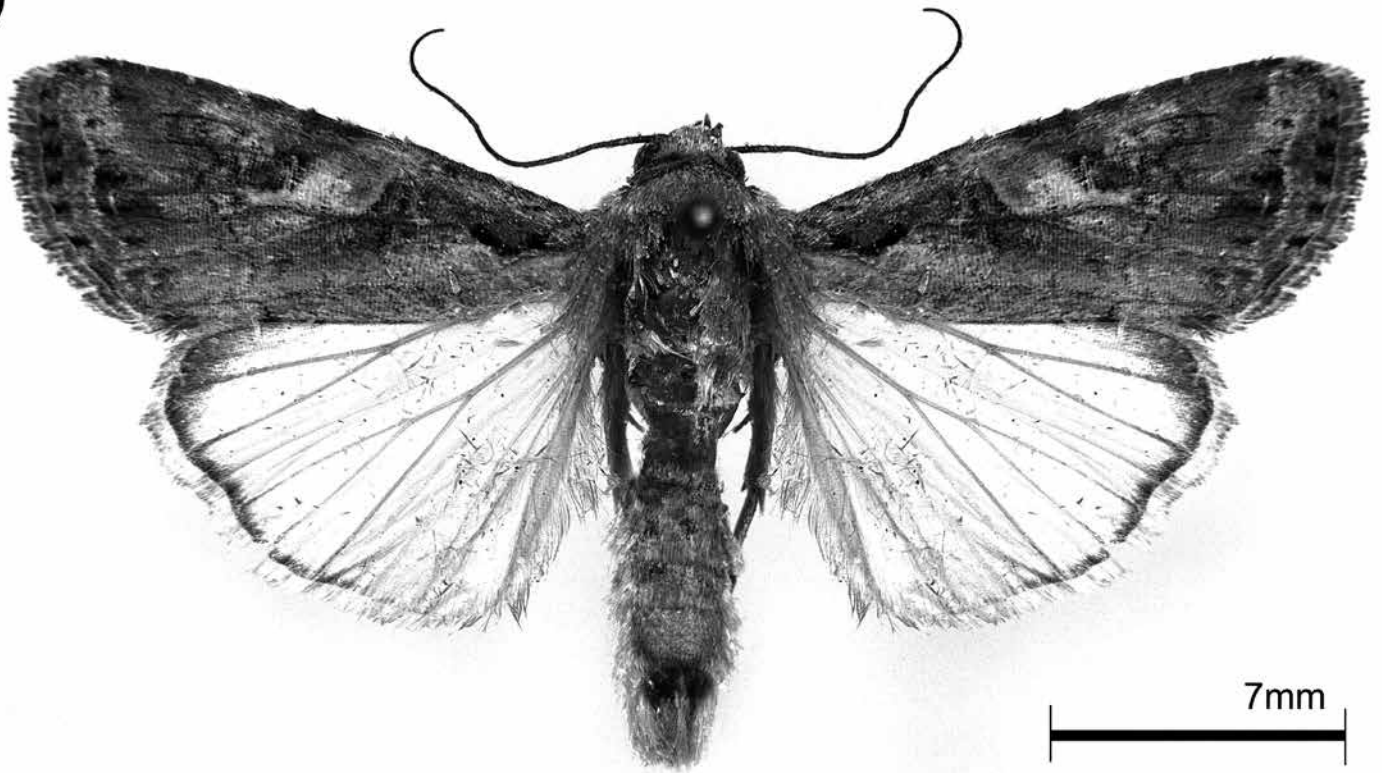


Cuando el amor mata:



SALVADOR HERNÁNDEZ

Macho de *Spodoptera frugiperda*, adulto del gusano cogollero.

la feromona sexual del gusano cogollero

Edi A. Malo y Julio C. Rojas

Resumen: La ciencia nos ha develado aspectos fascinantes respecto a la comunicación química de los insectos, un ejemplo es cómo, mediante la detección de feromonas a distancias asombrosas, encuentran al sexo opuesto para reproducirse. Un uso práctico de este conocimiento es que podemos monitorear y trampear masivamente a los insectos dañinos en la agricultura, algo muy valioso para alimentos que quizá ahora mismo están en nuestra mesa. En tal sentido, el desarrollo de compuestos feromonales sintéticos para el manejo del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, junto con trampas útiles y económicas, es una buena noticia para el cultivo del maíz en México.

