

Manejo de Plagas Nativas en Chile en Base al Estudio de su Comportamiento y Química Ecológica

Tomislav Curkovic S¹,
Catalina Ferrera C.²

¹Ing. Agr. Entomólogo, PhD
²Lic. Cs. Agronómicas Magíster Sanidad Vegetal
Departamento de Sanidad Vegetal
tcurkovi@uchile.cl

El taladrador de la vid (*Micrapate scabrata* (Erichson), Coleoptera: Bostrychidae, Figura 1), el cabrito del frambueso (*Aegorhinus superciliosus* Guérin, Coleoptera: Curculionidae, Figura 2) y la sierra del manzano (*Callisphyrus apicornis* Fairmaire & Germain, Coleoptera: Cerambycidae, Figura 3), son algunas de las plagas "emergentes" de insectos nativos en Chile que afectan significativamente la producción en vid vinífera, arándano y otros frutales. Estas especies endémicas causan problemas en el país y no se encuentran presentes en otras regiones geográficas. Han sido poco estudiadas localmente y no se dispone de métodos de control eficientes contra ellas, lo que se debe, además, a los hábitos xilófagos de sus estados larvarios "protegidos" en el interior de ramas y troncos, o bajo el suelo consumiendo raíces, donde las estrategias convencionales de control (como la aspersión de insecticidas) son difíciles de implementar y poco eficientes. Una alternativa promisoría para enfrentar estos problemas, es el control de los estados más expuestos durante su ciclo de vida, en particular de adultos, fórmula que se ha impulsado en países desarrollados contra especies similares. En este artículo se analiza la necesidad de hacer estudios básicos en estas especies, en particular de sus comportamientos y respuestas a compuestos químicos "naturales" (semioquímicos), herramientas potenciales para implementar el "manejo etológico" o manipulación de la conducta. Esta estrategia se orienta a la inducción o modificación de comportamientos en estos insectos, en beneficio de la producción agrícola, y es una alternativa de control que representa un desafío tecnológico importante, pero a la vez ofrece grandes beneficios al ser prácticamente inocua para las personas y el medioambiente.

COMPORTAMIENTO DE PLAGAS

El comportamiento se define como la respuesta de un organismo a un estímulo, como consecuencia de la programación del individuo (genotipo) y su aprendizaje (Alcock, 1998). Los mecanismos involucrados en estas respuestas en insectos se asocian a la detección de señales visuales, acústicas o mediadores químicos (Matthews y Matthews, 1978), que definen los comportamientos sexuales, sociales y otros. El estudio del comportamiento (etología), tiene entonces importancia no sólo desde un punto de vista básico, sino que también es una necesidad desde una perspectiva aplicada. En este sentido, los estudios formales de comportamiento de plagas en Chile son muy escasos para especies nativas.



Figura 1. Taladrador en vid vinífera, Alto Jahuel, Región Metropolitana



Figura 2. Cabrito en arándano, Valdivia, Región de Los Ríos.



Figura 3. Larva de sierra del manzano en membrillero, La Florida, Región Metropolitana.

Comportamiento y desarrollo de estrategias de control de plagas con semioquímicos.

El desarrollo de métodos de manejo de plagas en base a semioquímicos, ha motivado estudios sobre los comportamientos involucrados (e.g. orientación, cortejo, agregación) y sus consecuencias en insectos, al ser expuestos a diferentes concentraciones y formulaciones de compuestos químicos. Estas estrategias normalmente se orientan al control del estado adulto, lo que representa una oportunidad en las especies citadas anteriormente, debido a que desarrollan la mayor parte de su ciclo de vida en ambientes en los que el control a través de métodos convencionales es imposible. La comprensión del comportamiento de estas especies es entonces una necesidad si se busca desarrollar estrategias de control que modifiquen una conducta dada, en respuesta a semioquímicos (e.g. feromonas) (Dent, 1999). Por otra parte, la omisión de estos estudios ha sido citada como causa de fallas en el manejo de plagas con feromonas (Krupke, 1999).

Comportamientos de agregación y cortejo.

