



LOS PUENTES EN LAS
CIENCIAS NATURALES

MARÍA DE LA PAZ ELIZALDE GONZÁLEZ
LABORATORIO DE ADSORCIÓN
Y CROMATOGRAFÍA
CENTRO DE QUÍMICA DEL ICUAP

LOS PUENTES EN LAS CIENCIAS NATURALES

Cuando en 1982 fui contratada como investigadora en la BUAP, nunca imaginé que durante la década 2014 - 2024 seguiría experimentando y que una parte de mis actividades de investigación estaría dedicada a contribuir en la solución de la problemática generada por un ser muy pequeño, lejos de este laboratorio y del estado de Puebla. Esto sucedió cuando empecé a atender el agobio producido en los estados de Aguascalientes, Michoacán y Zacatecas por el escarabajo *Conotrachelus dimidiatus*, que por su gran nariz y por atacar los cultivos de guayaba recibe el mote de “Picudo de la Guayaba”.

De principiante a consolidada

Durante la primera década de mi trabajo de investigación la infraestructura institucional era muy precaria, así que me dediqué a estudios sencillos de adsorción y del tipo fundamental, de esos que, según vox populi, “no sirven para nada”, pero que permiten a los investigadores experimentales encontrar regularidades y correlaciones a través de observaciones, mediciones, análisis de comportamiento y aseguramiento de la reproducibilidad de los resultados. Además, preparaba con gran empeño cursos de fisicoquímica para la licenciatura y maestría en química. Consciente del poder del fenómeno de adsorción en aplicaciones medioambientales, en los años noventa pasé a la realización de estudios de eliminación de contaminantes por adsorción, con el fin de ofrecer una aplicación a la problemática textil local. A partir del taller internacional que organicé de “Investigación y Tecnología del Agua” que visualizó

en ese entonces el estado crítico del agua para el año 2025, amplí el espectro de los contaminantes bajo estudio; desde los colorantes textiles hasta el arsénico, el fluoruro, las micotoxinas, los compuestos aromáticos policíclicos, metales pesados, pesticidas y los actualmente llamados contaminantes de preocupación emergente: fármacos y agentes de contraste con gadolinio. Para retener por adsorción y así eliminar del agua al contaminante, opté por desarrollar los materiales de manera económica; no por síntesis química sino por activación de residuos agroindustriales: desechos de mazorca, yuca, coco, soya, huesos de aguacate, mango, guayaba, naranja, etc. Ya con instrumentos cromatográficos de última generación, el paso natural de los experimentos de adsorción fue la fotocatalisis, que adicionalmente provoca la descomposición del contaminante adsorbido y produce compuestos más sencillos la mayoría de las veces, pero no siempre más inofensivos, desafortunadamente. Nuestro grupo académico ha abordado esta línea de investigación intensivamente en los últimos años. También por el dominio de la técnica cromatográfica nos hemos atrevido a incidir colateralmente en la ecología química, con el cuento que narro a continuación.

Los puentes

Como profesional de la química comparto la curiosidad científica propia de los científicos naturalistas. Así que cuando una estudiante hidrocálida se acercó a la BUAP con un resultado espectroscópico que “retrataba” la ovipostura del Picudo de la Guayaba, fui “toda oídos” a su relato

¹ Fenómeno fisicoquímico que consiste en retener sobre la superficie de un sólido a una molécula gaseosa o a un compuesto disuelto. El sólido se denomina adsorbente y el adsorbato es el compuesto atrapado.

de la admirable estrategia reproductiva del insecto, para mí desconocida hasta ese día. Fue inminente que se trataba de un problema extremadamente complejo que sólo podría ser abordado por especialistas de diferentes disciplinas, así que invité a un grupo de colegas dentro y fuera de la BUAP y nos pusimos manos a la obra. Desde diferentes frentes de la biología, la química, la ingeniería y la agroecología, iniciamos las investigaciones que tendrían como objetivo, no el exterminio del insecto; sino la búsqueda de una estrategia química de manejo integral de la plaga.

