

Semioquímicos: decodificando el lenguaje de plantas e insectos para el manejo integrado de plagas



Ricardo Ceballos C.
Ingeniero Forestal, Dr. Cs.
Investigador Ecología Química INIA Quilamapu



Tommy Rioja S.
Ingeniero Agrónomo, Dr. Cs.
Docente Investigador U. Arturo Prat



La respuesta conductual de un insecto es el resultado de la integración sensorial de la percepción del entorno y de su estado fisiológico.

Las plantas en forma natural producen cientos de compuestos químicos, algunos de los cuales son volátiles y les confieren un aroma característico. Estos volátiles juegan un rol esencial en diferentes etapas del ciclo de vida de los insectos herbívoros, condicionando su supervivencia y desarrollo. Muchos de estos compuestos orgánicos emitidos al ambiente por las plantas están involucrados en interacciones intra e interespecíficas, y son llamados semioquímicos. La definición de la OCDE¹ para semioquímicos indica “toda sustancia química emitida por plantas, animales y otros organismos, al igual que sus análogos sintéticos, que estimulen una respuesta conductual o fisiológica en los individuos de la misma u otra especie”.

Bajo la denominación genérica de semioquímico se encuentran los compuestos aleloquímicos –comunicación entre especies diferentes– y las feromonas –comunicación en una misma especie–, siendo esta última forma de comunicación la de más amplio uso en agricultura.

Olfato y especificidad

Los insectos perciben el ambiente en el que se desenvuelven a través de compuestos químicos, los que emplean para la búsqueda de pareja (feromonas) y para la localización de sitios de ovoposición y fuentes de alimentación (aleloquímicos). La percepción de estos compuestos por parte de los insectos depende de su sistema olfativo, el cual ha evolucionado para la detección y decodificación eficiente de mensajes que le proporcionen ventajas adaptativas.

En general, la especificidad es el carácter más sobresaliente atribuido a los semioquímicos. Esta especificidad se basa en los receptores olfativos expresados en neuronas específicas, principalmente localizadas en las antenas de los insectos. A partir de aquí, se desencadenan respuestas de comportamiento innatas y estables en individuos fisiológicamente competentes. En consecuencia, la respuesta de un insecto es el resultado de la integración sensorial del compuesto percibido y de su estado fisiológico.

Feromonas

Feromona es un término derivado del griego *phereum* (transportar) y *hormona* (estimular), y que describe a un compuesto químico producido y emitido por individuos de una especie, para inducir una acción o respuesta específica en otro individuo de la misma especie.

La noción de feromona no es reciente. En la antigua Grecia, así como en la primera década de 1600 y hacia finales de 1800, Charles Butler y Charles Darwin, respectivamente, ya habían observado la interacción entre individuos de la misma especie, que atribuían a la presencia o emisión de secreciones. Pero no fue sino hasta el año 1959 cuando el ganador del premio Nobel de Química, Adolf Butenandt (1903-1995) y colaboradores, logró por primera vez la identificación química del *bombykol*, la feromona sexual del gusano de la seda *Bombix mori*. Sin embargo, las feromonas no se restringen a la búsqueda de compañeros para el apareamiento. Éstas pueden tener diversas funciones, como la regulación de la población, de alarma o agregación.

Las principales vías en que se han incorporado los semioquímicos al

¹ Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos.

manejo de plagas, son el monitoreo y control de poblaciones de insectos. La implementación de sistemas de alerta y monitoreo de plagas, sobre la base de trampas cebadas con semioquímicos, ha sido una herramienta fundamental para establecer los niveles poblacionales de una plaga en particular, y para determinar los tratamientos necesarios y los tiempos adecuados para su implementación. Esto ha permitido racionalizar, y en algunos casos reducir, el uso de insecticidas.

Por otra parte, los semioquímicos pueden ser incorporados en programas de manejo integrado de plagas para el control de poblaciones de insectos, mediante técnicas de atrapamiento masivo, la técnica de atraer y matar, y para confusión sexual. Los análogos sintéticos de feromonas de insectos han sido empleados para el manejo de plagas mediante diferentes técnicas desde 1970, cuando surgieron comercialmente las primeras feromonas.

