

Avances en ecología química aplicada a plagas defoliadoras y xilófagas de la dehesa

Israel Sánchez

Departamento de Ciencias Agroambientales.
Universidad de Huelva

El campo de la ecología química vinculada a la entomología aplicada, y en concreto, el estudio de los compuestos semioquímicos y su papel en la selección de hospedantes y localización de congéneres, constituye uno de los pilares del control integrado de plagas forestales (Pickett *et al.* 1991, Allison *et al.* 2004, Allison y Zhang 2024). En paralelo, en situaciones de simpatria, comprender los requisitos específicos que determinan los patrones de ocupación y abundancia para cada especie (por ejemplo, en el grupo *Cerambyx*), resulta imprescindible para desarrollar estrategias de gestión o control específicas (Torres-Vila *et al.* 2023).

Existe considerable evidencia de que plagas potenciales del arbolado, como algunos coleópteros cerambícidos, son atraídos por COV como los monoter-

penos, estando estos compuestos probablemente involucrados en el reconocimiento de hospedantes debilitados o dañados (Allison *et al.* 2004). El uso de feromonas resulta, por otra parte, una



parte integral de las estrategias actuales en el contexto del control biorracional de plagas (Reddy *et al.* 2020, Rizvi *et al.* 2021). La presencia de feromonas o probables feromonas en la familia Cerambycidae se conoce en varios cientos de especies (Millar y Hanks 2017, El-Sayed 2022), pero sigue siendo desconocido el papel que las feromonas sexuales de acción a distancia podrían tener en el comportamiento reproductivo de *Cerambyx* spp. y *Prinobius myardi*.

El estrés ambiental veraniego propio del ámbito mediterráneo, unido a la incidencia de agentes bióticos (patógenos de suelo y copa, insectos defoliadores y grandes xilófagos) causan cambios fisiológicos y bioquímicos en las plantas, siendo la fotosíntesis una de las funciones celulares más afectadas por altas temperaturas y sequías intensas (Correia *et al.* 2014, Piayda *et al.* 2014). Los terpenos y otros COV desempeñan importantes funciones tanto en la fisiología de las plantas como en su interacción con el medio; por ejemplo, protegiéndolas contra factores estresantes o actuando como compuestos de comunicación entre plantas (Loreto *et al.* 2014).

El rendimiento fotosintético se utiliza en gran medida como indicador de respuesta de las plantas a las condiciones ambientales, por ejemplo, su termotolerancia (Wahid *et al.* 2007). Los monoterpenos podrían, en este sentido, mitigar los efectos del estrés oxidativo (Grote *et al.* 2013, Loreto *et al.* 2014), habiéndose considerado que el limoneno en particular, el terpeno más extendido en el mundo, podría tener un papel en la protección de las plantas contra el daño térmico, al menos en condiciones especiales como la ausencia de fotorrespiración (Peñuelas y Llusà 2002, Llusà *et al.* 2005).

AVANCES EN ECOLOGÍA QUÍMICA APLICADA A PLAGAS DEFOLIADORAS Y XILÓFAGAS DE LA DEHESA

El género *Quercus* está considerado entre los mayores emisores de COV (Pearse *et al.* 2013). En especial, alcornoques (*Quercus suber*) y encinas (*Quercus ilex*) son emisores fuertes de monoterpenos (Lavoir *et al.* 2011, Pio *et al.* 2005), exhibiendo dos marcados quimiotipos de emisión foliar: un primer tipo denominado tipo limoneno, dominado

El estrés ambiental veraniego propio del ámbito mediterráneo, unido a la incidencia de agentes bióticos (patógenos de suelo y copa, insectos defoliadores y grandes xilófagos) causan cambios fisiológicos y bioquímicos en las plantas

por la emisión de dicho compuesto (>30 % de la emisión total de monoterpenos), y un segundo tipo denominado tipo pineno, en el que las emisiones conjuntas de α -pineno, β -pineno y sabineno superan el 30 % de la emisión global, pero las emisiones de limoneno son siempre menores al 30 % (Staudt *et al.* 2004).

Nuestros trabajos preliminares sugieren que la presencia de insectos defoliadores de hoja tierna en alcornoque, así como en la intensidad de sus daños, podría variar según el perfil de emisión foliar de monoterpenos de los árboles. La abundancia combinada de las cuatro especies defoladoras más abundantes encontradas en nuestro estudio (*Catocala nymphagoga*, *Periclista andrei*, *Bena bicolorana* y *Cyclophora punctaria*) fue un 62,7 % menor en los árboles con perfil tipo limoneno que en árboles con perfil tipo pineno; además, aunque el porcentaje de hojas con daños por herbivoría fue similar en campo para ambos perfiles de emisión (en torno al 34 % en general), la intensidad de daño foliar en árboles con perfil tipo pineno fue significativamente mayor que la encontrada para el perfil tipo limoneno tanto para niveles de daño bajos (percentil 10 %) como para niveles altos (percentil 85 %) (Sánchez-Osorio *et al.* 2024b).

