

FEROMONAS SEXUALES EN INSECTOS: ¿QUÉ RICO PERFUME O ATRACCIÓN FATAL?

Julio C. Rojas^{1*}, Samuel Cruz-Esteban^{2,3} y Edi A. Malo¹

Para los humanos, que somos animales visuales, puede resultar sorprendente conocer que el comportamiento de los insectos es mediado por compuestos químicos (infoquímicos o semioquímicos).

Los infoquímicos son importantes en la vida y en el “amor” de los insectos, ya que estos los usan para localizar alimento, parejas o refugios, o para evitar depredadores. La clase de infoquímicos más estudiados en los insectos son las feromonas.

Existen diferentes tipos de feromonas comportamentales, incluyendo feromonas

sexuales, agregación, alarma, ruta y reclutamiento, y marcaje, entre otras (Rojas y Guerstein, 2016). En este documento daremos una panorámica general sobre algunos aspectos básicos y aplicados de las feromonas sexuales con énfasis en las palomillas.

La reproducción sexual implica el encuentro de los sexos y el uso de las feromonas es un lugar común. Los insectos pueden usar feromonas sexuales para atraer a distancia a la pareja, para desencadenar cortejos sofisticados, para la aceptación del pretendiente o para repeler competidores.



Ejemplar adulto de *Bombyx mori*. Imagen de dominio público bajo licencia CCO.

-Las feromonas sexuales ocurren en la mitad de los órdenes de insectos, incluyendo Blattodea, Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera. Las feromonas pueden ser producidas por las hembras, por los machos o por ambos sexos. Por ejemplo, las palomillas producen una feromona sexual para atraer al macho a distancia; a corta distancia, es el macho quien libera una feromona para que la hembra lo acepte. En algunas especies, la hembra usa la feromona del macho para evaluar a su pareja, lo que le permitirá seleccionar al macho con mejor aptitud para aparearse-

Este último caso se ha documentado en algunos ártidos, en donde las hembras prefieren a machos que liberan una mayor cantidad de feromonas, que son aquellos que ofrecen el regalo nupcial más generoso a las hembras. Las hembras que se aparean con estos machos tienen un menor riesgo de ser depredadas, debido a que el regalo contiene alcaloides que les brinda protección (Rossini et al., 2012).

Desde la época de los antiguos griegos se sospechaba que los animales usaban señales químicas para atraer al sexo opuesto, pero no fue sino hasta 1959 cuando se identificó la primera feromona sexual en un insecto.

Este descubrimiento fue logrado por el grupo del Prof. Adolfo Butenandt, científico alemán, quien ganó el premio Nobel por su investigación con hormonas sexuales humanas.

Este grupo tuvo que procesar 500 mil abdómenes, parte del cuerpo en donde están las glándulas feromonales, de la palomilla de la seda para tener unos cuantos mg de material para identificar la feromona. Con el avance en la instrumentación analítica moderna, es posible identificar las feromonas con relativamente pocos insectos (Malo y Rojas, 2012).

La primera feromona identificada fue nombrada como bombicol, un alcohol de 16 átomos de carbono. Al presente, las feromonas sexuales se han identificado en cientos de especies de palomillas y esto

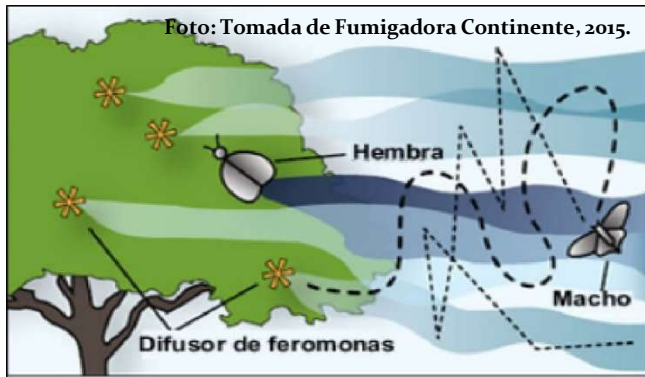
nos ha permitido conocer que la naturaleza química de las feromonas es bastante conservada. Generalmente, los compuestos feromonales de este grupo de insectos son acetatos, alcoholes, aldehídos o hidrocarburos (Arzuffi y Castrejón Ayala, 2012).