Palabras clave: *Spodoptera frugiperda*, plaga, atrayente sexual, trampas, maíz.

Maayat'aan (maya): Le kéen kíinsanak yaakunaj: u book ti'al u kaxtik u nuup xnook'olil nal

Cienciae' ku ye'esik to'on ya'ab jak'a'an óolil ba'alo'ob tuyóok'olal t'aan ichil yik'elo'ob chéen yéetel u bookil, k'ajóola'an xan beey comunicaci3n quíimica, je'elbix kex jach táaj náach yaan le yik'elo' ku yu'ubik u book u nuup wáaj u feromonas, ku kaxtik u nuup uti'al u yantal u mejenil. U k'ajóolalil le beya' ku yáantaj tumen yéetel ku béeytal u ch'uukta'al bey xan u tuusa'al ya'abkach yik'elo'ob ku loobiltiko'ob u meyajil k'áax wáaj páak'al, le je'ela' jump'éeel ba'al jach k'a'ana'an ti'al u meyajta'al janalbe'enba'alo'ob mi te' súutuka' ti' yaano'ob yóok'ol k mayake'. Lebetike', u meyajta'al u book wáaj le k'ajóola'an beey compuestos feromonaes tumen wíiniko'ob uti'al u ch'uukta'al u xnook'olil nal k'ajóola'an xan beey gusano cogollero, Spodoptera frugiperda, yéetel u yáantaj xan ma'alob nuup'o'ob ma' ko'ojtaki', jump'éeel ba'al jach ma'alob ti'al u páak'alil nal tu noj lu'umil México.

Áantaj t'aano'ob: Spodoptera frugiperda, u séen yantal yik'elo'ob jantik páak'al, bookil u nuup, nuup'o'ob, nal.

Bats'i k'op (tsotsil): K'alaluk ta xmilvan li k'anele: yik' sventa snupan sp'olesbaik li chanul cogollero

Li bijjal xchanel vune ta xak' ta ilel ta jsatik k'u yelanil ta sk'opon snupsbaik li bik'tal chonetike, jech k'ucha'al li'e, xu' ta xa'isbaik ta yik' no'ox ak'o mi nom sk'eloy sbaik, jech ta sta sbaik ta stot sme' sventa sp'olesbaik. Ti bijjal chanel vune ta xal smelol xu' ta xich' tunesel sventa chich' ik'el talel xchi'uk stsakel li bik'tal viletel pepenetike, ti ja' ta smil li ts'unobaletike, ti tsots sk'oplal yu'un ja' li jve'eltik ti lamucha ja' lechel ta jmexatik ta ora li'e. Ti smelolal taje, ti yik' li bik'tal chonetike pasbil xa ta poxiletik sventa xich' stuk'ulanel li xchanul li ajane chanul cogollero sbie, Spodoptera frugiperda, xchi'uk yantik stunesobil sventa stsakel bik'tal chonetik tsulul no'ox stojole, taje ja' lekil a'yej yu'un ta xtunan sventa lek ta xch'i tal li ixim ta México.

Jbel k'opetik tunesbil ta vun: xchanul ajan, bik'tal viletel pepenetik, yik' sventa snupsbaik sp'olesbaik, stunesobil sventa stsakobil, ixim.

A diferencia de los humanos que somos criaturas muy visuales, los insectos suelen usar el olfato para muchas actividades, como localizar su comida, encontrar pareja o evitar enemigos. La búsqueda de pareja muchas veces es desencadenada por feromonas sexuales, las cuales están constituidas por una mezcla de compuestos volátiles (olores) liberados al ambiente por la hembra o el macho, dependiendo de la especie, para atraer al sexo opuesto. Por ejemplo, las hembras de las mariposas nocturnas, también llamadas palomillas o polillas, liberan durante la noche una feromona que se dispersa con el viento. Cuando los machos la detectan, vuelan en zigzag hasta encontrar la hembra a la que cortejan agitando sus alas; ella quizás aceptará a alguno.