Desde el año 2008, cuando ingresa a nuestro país la polilla del racimo de la vid, se ha implementado en forma creciente la técnica de confusión sexual. Utilizando difusores que emiten acetato de (*E*, *Z*)-7-9-dodecadienil, componente principal de la feromona sexual emitida por las hembras de *Lobesia botrana*, se inunda el cultivo para provocar la confusión de los machos de esta especie, alterando así su habilidad para encontrar a la hembra y disminuir la tasa de apareamiento. Dos teorías se han propuesto para explicar el funcionamiento de este método. Por una parte, se ha planteado un mecanismo de atracción competitiva, donde los machos persiguen falsos rastros (moléculas de olor) de feromona con la finalidad de encontrar pareja. En cambio, la otra teoría postula que el bloqueo de la capacidad olfativa de los machos para ubicar a la hembra, dada la saturación del ambiente y su incapacidad para guiarse debido a las múltiples fuentes de feromona en el ambiente, es el

mecanismo subyacente de este método.

En la búsqueda de semioquímicos

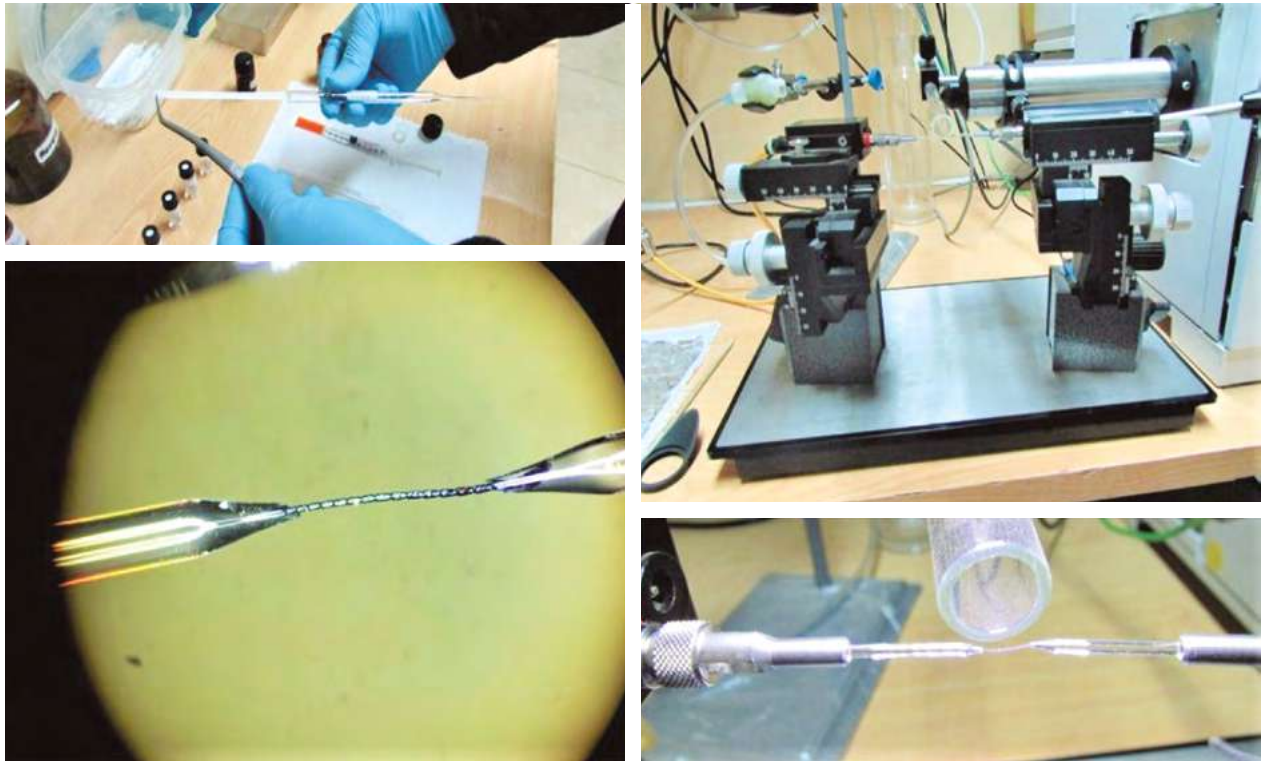
La Ecología Química es la interdisciplina que estudia la estructura, origen y función de las sustancias químicas que median las interacciones intra o interespecíficas entre los organismos, y con su ambiente. Un elemento central en la ecología química es el estudio del comportamiento de los insectos artrópodos, como resultado de su exposición a semioquímicos. Los aspectos aplicados de esta interdisciplina, como el uso de feromonas en la agricultura, son el resultado de la integración de diversas técnicas analíticas como la identificación química de metabolitos secundarios obtenidos de plantas e insectos, y el estudio de la percepción olfativa de los insectos frente a estos metabolitos.

