ramas u otras estructuras. Éstos se aplican en cantidades entre 500 y 1000 por hectárea, y cada uno emite aproximadamente 1000 veces más feromona que una hembra (Witzgall *et al.*, 2008).

La confusión sexual es más efectiva en grandes áreas, debido en parte a que se reduce el impacto de hembras copuladas que migran al área tratada, además que se facilita una permeación homogénea del aire por el aumento de la relación área/borde. Por lo tanto, en cultivos y regiones donde la producción se realiza en forma fragmentada, es esencial la coordinación de productores para aplicar la técnica simultáneamente.

El uso de confusión sexual como estrategia de control tiene inconvenientes, que explican en parte lo limitado de su aplicación. La especificidad e inocuidad de las feromonas, aspectos destacados como positivos, pueden también ser su principal problema. Los cultivos afectados por una diversidad de plagas requieren el desarrollo de estrategias de confusión en paralelo, o la combinación de confusión sexual para la plaga principal

con otros métodos para el control de plagas secundarias. Asimismo, cada especie requiere liberadores específicos, y la síntesis de feromonas en la escala necesaria para confusión sexual es económicamente factible únicamente para algunas especies, dependiendo de la estructura química, la distribución de la especie plaga, y la propia demanda por métodos de control basados en feromonas. Indudablemente, muchas especies podrían ser controladas por este método, más allá de la decena para las cuales se utiliza, de existir la disponibilidad de productos comerciales para un universo mayor de especies. Finalmente, al ser un tratamiento inocuo, es totalmente inútil en situaciones en las cuales pueden ingresar hembras copuladas al predio tratado con feromonas (Witzgall *et al.*, 2008).

La ecuación de costos de manejo de plagas es otro aspecto importante, y ésta depende de muchos factores. En países donde una variedad de insecticidas de amplio espectro como organofosforados y carbamatos son aun permitidos, el bajo costo de éstos generalmente limita la competitividad de la confusión sexual, la cual a su vez es altamente dependiente del alto costo de las feromonas sintéticas. Es aquí que la tecnología de liberadores «inteligentes» podría ser fundamental, ya que se lograría disminuir en forma muy importante la cantidad de feromona necesaria. Las regulaciones públicas sobre el uso de insecticidas, la demanda de los consumidores, así como las barreras impuestas por algunos mercados en base a residuos de plaguicidas, forman un conjunto de condiciones que afectan la motivación del productor por demandar y utilizar estrategias alternativas de control de plagas, aunque las mismas sean más caras o complejas en su aplicación. Esta motivación es un factor importante para explicar la sustancial diferencia a nivel regional en la aplicación de confusión sexual para especies como *C. pomonella*, cuya eficacia ha sido sólidamente comprobada (Witzgall 2001).