Por otra parte, nuestros trabajos han puesto de manifiesto cómo *C. welensii* y *P. myardi* muestran respuesta antenal frente a un amplio abanico de compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por el género *Quercus*, en particular encinas y alcornoques (Sánchez-Osorio *et al.* 2015, 2021). Hemos encontrado, además, una tendencia a la concentración de adultos de *C. welensii* en alcornoques con perfil de emisión foliar de monoterpenos dominada por el limoneno-



no (Sánchez-Osorio *et al.* 2019). Una vez en los árboles, la presencia de ciertos exudados corticales facilita la reunión de los insectos, actuando como lugares de hidratación o alimentación (López-Pantoja *et al.* 2008, Sánchez-Osorio *et al.* 2016). En estas circunstancias, los insectos suelen valerse de las antenas para entablar contacto unos con otros, ayudándose de la estimulación química por contacto como desencadenante de la cópula (Sánchez-Osorio *et al.* 2023).

Adicionalmente, las interacciones que hemos presentado entre la emisión de monoterpenos, en especial el limone-

no, y funciones fisiológicas importantes de los árboles, por un lado, así como con estresores de tipo abiótico y biótico, por otro lado, resultan de particular interés si se tiene en cuenta que el perfil de emisión foliar en encinas y alcornoques está determinado genéticamente (Staudt *et al.* 2004). Esto abre una interesante línea de investigación, sobre si la determinación del perfil de emisión de un árbol podría informar sobre ciertas condiciones genéticas que puedan resultar diferenciales en la forma en que los árboles afrontan estresores ambientales y/o bióticos. En este sentido, nues-

tros trabajos han mostrado que árboles muy visitados (y altamente infestados) por *C. welensii*, donde resultaban más frecuentes los ejemplares de perfil de emisión tipo limoneno, mantuvieron una mayor actividad fotosintética que árboles no infestados (1,5-2,15 veces) en momentos previos al inicio de la actividad diaria de los adultos (crepúsculo), lo cual podría haber favorecido la emisión foliar de ciertos monoterpenos (como el limoneno) que podrían influir en la selección intraespecífica del huésped por parte de este cerambícido (Sánchez-Osorio *et al.* 2024a).