Desde el año 2006, INIA Quilamapu, en Chillán, comenzó a desarrollar la ecología química para el manejo de insectos, tanto aquellos que son plagas como los benéficos, incorporando esta disciplina al grupo de investigación en control biológico. En este contexto, la química juega un rol central, siendo el punto de partida para la búsqueda e identificación de nuevos compuestos con potencial como semioquímicos. Equipamiento sofisticado y altamente sensible como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), así como el equipamiento electrofisiológico son parte de la investigación fundamental para estos nuevos desarrollos (FIGURA 1). Mediante estas metodologías ha sido posible identificar compuestos volátiles derivados de plantas con actividad de semioquímicos para distintos insectos. Por ejemplo, en el estudio de la especie monófaga Bruco de la arveja (*Bruchus pisorum*), una de las más dañinas para este cultivo, se determinó que hembras y machos de esta especie reconocen su hospedero

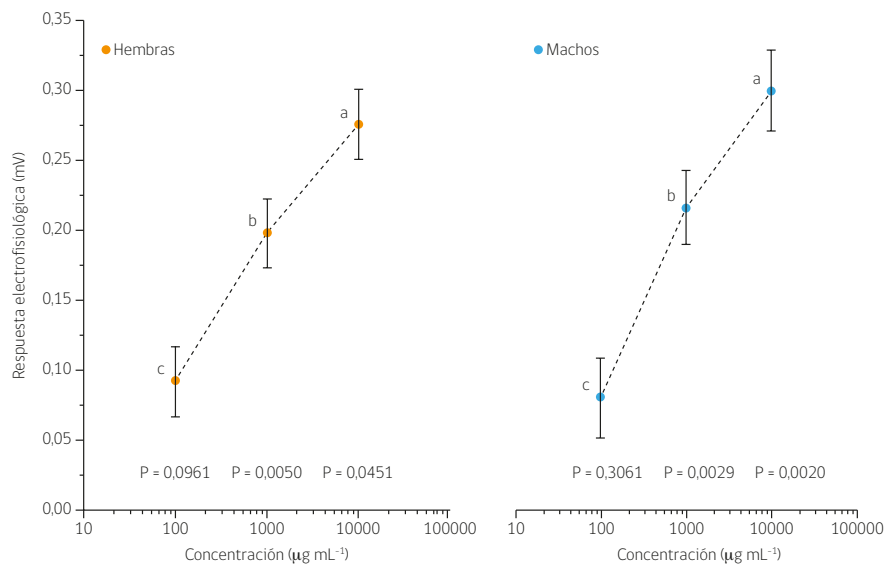
-arveja- mediante los compuestos volátiles emitidos por las plantas, las que son usadas como guías por esta plaga. Sin embargo, la atracción es dependiente del estado fisiológico del cultivo, donde flores y vainas representan un mayor atractivo para las hembras, las que requieren néctar y un sustrato para la ovoposición.