Como especialista en adsorción y cromatografía, tuve como reto inicial atrapar los aromas del fruto inmaduro del guayabo que provocan la atracción del insecto, para después descifrar exactamente cuáles compuestos químicos están mezclados en ese aroma. Esas sustancias que tienen como función lograr que un insecto ubique su alimento en la planta hospedera reciben el nombre de kairomonas. De manera escueta puede pensarse que encontrando la identidad de una o varias kairomonas y colocándolas como sebo en los campos de cultivo, miles de picudos podrían ser capturados, salvando así a los frutos del guayabo. Lamento decir que sólo un número muy reducido de sustancias de este tipo puede ser encontrado en el mercado de productos químicos sintéticos, como para ser usado masivamente; ya que se trata de compuestos químicos denominados “productos naturales”. Además de su elevado costo, se trata de compuestos que son líquidos volátiles, lo cual quiere decir que se evaporan lentamente a temperatura ambiente y más rápidamente cuando en el campo “el calor aumenta”.

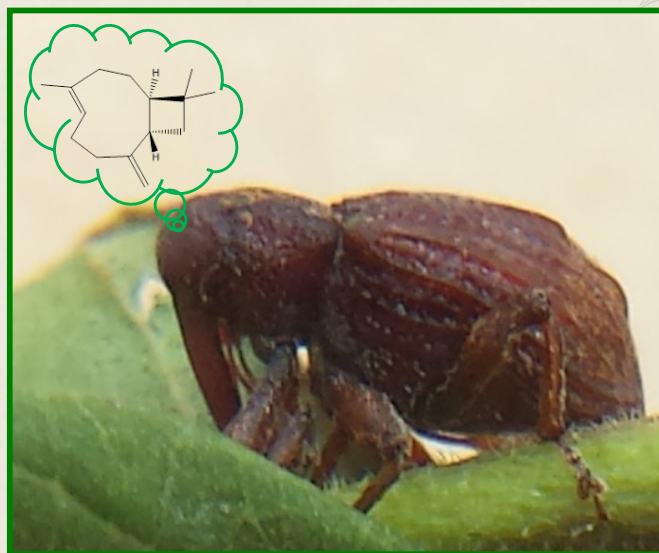


Figura 1. *Conotrachelus dimidiatus* (Champion) y molécula de cariofileno emitida por el fruto de la guayaba Media China (*Psidium guajava* L.) de un cultivo en Calvillo, Aguascalientes.

La plaga del Picudo de la Guayaba merma hasta el 60% de la producción frutal. Las hembras hacen pequeñas perforaciones en los frutos verdes con el pico, giran para poner un huevo en cada orificio y vuelven a girar para sellar con secreción la llamada “ovipostura”. Cuando la larva eclosiona, se traslada al interior del fruto para desarrollarse, causa destrucción y ennegrecimiento de la pulpa; los frutos atacados se petrifican y maduran prematuramente. Además, el excremento de las larvas fermenta el fruto haciéndolo no apto para el consumo humano. Para evitar pérdidas, los productores aplican intuitivamente pesticidas que ocasionan contaminación del suelo, la cual pasa a los mantos freáticos, así como directamente a los tejidos vegetales, animales domésticos y hasta al aire.

Otro enfoque consiste en colocar en las trampas compuestos químicos emitidos por las hembras del

² Método fisicoquímico de análisis que permite separar los constituyentes de una mezcla de compuestos químicos, establecer su identidad y cuantificar el contenido individual en la mezcla.

picado para atraer a los machos al apareamiento. Estamos hablando, ahora, de las feromonas que nuevamente teníamos que atrapar por adsorción en cámaras especialmente diseñadas para identificar plenamente su estructura química, diferenciarlas para cada sexo y sintetizarlas para pruebas por tratarse de compuestos químicos no comerciales que produce el organismo del insecto.