La agregación se describe como la reunión temporal de un grupo de individuos de la misma especie, en un sitio particular, sin constituir verdaderas sociedades. La agregación incrementa el éxito en la cópula, defensa, alimentación o hibernación, y ha sido documentada ampliamente en Scolytidae (Coleoptera), donde este comportamiento ocurre dentro de la madera infestada

(Matthews y Matthews, 1978). La identificación y síntesis industrial de los mediadores de estos comportamientos (e.g. feromonas de agregación) han permitido el desarrollo de estrategias de captura masiva, e incluso se ha propuesto la anti-agregación en plagas de la madera (Borden, 1997). La agregación ha sido reportada para bostríquidos de importancia económica en productos almacenados como *Rhyzopertha dominica* y *Prostephanus truncatus*. Esta última especie posee además hábitos xilófagos (Borgemeister et al. 1998), al igual que la especie nativa *M. scabrata*.

El cortejo se define como la secuencia de eventos que ocurren cuando ambos sexos de una especie se encuentran a corta distancia, previamente a la cópula (Alexander et al., 1997). Este mecanismo es usado para asegurar encuentros con-específicos y para evaluar a potenciales compañeros sexuales (Cade, 1985; Alexander et al., 1997). El cortejo en insectos puede involucrar eventualmente la participación de semioquímicos de acción local (Baker y Carde, 1979), además de aquellos que sirven para la orientación a distancia de la fuente. Los estudios de cortejo en bostríquidos se han centrado en especies de importancia económica como *P. truncatus* (Nansen y Meikle, 2002), pero en especies chilenas como *M. scabrata* no hay publicaciones sobre estas conductas. Por otra parte, informes sobre las fases del comportamiento sexual en cerambycidos son escasos en el mundo. Las publicaciones indican que estas respuestas son, en general, estereotipadas (Barbour et al., 2006; Lacey et al., 2007), y mediadas, primero, por feromonas de largo alcance, y luego, en la aproximación final o cortejo propiamente tal, por la presencia de feromonas de cortejo y también de componentes cuticulares.

QUÍMICA ECOLÓGICA

Esta disciplina estudia los mecanismos y compuestos químicos que controlan las interacciones intra e inter-específicas entre los organismos vivos, en particular las respuestas a estas señales químicas y su caracterización, debido al poder que estos compuestos tienen para inducir respuestas en artrópodos, incluso a fuentes sintéticas (Harris y Foster, 1995). La química ecológica de insectos tiene un desarrollo importante en Chile por la producción activa de varios investigadores (Rodríguez y Niemeyer,

2005), en busca de compuestos de defensa de las plantas contra fitófagos. Sin embargo, aun hoy, la identificación de semioquímicos que median en la respuesta de orientación de plagas nativas es muy escasa, tal vez con la excepción de la identificación de la feromona del gusano blanco del trigo, *Hylamorpha elegans* (Coleoptera: Scarabaeidae) por Quiroz et al. (2005) y una feromona de agregación para larvas del gusano del tronco del palto, *Chilecomadia valdiviana* (Lepidoptera: Cossidae) por Bergmann et al. (2007). Ello, a pesar de la existencia de varias plagas nativas que afectan la agricultura y sector forestal, que requerirían de un desarrollo en estas materias.

Respuesta de insectos voladores a fuentes atractivas. Los mecanismos de ubicación de fuentes atractivas (insectos con-específicos u hospederos) dependen frecuentemente de volátiles producidos por un "emisor". La respuesta del "receptor" es gatillada por estos "olores", incluso a distancias relativamente grandes (Kennedy, 1977). Los insectos detectan las señales químicas usualmente con sus antenas, lo que los orienta hacia la fuente. El factor determinante para una respuesta positiva es la detección de la señal específica, en la proporción y concentración correctas (Stevens, 1998). Estas respuestas son frecuentemente comportamientos altamente estereotipados (Curkovic et al., 2006), que se repiten consistentemente al exponer el insecto al mismo estímulo (e.g. feromona sintética), excepto cuando ocurre desorientación o habituación por exposición excesiva a la fuente (Howse, 1998; Jones, 1998). Con la finalidad de desarrollar estrategias de control en base a semioquímicos es necesario entonces identificar, sintetizar y formular los compuestos involucrados, de modo que permitan finalmente su emisión al medioambiente en concentraciones suficientes para inducir las respuestas deseadas en plagas de interés.