En otro estudio realizado con la especie altamente polífaga, polilla del brote de la vid (*Lobesia botrana*), se determinó que la información química en forma de compuestos volátiles de especies no hospederas son igualmente relevantes en las interacciones planta-herbívoro. Machos y hembras de *Lobesia botrana* evidenciaron fuerte estimulación electrofisiológica dosis-dependiente de su sistema olfativo, al ser expuestos a los volátiles de hojas de Pimiento Boliviano (*Schinus molle*), especie ornamental ampliamente distribuida en parques y avenidas de nuestro país (FIGURA 2).

La investigación en ecología química ha permitido acercarse a un mejor entendimiento de las intrincadas relaciones que ocurren en la naturaleza, como las relaciones tritróficas: *planta-herbívoro-enemigo natural*. Mediante el uso de semioquímicos es factible la manipulación de poblaciones de enemigos naturales para favorecer el control biológico. Cuando una planta es atacada por un herbívoro se desencadena una cascada de respuestas fisiológicas, las que conducen a una alteración del perfil de compuestos volátiles emitidos. En este contexto, el ataque de *Oligonychus yothersi* (FIGURA 3), arañita roja del palto, provoca una modificación en la emisión de volátiles que es altamente atrayente para los coleópteros depredadores *Oligota pygmaea* (FIGURA 4) y *Parastethorus histrio* (FIGURA 5). Estos depredadores de la arañita mejoran su desempeño, extendiendo su permanencia sobre las plantas dañadas, mientras que *O. yothersi* es fuertemente atraída por el perfil de compuestos volátiles de plantas sanas de palto.



➤ **Figura 1.** Estudio electrofisiológico del sistema olfativo en insectos mediante la técnica de electroantenografía. Mediante electroantenografía acoplada a cromatografía de gases, es posible determinar la existencia de receptores olfativos en las antenas de un insecto, que son finalmente los responsables del cambio de conducta (atracción o repelencia) evocada por otro organismo.



➤ **Figura 2.** Respuesta electroantenográfica de *Lobesia botrana* (media \pm IC_{95%}) a diferentes dosis de aceite esencial de *Schinus molle*.



⬆ **Figura 3.** *Oligonychus yothersi* en estadio de deutoninfa, próxima a mudar y dar origen a una hembra de araña roja del palto. Las colonias de *O. yothersi* se ubican en el haz de la hoja del palto, alimentándose de los contenidos celulares y provocando diversas oxidaciones, lo que se aprecia como un rojizo en las hojas (Fotografía: Tommy Rioja S.).



⬆ **Figura 4.** Adulto de *Parastethorus histrio* en hoja de higuera (*Ricinus communis*) infestada por *Oligonychus vitis*. Durante el invierno son observados en el envés de las hojas de higuera, para luego emigrar a campos de cítricos y paltos infestados con ácaros en la zona de Quillota. (Fotografía: Tommy Rioja S.).



⬆ **Figura 5.** Hembra de *Oligota pygmaea* depredando araña roja en colonias de *Oligonychus vitis*. Al igual que *Parastethorus histrio*, en épocas lluviosas y de bajas temperaturas, se establecen en plantas de higuera infestadas con ácaros como hospedero alternativo, para luego colonizar huertos de paltos infestados con *Oligonychus yothersi* (Fotografía: Tommy Rioja S.).

Finalmente, la creciente demanda por alternativas inocuas o de bajo impacto ambiental para el manejo de plagas, ha acelerado la búsqueda de nuevos compuestos semioquímicos, tanto para las plagas presentes, nativas o introducidas, así como las amenazas emergentes y para favorecer el desempeño de los enemigos naturales en un contexto de comercio internacional y de cambio climático. El desafío no solo consiste en el desarrollo de la investigación básica, sino también en despertar la conciencia de las autoridades y productores, para fomentar el uso de herramientas basadas en productos naturales y en el entendimiento de su dinámica con otros organismos y el medioambiente. **TA**

Bajo la denominación genérica de semioquímico se encuentran los compuestos aleloquímicos -comunicación entre especies diferentes- y las feromonas -comunicación en una misma especie-, siendo esta última forma de comunicación la de más amplio uso en agricultura.