Entonces, ¿Como se logra la especificidad en la comunicación sexual entre las diferentes especies de las palomillas? La especificidad se logra por la variación en el largo de la cadena de átomos, el número, posición y la naturaleza isomérica de los dobles enlaces, el grupo funcional y la proporción precisa de los componentes en la mezcla feromonal en cada especie (Morse y Meighen, 1987).

La biosíntesis de feromonas sexual de las palomillas está regulada por hormonas producidos en el cerebro de las hembras (Jurenka, 2020). Las hembras biosintetizan de novo sus feromonas a partir de ácidos grasos, particularmente del ácido linoleico (Jurenka, 2020), aunque en algunas especies lo hacen a partir de precursores (e.g., metabolitos secundarios) del alimento que ingieren en la etapa larvaria.

-El descubrimiento de la primera feromona abrió la puerta para que las feromonas de otros insectos fueran identificadas y con esto la posibilidad de usar estos compuestos en el manejo de plagas agrícolas. Las feromonas sexuales pueden ser usadas para monitorear las poblaciones de insectos nocivos-

El monitoreo puede cualitativo o cuantitativo, en el primer caso solo tenemos interés en saber si un determinado insecto está presente en un lugar, cuando aparece o como cambia su densidad poblacional en el tiempo; el segundo caso, la información obtenida se utiliza para establecer umbrales de captura que nos permitirán conocer cuando debemos aplicar las medidas de control, evaluación de riesgos o saber si las medidas de control están funcionando (Rojas et al., 2008).



Los componentes de un sistema de monitoreo incluyen, básicamente al liberador de la feromona y a la trampa, pero un conocimiento sobre la biología del insecto blanco y el efecto de clima en las capturas son aspectos importantes que deben de conocerse para que el sistema de monitoreo sea exitoso.

En algunos casos existe una variación geográfica en la comunicación química de los insectos, por lo que la feromona comercial debe de evaluarse antes de usarse para ver si es eficiente en la captura de poblaciones locales del insecto de interés. Por ejemplo, cuando evaluamos diferentes cebos feromonales comerciales para monitorear a los adultos del gusano cogollero, encontramos que las trampas cebadas con estos cebos muestran capturas erráticas, lo que no llevo a optimizar una feromona sexual específica para poblaciones mexicanas de este insecto (Cruz-Esteban et al., 2020).

También se han evaluado diferentes diseños de trampas comerciales y artesanales con el objetivo de optimizar este componente básico del sistema de monitoreo para el gusano cogollero (Malo et al. 2018, Cruz-Esteban et al., 2021).

Las feromonas también pueden ser usadas directamente como medidas de control. Las estrategias son trapeo masivo, atracción-aniquilación e interrupción del apareamiento (Rojas et al., 2008).

El objetivo del trapeo masivo es capturar suficientes insectos en el área tratada antes de que se reproduzcan o dañen al cultivo. El sistema debe ser altamente competitivo en comparación con las hembras silvestres. Esto implica que la feromona debe estar optimizada y ser más atractiva que las hembras y las trampas usadas deben ser altamente eficientes para capturar a los machos (El-Sayed et al., 2006).

Hay que considerar que el costo del trapeo y actividades relacionadas deben ser menores que los beneficios de los métodos alternativos de control. Se recomienda el uso de esta estrategia con especies univoltinas, monófagas y monógamas, y cuando las poblaciones del insecto nocivo son bajas (El-Sayed et al., 2006), características que rara vez ocurren en insectos tropicales, lo que podría limitar el uso de esta estrategia en plagas tropicales.