Química ecológica de Bostrychidae y Cerambycidae. En bostríquidos existe evidencia de atracción específica a fuentes de volátiles. En la especie plaga *R. dominica* se han identificado compuestos en las fecas, que actúan como feromonas de agregación (Bashir et al., 2003). En *P. truncatus* se han identificado también dos compuestos con actividad similar, denominados Trunc call I y II (Fadamiro et al., 1996, 1998);

todos ellos están actualmente disponibles comercialmente en países desarrollados. Además, *P. punctatus* responde a la feromona de agregación de *P. truncatus* (Ede y Phillips, 2006), pero no existen compuestos de esta naturaleza descritos para especies nativas. Estos antecedentes pueden servir en la identificación de compuestos con similar actividad en *M. scabrata* al entregar información de lo que sucede en especies de la misma familia, lo que debe ser estudiado. En cerambycidos, existen estudios para varias especies, en particular en relación a sus respuestas a volátiles provenientes de plantas hospederas (Sweeney et al., 2004), compuestos con actividad repelente, estimulantes de oviposición, sustancias defensivas y, en menor medida, a feromonas con actividad de corto o largo alcance. En general, en las especies estudiadas, las feromonas sexuales de corto alcance son producidas por las hembras, mientras que las de largo alcance por los machos (Allison et al., 2004). Las primeras evidencias de la existencia de feromonas sexuales en Cerambycidae datan de principios de la década de los 90 (Wang et al., 1991). Las referencias sobre feromonas producidas por hembras son escasas (Leal et al., 1994), y no se han encontrado citas sobre *C. apicicornis* en ninguna de estas materias, como tampoco para otros cerambycidos de Chile.

Bioensayos para evaluar semioquímicos volátiles en insectos. Existen diversos métodos para evaluar la respuesta de insectos a volátiles, como el olfatómetro y el electroantenograma, aunque ninguno de ellos permite la expresión de secuencias completas de comportamiento en insectos (Kennedy, 1977; Grant et al., 1988; Howse, 1998). Al respecto, el desarrollo de estrategias que modifican el comportamiento (como la confusión de cópula o los atracticidas) requiere registrar y medir la respuesta global de los individuos a estos compuestos, motivo por lo que el túnel de viento es un bioensayo adecuado (Tumlinson, 1990), al emular en parte las condiciones de campo, incorporando un flujo de aire que puede ser determinante como pista en la orientación a la fuente y permitiéndole al insecto volar durante esta fase (anemotaxis) (Kennedy, 1977; Curkovic et al. 2006). Esto permite registrar respuestas como la búsqueda a cierta distancia, así como la aproximación y contacto posterior con la fuente (Baker y Carde, 1984). Recientemente los auto-



res han terminado la construcción de un túnel de viento diseñado para evaluar estos aspectos en insectos, en el Depto. de Sanidad Vegetal de la Universidad de Chile

Aislamiento e identificación de volátiles.

Las feromonas atractivas (e.g. sexuales) y de agregación pueden obtenerse ya sea por extracción directa desde las glándulas de feromona (Roelofs, 1981), o a través de colectas de aire purificado; este último sistema ha sido ampliamente utilizado. El método consiste en arrastrar los volátiles emitidos por el insecto u otra fuente, para luego ser capturados en trampas de volátiles con carbón activado o tubos Porapak Q (Millar y Haynes, 1998). La identificación de los compuestos capturados se hace a través de cro-

matografía gaseosa asociada a espectrofotometría de masas (GC-MS) (Millar y Haynes, 1998). Esta línea de investigación se está iniciando entre los autores e investigadores de la Universidad Católica de Valparaíso (Dr. Jan Bergmann) y de la Universidad de California, Riverside (DR. Jocelyn Millar).

Proyecciones futuras de la química ecológica en Chile.