Los machos perciben la feromona mediante sus antenas (la nariz en los insectos) y pueden volar varios cientos de metros siguiéndola. Para comprender mejor la magnitud de esta distancia, consideremos que si el macho mide 1 cm y la hembra está a mil veces el largo de su cuerpo, él tendrá que viajar 10 m; imaginemos lo que implica un viaje mucho más largo para un animal tan pequeño. Una vez apareadas, las hembras detectan los compuestos volátiles de las plantas que funcionan como hospederas, van hacia ellas y allí depositan sus huevos. Esto es fascinante, pero ¿tiene al-

guna aplicación práctica descifrar la comunicación química de los insectos?

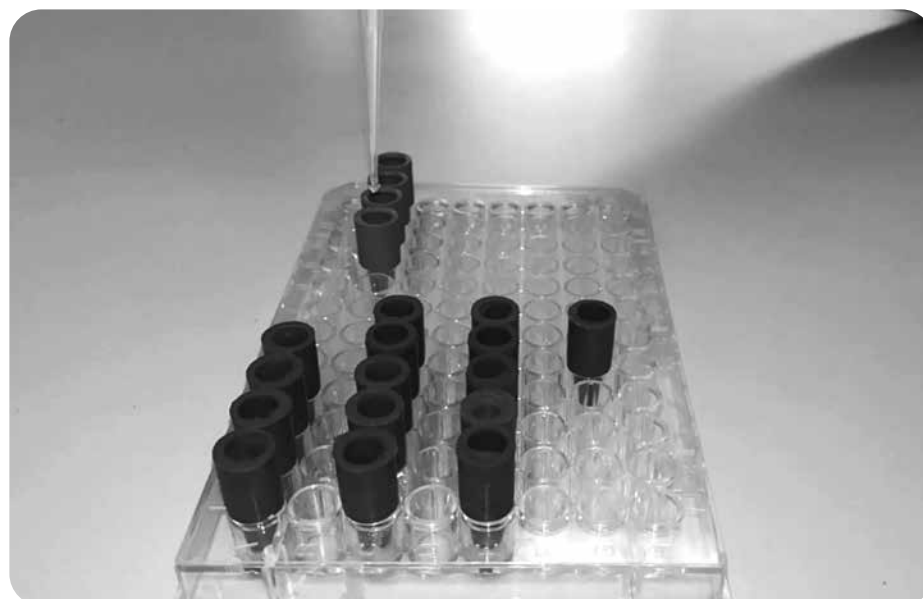
Feromonas para controlar insectos plaga

A mediados de la década de 1960 se identificó la primera feromona sexual de un insecto de importancia agrícola, algo que ocurrió poco después de publicarse *La primavera silenciosa* de Rachel Carson. Al alertar sobre el daño de los pesticidas a los humanos y al ambiente, esta autora despertaba la conciencia ecologista de muchas personas. Fue en tal contexto que se consolidó la idea de usar las feromonas como una alternativa a los insecticidas. Se alentó

entonces la identificación de feromonas de muchas especies de importancia agrícola y forestal, con el fin de usarlas en el manejo de las especies dañinas. Actualmente se utilizan para monitorear poblaciones de insectos plaga o en estrategias de control, como el trapeo masivo o la confusión sexual.

En el monitoreo o el trapeo masivo, las feromonas sintéticas se depositan en un septo de caucho (fig. 1a) o una membrana conocida como cebo feromonal, que se coloca en una trampa. Se dispersan en el ambiente y eso atrae a los machos, los cuales se capturan en la trampa con un pegamento o una solución jabonosa, y mueren. En la estrategia de confusión sexual,

Figura 1a.