Se considera que las feromonas de agregación son una mejor opción que las feromonas sexuales para desarrollar un sistema de trapeo masivo porque con las primeras ambos sexos son capturados.

La atracción-aniquilación es muy parecida al trampeo masivo, excepto que la primera estrategia no usa trampas para capturar los insectos nocivos. En este caso, la feromona es colocada en un gel o en una hoja de plástico junto con el agente letal, que puede ser un insecticida, un

esterilizante, un regulador de crecimiento o un entomopatógeno.

Los machos al percibir la feromona hacen contacto con el “atractiva” provocando su muerte. En esta estrategia la cantidad de feromona y del agente letal es mínima, a su vez, el “atractiva” no atrae

insectos no blancos y se coloca en la parte de la planta que no va a ser cosechada (El-Sayed et al., 2009).

La atracción-aniquilación funcionan mejor cuando las poblaciones iniciales del insecto nocivo son bajas (Mansour, 2010).

-Nosotros hemos empezado a evaluar la factibilidad de esta estrategia para el control de los adultos del gusano cogollero en maíz, con resultados alentadores en los dos últimos años-

La interrupción del apareamiento involucra la aplicación de feromona sintética a niveles que interfieran con la búsqueda de la pareja. Una de las ventajas de esta estrategia es que rara vez afecta a insectos no blanco y es compatible con otros métodos de control, incluyendo el control biológico (Miller et al., 2006).

Los mecanismos más importantes para explicar la interrupción del apareamiento incluyen el seguimiento de una estela feromonal falsa, camuflaje, desensitización (habitación y adaptación), desbalance sensorial, o una combinación de estos (Miller et al., 2006). Existen diferentes dispositivos para liberar la feromona, incluyendo fibras huecas, hojuelas laminadas, tubos de polietileno, micro-capsulas y aerosoles.

Esta estrategia funciona mejor cuando la feromona se aplica en grandes extensiones, cuando las poblaciones del insecto son bajas a moderadas, con

insectos que tienen una limitada capacidad migratoria y con pocas plantas hospederas. Por ejemplo, el caso más exitoso de la aplicación de esta estrategia ha sido logrado con el gusano rosado del algodón (Staten, 1997), insecto que presenta las características arriba señaladas.

Resultados preliminares con los adultos del gusano cogollero muestran que usando 40 liberadores por ha es posible interrumpir la comunicación sexual y disminuir el daño al cultivo, aunque no hubo una diferencia significativa en la producción de maíz entre las áreas tratadas con la feromona y el área testigo (Rojas y Malo datos sin publicar).

La estrategia más usada actualmente para el control de insectos plagas con feromonas es interrupción del apareamiento, seguida de trampeo masivo y atracción-aniquilación.

Los E.E U.U y la Unión Europea son las regiones en donde más se usan las feromonas para el control de insectos. En México, hasta donde sabemos solo existe un estudio que muestra que la estrategia de interrupción del apareamiento es posible con el gusano alfiler del tomate en condiciones de invernadero (Trumble y Alvarado-Rodríguez, 1983). Esto significa que existe potencial para el uso de feromonas para el control de insectos en nuestro país. Sin embargo, es necesario realizar estudios rigurosos antes de intentar recomendar o usar cualquiera de las estrategias arriba descritas.