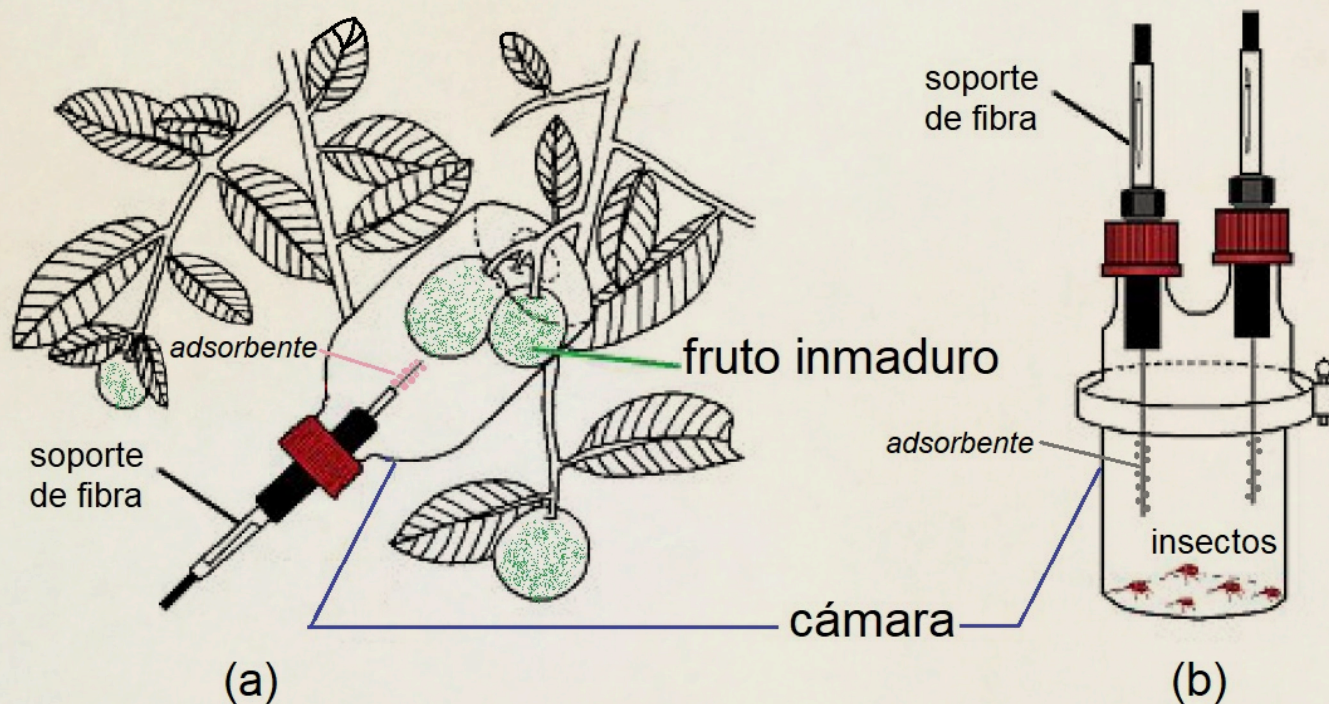


Figura 2. (a) Captura del aroma (kairomonas) del fruto del guayabo en campo: cámara con racimo y fibra recubierta por adsorbente polidimetilsiloxano/divinilbenceno. (b) Cámara para adsorber emisiones (feromonas) del insecto sobre fibra recubierta con partículas de divinilbenceno/carbón/polidimetilsiloxano.

Qué hemos encontrado

Revelo que todos estos años, en la temporada de actividad (3 meses) del insecto, tuvimos jornadas de trabajo de hasta 18 horas, que tuvimos miles de insectos entre los dedos para determinar individualmente su sexo, que hicimos infinidad de expediciones a Calvillo y observaciones nocturnas. Descubrimos también que dos especímenes, la BUAPI y la LOBI pudieron vivir más de doce meses en el laboratorio, durante los cuales alimentamos diariamente a estas dos hembras.

En las diferentes etapas de maduración de una guayaba identificamos 43 compuestos químicos que constituyen el aroma del fruto, y su liberación

está influenciada por la temperatura en campo. La kairomona más abundante es el limoneno y se concentra en la cáscara del fruto inmaduro. La mayoría de las sustancias capturadas por adsorción contiene quince átomos de carbono en su estructura y corresponde a la familia de los terpenos.