ANTONIO SANTIBÁÑAN

Figura 1b.



SYRIL ROJAS

una alta concentración de feromonas se libera mediante dispensadores en el cultivo (fig. 1b), y esto dificulta que los machos encuentren a las hembras para reproducirse. Hoy existen diversas compañías que comercializan estos compuestos ligados a una gran variedad de insectos plagas.

En nuestro laboratorio, en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), investigamos la comunicación química de los insectos tropicales, lo que incluye la identificación de feromonas y atrayentes para usarlos en el manejo de especies dañinas. Uno de nuestros modelos de estudio es el gusano cogollero, larva de la palomilla *Spodoptera frugiperda*, que se encuentra desde Esta-

dos Unidos hasta Argentina, aunque hace poco se introdujo por accidente en África, Asia y Oceanía. Las larvas se alimentan de más de 300 plantas, y muchas son cultivos tan importantes como el maíz, el arroz, la caña de azúcar, el sorgo, el cacahuate, el algodón, la soya y los pastos forrajeros, entre otros (fig. 2).

En México se controla sobre todo con insecticidas sintéticos; sin embargo, su uso inadecuado ha provocado la resistencia del animal a algunos de esos productos, además de causar daños al ambiente y a la salud humana. Las pérdidas que ocasiona en el maíz son muy altas, incluso la mitad de una cosecha puede quedar afectada.

La feromona de ECOSUR

La feromona sexual de *S. frugiperda* se identificó y sintetizó inicialmente en Estados Unidos, y se determinó que se constituye de tres compuestos; a partir de eso, varias compañías comercializan algunas fórmulas para el monitoreo de machos del gusano cogollero en campos de maíz. Al evaluar a algunas de ellas en México, se encontró que las capturas de los machos eran muy inconstantes, quizá porque las hembras emiten menos o más compuestos que sus congéneres de Estados Unidos (variación cualitativa), o bien, porque liberan los mismos componentes feromonales, pero en diferente proporción (variación cuantitativa). Cualquier cambio haría que los machos de las poblaciones

Figura 2.



FABIOLA ROQUE

mexicanas no reconozcan las formulaciones hechas en Estados Unidos.

Esto nos llevó a reanalizar la feromona sexual de *S. frugiperda*, y comenzamos por coleccionar larvas en maíz de varias zonas del país: Chiapas, Yucatán, Campeche, Veracruz, Morelos, Michoacán, Jalisco y Sinaloa. Al transformarse en pupas presentan dimorfismo sexual (diferencias externas entre hembras y machos), así que fue posible reconocer a las hembras y separarlas, y cuando emergieron disecamos la glándula feromonal o colectamos con un material adsorbente¹ los compuestos liberados por ellas. Los extractos se examinaron con técnicas especializadas y su actividad biológica se estudió en el laboratorio y en campo. Encontramos que los insectos en México liberan los tres compuestos identificados antes, pero solo dos de ellos son cruciales en la atracción de organismos del sexo opuesto.

Con esta información evaluamos la efectividad de la mezcla de los dos compuestos en la captura de machos en diferentes

El gusano cogollero es nativo de las regiones tropicales y subtropicales de América, pero en 2016 invadió África, donde ahora se ha establecido en 44 países. En 2018 se le encontró en Asia, y en 2021 se le detectó en Australia. Lo más probable es que su arribo a África se debió al comercio. Desde ahí se pudo desplazar volando al desarrollarse como polilla en su etapa adulta, dado que puede viajar hasta 700 km. Su ciclo inicia cuando una hembra apareada deposita masas de hasta 600 huevos en las hojas de las plantas. Al eclosionar, las larvas se dispersan por el viento a plantas vecinas, donde se alimentan de las hojas y de la yema apical de la planta hasta alcanzar su última etapa larval. Cuando esto sucede, se dejan caer al suelo y ahí se convierten en pupas. Días después emergen los adultos; entonces, cuando la hembra alcanza 2 o 3 días de edad, empieza a liberar la feromona para atraer al macho, reproducirse y comenzar de nuevo el ciclo, que dura de 30 a 40 días, según las condiciones climáticas.