LITERATURA CONSULTADA

- Arzuffi, R y Castrejón-Ayala, F. (2012). Feromonas involucradas en el comportamiento sexual de Lepidoptera.. En: Rojas, J. C. y E. A. Malo (Eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos.* (pp. 72–94). El Colegio de la Frontera Sur.
- Cruz-Esteban, S., Rojas, J. C. and Malo, E. A. (2020). A pheromone lure for catching fall armyworm males (Lepidoptera: Noctuidae) in Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 36: 1–11. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612271>.
- Cruz-Esteban, S., Valencia-Botín, A. J., Virgen, A., Santiesteban, A., Merida-Torres, N. M. and Rojas, J. C. (2021). Performance and efficiency of trap designs baited with sex pheromone for monitoring *Spodoptera frugiperda* males in corn crops. *International Journal of Tropical Insect Science.* <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00595-4>.
- El-Sayed, A. M., Suckling, D. M., Wearing, C. H. and Byers, J. A. (2006). Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology*, 99: 1550–1564. <http://doi.org/10.1093/jee/99.5.1550>.
- El-Sayed, A. M., Suckling, D. M., Byers, J. A., Jang, E. B. and Wearing, C. H. (2009). Potential of “lure and kill” in long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology*, 102: 815–835. <https://doi.org/10.1603/029.102.0301>.
- Jurenka, R. A. (2020). Lepidoptera: female sex pheromone biosynthesis and its hormonal regulation. En: Blomquist, G. and Vogt, R. (Eds). *Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology*, 2nd edition. (pp. 13–88). Academic Press, New York.
- Malo, E. A. y Rojas, J. C. (2012). Métodos en investigación en semioquímicos. En Rojas, J. C. y Malo E. A. (Eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos.* (pp. 17–45). El Colegio de la Frontera Sur.
- Malo, E. A., Cruz-Esteban, S., González, F. J. and Rojas, J. C. (2018). An home-made trap baited with sex pheromone for monitoring *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera: Noctuidae) in corn crops in Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 111: 1674–1681. <https://doi.org/10.1093/jee/toy128>.
- Mansour, M. (2010). Attract and kill for codling moth *Cydia pomonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae) control in Syria. *Journal of Applied Entomology*, 134: 234–242. <https://10.1093/jee/toy111>.
- Miller, J. R., Gut, L. J., De Lame, F. M., and Stelinski, L. L. (2006). Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (Part I): *Theory.* *Journal of Chemical Ecology*, 32: 2089–2114.
- Morse, D. and Meighen, E. (1987). Pheromone biosynthesis: enzymatic studies in Lepidoptera, En: Prestwich, G. D. and Blomquist, G. J. (Eds). *Pheromone Biochemistry.* (pp. 121–158). Academic Press, Inc., New York.
- Rojas, J. C., Macias-Samano, J. y Malo, E. A. 2008. Uso de semioquímicos en el manejo integrado de plagas. En: Toledo Arreola, J y Infante, F. (Eds). *Manejo Integrado de Plagas.* pp. 167–182. Editorial Trillas.
- Rojas, J. C. y Guerstein, P. (2016). Comunicación animal por feromonas: Aspectos básicos y aplicados. En Anaya, A. L., Espinosa-García, F. J. y Reigosa-Roger, M. J. (Eds.). *Ecología Química y Aleopatía.* (pp. 425–470). Plaza y Valdés Editores. Ciudad de México.

- Rossini, C., Camarano, S. y González, A. 2012. Defensas químicas: ¿Guerra o paz armada? En: Rojas, J. C. y Malo, E. A. (Eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*. (pp. 165–192). El Colegio de la Frontera Sur.
- Staten, R. T., El-Lissy, O. and Antilla, L. (1997). Successful area-wide program to control pink bollworm by mating disruption. En: Cardé, R. T. and Minks, A. K. (Eds.). *Insect Pheromone Research*. Springer, (pp. 383–396.) Boston, MA.
- Trumble, J. T., and Alvarado-Rodriguez, B. (1993). Development and economic evaluation of an IPM program for fresh market tomato production in Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 43: 267–284. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90091-3](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90091-3).

¹Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antiguo Aeropuerto Km 2.5, Tapachula, Chiapas, C.P. 30700.

²Instituto de Ecología, A.C. Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano. Avenida Lázaro, Cárdenas 253, Pátzcuaro, Michoacán, C.P. 61600.

³CONACyT. Avenida Insurgentes Sur 1582, Ciudad de México, C.P. 03940.

**Autor de correspondencia: jrojas@ecosur.mx*