Bibliografía

- Allison JD, Paine TD, Slippers B, Wingfield MJ (2023) *Forest Entomology and Pathology. Volume 1: Entomology*. Springer Link, 705 pp.
- Allison, J.D.; Zhang, Q.-H. Applied Chemical Ecology of Forest Insects. *Forests* 2024, 15, 997.
- Correia B, Rodriguez JL, Valledor L, Almeida T, Santos C, Cañal MJ, Pinto G (2014) Analysis of the expression of putative heat-stress related genes in relation to thermotolerance of cork oak. *Journal of Plant Physiology* 171: 399–406.
- El-Sayed AM (2022) *The Pherobase: Database of Pheromones and Semiochemicals*. 2022. [acceso, 30 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.pherobase.com>.
- Grote R, Monson R, Niinemets Ü (2013) Leaf-level models of constitutive and stress-driven volatile organic compound emissions. En: *Biology, controls and models of tree volatile organic compound emission*; Niinemets Ü, Monson RK (Eds); Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 315–355.
- Lavoire AV, Duffet C, Mouillot F, Rambal S, Ratte JP, Schnitzler JP, Staudt M (2011) Scaling-up leaf monoterpene emissions from a water limited *Quercus ilex* woodland. *Atmospheric Environment* 45: 2888–2897.
- Llusà J, Peñuelas J, Asensio D, Munné-Bosch S (2005) Airborne limonene confers limited thermotolerance to *Quercus ilex*. *Physiologia Plantarum* 123: 40–48.
- López-Pantoja G, Domínguez L, Sánchez-Osorio I (2008) Mark-recapture estimates of the survival and recapture rates of *Cerambyx welensii* Küster (Coleoptera, Cerambycidae) in a cork oak dehesa in Huelva (Spain). *Central European Journal of Biology* 3: 431–441.
- López-Pantoja G, Domínguez L, Sánchez-Osorio I (2011) Analysis of *Prinobius myardi* Mulsant population dynamics in a Mediterranean cork oak stand. *Annales de la Société Entomologique de France* 47: 260–268.
- Loreto F, Pollastri S, Fineschi S, Velikovic V (2014) Volatile isoprenoids and their importance for protection against environmental constraints in the Mediterranean area. *Environmental and Experimental Botany* 103: 99–106.
- Millar JG, Hanks LM (2017) Chemical ecology of cerambycids. En: *Cerambycidae of the World: Biology and Pest Management*. En: Wang Q (Ed); CRC Press: Boca Raton, FL, USA; pp. 161–208.
- Pearse IS, Gee WS, Beck JJ (2013) Headspace Volatiles from 52 oak species advertise induction, species identity, and evolution, but not defense. *Journal of Chemical Ecology* 39: 90–100.
- Peñuelas J, Llusà J (2002) Linking photorespiration, monoterpenes and thermotolerance in *Quercus*. *New Phytologist* 155: 227–237.
- Piayda A, Dubbert M, Rebmann C, Kolle O, Costa F, Correia A, Pereira JS, Werner C, Cuntz M (2014) Drought impact on carbon and water cycling in a Mediterranean *Quercus suber* L. woodland during the extreme drought event in 2012. *Biogeosciences* 11: 7159–7178.
- Pickett JA, Wadhams LJ, Woodcock CM (1991) *New approaches to the development of semiochemicals for insect control*. Proceedings of the Congress Insect Chemical Ecology, Tabor 1990. pp.: 333–345.
- Pio CA, Silva PA, Cerqueira MA, Nunes TV (2005) Diurnal and seasonal emissions of volatile organic compounds from cork oak (*Quercus suber*) trees. *Atmospheric Environment* 39: 1817–1827.
- Reddy GVP, Sharma A, Guerrero A (2020) Advances in the use of semiochemicals in integrated pest management: pheromones. En: Birch, N. & Glare, T. (Eds.) *Advances in the use of semiochemicals in integrated pest management: pheromones. Biopesticides for sustainable agriculture*. London: Burleigh Dodds Science Publishing.
- Rizvi, SAH, George J, Reddy GVP, Zeng X, Guerrero A (2021) Latest developments in insect sex pheromone research and its application in agricultural pest management. *Insects* 12: 484.
- Torres-Vila LM, Mendiola-Díaz FJ, Canelo T (2023) *Cerambyx cerdo* and *Cerambyx welensii* oak-living sympatric populations exhibit species-specific responses to face ecological factors in the wild. *Diversity* 15: 545.
- Sánchez-Osorio I, Domínguez L, López-Pantoja G, Tapias R (2015) Antennal response of *Prinobius myardi* to synthetic tree volatiles. *Silva Fennica* 49: 1305.
- Sánchez-Osorio I, López-Pantoja G, Paramio AM, Lencina JL, Gallego D, Domínguez L (2016) Field attraction of *Cerambyx welensii* to fermentation odors and host monoterpenes. *Journal of Pest Science* 89: 59–68.
- Sánchez-Osorio I, López-Pantoja G, Tapias R, Pareja-Sánchez E, Domínguez L (2019) Monoterpene emission of *Quercus suber* L. highly infested by *Cerambyx welensii* Küster. *Annals of Forest Science* 76: 98.
- Sánchez-Osorio I, Tapias R, Domínguez L, López-Pantoja G, González MDM (2021) Electroantennographic responses of *Cerambyx welensii* Kuster to host-related volatiles. *Forests* 12: 1168.
- Sánchez-Osorio I, López-Pantoja G, Domínguez L, López-Manzano MR, Rosell G, Guerrero A (2023) Contact chemoreceptive mate recognition in *Cerambyx welensii* Küster (Coleoptera: Cerambycidae). *Agricultural and Forest Entomology* 25: 622–636.
- Sánchez-Osorio I, López-Pantoja G, Tapias R, Pareja-Sánchez E, Domínguez L (2024a) Physiological Activity of *Quercus suber* with a High Presence of *Cerambyx welensii*. *Forests* 15: 282.
- Sánchez-Osorio I, Robles D, Tapias R (2024b) Presence of *Quercus suber* soft-leaf defoliators on trees with distinct foliar monoterpene emission profiles. *Applied Sciences* 14: 1112.
- Staudt M, Mir C, Joffre R, Rambal S, Bonin A, Landais D, Lumaret R (2004) Isoprenoid emissions of *Quercus* spp. (*Q. suber* and *Q. ilex*) in mixed stands contrasting in interspecific genetic introgression. *New Phytologist* 163: 573–584.
- Wahid AS, Galani S, Ashraf M, Foolad M (2007) Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61: 199–223.