En las emisiones de los insectos, identificamos 7 feromonas de naturaleza terpenoide con diez átomos de carbono. Ambos sexos liberan las mismas sustancias químicas, por lo que no funcionan como feromonas sexuales.

Los experimentos conductuales (olfatometría) y fisiológicos (electroantenografía) basados en la respuesta del insecto ante el estímulo que produce el aroma de un compuesto químico sintético en forma individual o en mezcla, por ejemplo kairomona + feromona mostraron que los aromas de la planta cariofileno, limoneno, hexanal y nonanal son las sustancias que más atraen a hembras y machos y que el ácido grandisoico y los grandlures III y IV emitidos por el Picudo de la Guayaba, atraen más a las hembras.

En dónde estamos

En las últimas temporadas hemos evaluado en campo, el tipo, la altura y la posición de la trampa con respecto al árbol, así como el contenedor del sebo utilizando diseño experimental y las kairomonas y feromonas encontradas en años previos. Los resultados serán publicados en breve.

En el taller que organizamos “Siguiendo las huellas del Picudo” con expertos nacionales y extranjeros nos percatamos de que la duración de este tipo de investigaciones suele rondar entre los 10 – 12 años hasta lograr resultados que se traducen en beneficio social. Sin ser el final de la historia, nuestro objetivo sigue siendo, como recomienda la FAO, disminuir la población del insecto por debajo del grado de perjuicio económico para mantener el uso de

pesticidas a niveles reducidos que minimicen el daño al humano y al ambiente.

Agradecimiento

A la participación de estudiantes y de mis colegas: Doctoras García, Marín y Pérez y Doctores Aragón, Romero, Tafoya y Trejo, en la línea de investigación de Ecología Química que me ha significado mucho por revelar de manera colateral otra utilidad y la relevancia de la adsorción.

Referencias

1. *Conotrachelus dimidiatus* Champion, 1904 (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae): morphological re-description of the immature stages, keys, tribal comparisons and biology, B.C. Pérez Torres, J. Skuhrovec, V. Marín-Cevada, M.P. Elizalde-González, *Zootaxa* 4433 (2018) 127-140.
2. Volatile compounds in different parts of the fruit *Psidium guajava* L. cv. “Media China” identified at distinct phenological stages using HS-SPME-GC-QTOF/MS, M.P. Elizalde-González, E.J. Segura-Rivera, *Phytochem. Anal.* 29 (2018) 649-660.
3. Behavioral and Electroantennographic Responses of Adults of Guava Weevil *Conotrachelus dimidiatus* to Synthetic Host-associated and Conspecific Volatiles, Esmeralda García-Díaz, Felipe Tafoya, María P. Elizalde-González, *Environ. Entomol.* 49 (2020) 810-814.
4. Profile of Terpenoid Compounds Mediating a Plant-Herbivore Interaction: Screening by Static Headspace Solid-Phase Microextraction-Gas Chromatography/Q-ToF Mass Spectrometry, Esmeralda García-Díaz, Rodolfo Trejo, Felipe

³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Tafoya, Agustín Aragón-García, María P. Elizalde-González, *Chem. Biodiversity* 17 (2020) e2000564.

5. Unpredicted photocatalytic activity of clinoptilolite-mordenite natural zeolite, Edith A Alvarez-Aguiñaga, Maria P. Elizalde-González, Sergio A Sabinas-Hernández, *RSC Advances* 10 (2020) 39251.

6. UV-light-driven conversion of gadoterate meglumine: Insight into the photocatalyst's influence on conversion pathway, transformation products, and release of toxic ionic gadolinium, Edith Alejandra Alvarez-Aguiñaga, Maria P. Elizalde-González, Esmeralda García Díaz, Sergio A. Sabinas-Hernández, *Catalysis Commun.* 172 (2022) 106544.

7. Handleable TiO₂-coated zeolitic material for photodecomposition of caffeine boosted by urine matrix, Edith A. Alvarez-Aguiñaga, María P. Elizalde-González, Esmeralda García-Díaz, *Environ. Sci. Pollut. Res.* (2023).