Si bien el estudio del comportamiento de insectos asociado a la química ecológica en especies nativas perjudiciales ha sido escaso, hoy se perfila como un área promisoría, al permitir el desarrollo de estrategias de control de algunas especies de importancia económica; en el 29° Congreso Nacional de Entomología (noviembre, 2007), se presentaron

varios trabajos que apuntan en esta dirección. Temas como el estudio de la posible participación de feromonas de contacto en la conducta de apareamiento de *A. superciliosus* (Mutis *et al.* 2007) son parte de la incipiente investigación en esta área. Igualmente se propone estudiar feromonas de agregación sintetizadas en otros países, y para otras especies de bostríquidos, en nuestras especies nativas de modo de, eventualmente, usarlas para su manejo. Recientemente los autores del presente artículo con la colaboración de expertos han iniciado un proyecto Fondecyt para definir el comportamiento sexual de *C. apicicornis* y aislar e identificar su feromona sexual, lo que abre proyecciones para un nuevo, eficaz y ecológico método de control de plagas nativas. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOCK, J. 1998. Animal Behavior. An evolutionary approach, Sinauer Associates, Inc, Sunderland, MS, 640 pp.
- ALEXANDER, R.D., MARSHALL, D.C., COOLEY, J.R. 1997. Evolutionary perspectives in insect mating, pp. 4-31, In: Choe, J.C., Crespi, B.J. (eds.). Mating systems in insects and arachnids. Cambridge Univ. Press.
- ALLISON, J.D., BORDEN, J.H., SEYBOLD, S.J. 2004. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera). Chemoecology 14: 123-150.
- BAKER, T., CARDE, R. 1979. Courtship behavior of oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*): experimental analysis and consideration of the role of sexual selection in the evolution of courtship pheromones in the Lepidoptera. Ann. Entomol. Soc. Am. 73: 100-105.
- BAKER, T.C., CARDÉ, R.T. 1984. Techniques for behavioral bioassays, pp. 45-73, In: Hummel, H., Miller, T. (eds.). Techniques in pheromone research. Springer-Verlag, NY.
- BARBOUR, J.D., CERVANTES, D.E., LACEY, E.S., HANKS, L.M. 2006. Calling behavior in the primitive longhorned beetle *Prionus californicus* Mots. J. Insect Behav. 19: 623-629.
- BASHIR, T., HODGES, R., BIRKINSHAW, L., HALL, D., FARMAN, D. 2003. Phenotypic plasticity of *Rhyzopertha dominica* pheromone signaling: the effects of different hosts and presence of conspecific females on male produced aggregation pheromone. J Chem Ecol. 29(4): 945-99.
- BERGMANN, J., FLORES, M.F. LÓPEZ, K., BUONO-CORE, G. 2007. Larvas de *Chilecomadia valdiviana* (Lepidoptera: Cossidae) producen una feromona de agregación. Resúmenes 29° Congreso Nacional de Entomología, Santiago, Chile, 28-30 nov.
- BORDEN, J. 1997. Disruption of semiochemical-mediated aggregation in bark beetles, pp. 421-438, In: Insect pheromone research. New directions. Chapman & Hall, NY, 685 p.
- BORGEMEISTER, C., TCHABI, A., SCHOLZ, D. 1998. Trees or stores? The origin of migrating *Prostephanus truncatus* collected in different ecological habitats in southern Benin. Entomol. Exp. & Appl. 87: 285-294.
- CADE, W. 1985. Insect mating and courtship behavior. Compreh. Insect Physiol., Biochem., and Pharmac. 9: 591-619.
- CURKOVIC, T., BRUNNER, J.F., LANDOLT, P. 2006. Courtship behavior of *Choristoneura rosaceana* (Harris) and *Pandemis pyrusana* Kearfott (Lepidoptera: Tortricidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 99: 617-624.
- DENT, D. 1999. Semiochemicals, pp. 254-261, In: Insect pest management (2nd edition), CABI Publ., Ascot, UK, 410 p.
- EDDE, P., PHILLIPS, T. 2006. Field responses of nontarget species to semiochemicals of stored-product Bostrichidae. Ann. Ent. Soc. Am. 99(1): 175-183.
- FADAMIRO, H., WYATT, T., HALL, D. 1996. Behavioural response of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to the individual components of its pheromone in a flight tunnel: Discrimination between two odour sources. J. Stored Prod. Res. 32: 163-170.