¹ La *adsorción* es un fenómeno físico, como cuando una esponja de cocina absorbe agua; en cambio, la *adsorción* es un fenómeno químico, por ejemplo, los compuestos volátiles liberados por la hembra del gusano cogollero y que son arrastrados por el aire, quedan ligados a la materia adsorbente mediante un enlace químico.

sitios. Los resultados fueron muy alentadores, ya que la mezcla feromonal que habíamos formulado resultó ser bastante útil. Además, es más barata que las de Estados Unidos y Europa, así que se ha posicionado en el mercado nacional y es conocida como la feromona de ECOSUR. Recientemente transferimos este conocimiento a la Cooperativa de Productores de Semilla de Occidente, S. C. L., de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, empresa que la comercializa en México (fig. 3).

Además del cebo feromonal, la trampa es indispensable en el éxito de cualquier sistema de monitoreo o trapeo masivo. Hemos evaluado varias trampas comerciales, y la mejor (*Heliothis Scentry*) cuesta aproximadamente cien dólares americanos, un precio alto considerando también que

Figura 3.



FABIOLA ROQUE

Existen varias técnicas para aislar las feromonas; en nuestro trabajo con *S. frugiperda* usamos dos con hembras sexualmente maduras. En la primera, las glándulas productoras de la feromona sexual, que se encuentran en la parte final del abdomen, fueron disecadas y depositadas en un disolvente para extraer los compuestos de interés. En la segunda, las hembras fueron colocadas en recipientes de vidrio durante la noche y las moléculas feromonales se atraparon con un adsorbente (carbón activado o un polímero). Luego estas moléculas fueron desadsorbidas usando diclorometano. Los extractos se inyectaron en un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas para poder identificar los compuestos, lo cual permite separar, identificar y cuantificar los compuestos. La actividad biológica de estos fue evaluada en el laboratorio usando un túnel de vuelo, o bien, en campo con trampas. En el campo es recomendable usar hembras vivas como testigo, de modo que si una trampa cebada con un determinado compuesto o mezcla captura tantos machos como lo hace la trampa con las hembras, podemos concluir que la feromona está correctamente identificada y lista para usarse en el monitoreo o control del insecto modelo.

en el campo puede ser destruida o robada. ¿Hay alternativas? Nuestros estudios han mostrado que una trampa artesanal hecha con un recipiente de plástico de un galón (fig. 4) es igual de eficiente y mucho más económica.

En general, podemos afirmar que nuestra investigación para descifrar la comunicación química sexual de *S. frugiperda* ha permitido disponer de un "perfume" atractivo para los machos que llegan buscando el amor, pero que encuentran la muerte al ser atrapados. La formulación feromonal adecuada y una trampa de bajo costo pueden ser utilizados para monitorear o capturar masivamente a los machos de esta especie en maíz y otros cultivos donde el insecto se ha convertido en un problema. Sin duda, se trata de una tecnología que puede llevar a reducir o evitar el uso de insecticidas para el control de esta especie dañina para la agricultura. 🌱

Figura 4.



FABIOLA ROQUE

Bibliografía

- Cruz-Esteban, S., Rojas, J. C., Sánchez, D., Cruz-López, L., y Malo, E. A. (2018). Geographic variation in pheromone component ratios and antennal responses, but not in attraction, to sex pheromones among corn-strain fall armyworm populations from Mexico. *Journal of Pest Science*, (91), 973-983.
- Howse, P. E., Stevens, I. D. R., y Jones, O. T. (1998). *Insect pheromones and their use in pest management*. Dordrecht: Springer.
- Malo, E. A., Cruz-López, L., Valle-Mora, J., Virgen, A., Sánchez, J. A., y Rojas, J. C. (2001). Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal region of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist*, (84), 659-664.

Edi A. Malo es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | emalo@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-1697-0277>
 Julio C. Rojas es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | jrojas@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-5730-5388>