- FADAMIRO, H., GUDRUPS, I., HODGES, R. 1998. Upwind flight of *Prostephanus truncatus* is mediated by aggregation pheromone but not food volatiles. J. Stored Prod. Res. 34(2/3): 151-158.
- GRANT, A., O'CONNELL, R., HAMMOND, A., Jr. 1988. A comparative study of pheromone perception in two species of noctuid moths. J. Insect Behav. 1(1): 75-96.
- HARRIS, M., FOSTER, S. 1995. Behavior and integration, pp. 3-48, In: Chemical ecology of insects 2. Chapman & Hall, NY.
- HOWSE, P. 1998. Pheromones and behaviour, pp. 1-134, In: Howse, P., Stevens, I., Jones, O. (eds.), Insect pheromones and their use in Pest management. Chapman and Hall, London, UK, 369 p.
- JONES, O. 1998. Mating disruption, pp. 314-343, In: Howse, P., Stevens, I., Jones, O. (eds.) Insect pheromones and their use in pest management. Chapman and Hall, London, UK, 369 p.
- KENNEDY, J. 1977. Olfactory responses to distant plants and other odor sources, pp.67-91, In: Shorey, H., McKelvey, J., Jr. (eds.), Chemical control of insect behavior. Theory and applications. Wiley-Interscience
- KRUPKE, C. 1999. Behavioral response of male codling moth (*Cydia pomonella* L.) to a semiochemical-based attract- and-kill management strategy. Thesis MSc, Simon Fraser University, BC, Canada, 85 p.
- LACEY, E.S., MOREIRA, J.A., MILLAR, J.G., RAY, A.M., HANKS, L.M. 2007. Male-produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Neolytus mucronatus* mucronatus. Ent. Exp. & Appl. 122: 171-179.
- LEAL, W.S., BENTO, J.M.S., VILELA, E.F., DELLALUCIA, T.M.C.T. 1994. Female sex-pheromone of the longhorn beetle *Migdolus fryanus* Westwood -n-(2'S)-methylbutanoyl 2-methylbutylamine. Experientia 50: 853-856.
- MATTHEWS R., MATTHEWS J. 1978. Brood care and social life: Social organization, pp. 433-445, In: Insect Behavior, John Wiley & Sons, Inc, NY.
- MILLAR, J. G., HAYNES, K. F. 1998. Methods in chemical ecology. Vol. 2: Chemical Methods. Kluwer, NY, 420p.
- MUTIS, A., PARRA, L., PARDO F., LIZAMA M., QUIROZ, A., 2007. Posible participación de feromonas de contacto en la conducta de apareamiento del insecto *Aegorhinus superciliosus* (Guerin, 1830) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). Trabajo presentado al 29° Congreso Nacional de Entomología, Santiago, Chile, 28-30 nov.
- NANSEN, C., MEIKLE, W. 2002. The biology of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Integr. Pest Mgmt. Rev. 7(2): 91-104.
- QUIROZ, A., NAVARRO, V., ECHEVERRÍA, P., PALMA, R., REBOLLEDO, R. 2005. Aislamiento e identificación de la feromona sexual de *Hylamorphia elegans* (Coleoptera: Scarabaeidae). Trabajo presentado al 27° Congreso Nacional de Entomología, Valdivia, Chile, 22-24 nov.
- RODRÍGUEZ, L., NIEMEYER, H. 2005. Integrated pest management, semiochemicals and microbial pest-control agents in Latin American agriculture. Crop Prot. 24(7): 615-623.
- ROELOFS, W. 1981. Attractive and aggregating pheromones, pp.215-236, In: Semiochemicals: their role in pest control. John Wiley & Sons, NY.
- STEVENS, I. 1998. Chemical aspects of pheromones, pp.135-252, In: Howse, P., Stevens, I., Jones, O. (eds.), Insect pheromones and their use in pest management. Chapman and Hall, London, UK, 369 p.
- SWEENEY, J., DE GROOT, P., MACDONALD, L., SMITH, S., COCQUEMPT, C., KENIS, M., GUTOWSKI, J.M. 2004. Host volatile attractants and traps for detection of *Tetropium fuscum* (F.), *Tetropium castaneum* L., and other longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae). Env. Ent. 33: 844-854.
- TUMLINSON, J. 1990. Chemical analysis and identification of pheromones. In: Behavior-modifying chemicals for insect management. Applications of pheromones and other attractants. Marcel Dekker, Inc, pp. 73-77.
- WANG, Q., LI, J.S., ZENG, W.Y., YIN, X.M. 1991. Sex recognition by males and evidence for a female sex-pheromone in *Paraglenea fortunei* (Coleoptera, Cerambycidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 84: 107-110.