

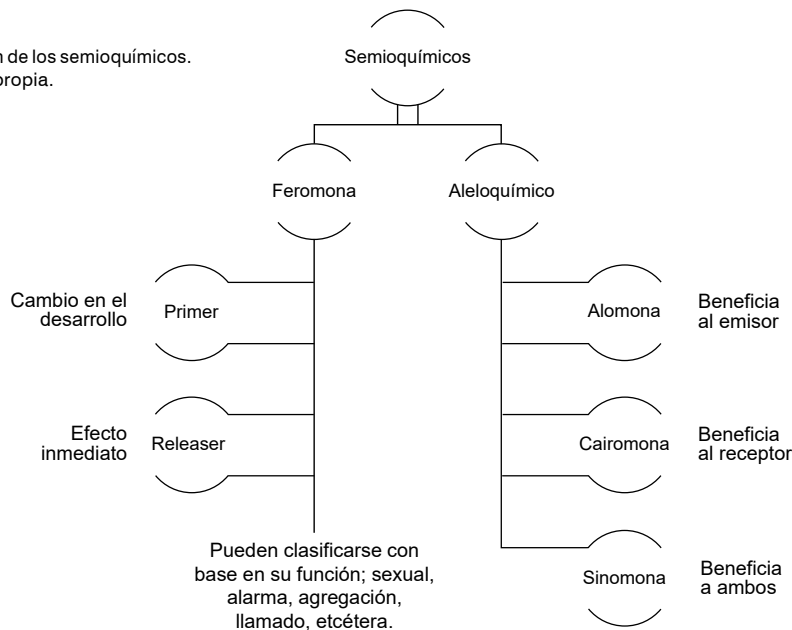
Semioquímicos, ¿compuestos clave para monitorear y controlar a las chinches chagásicas?

David **Alavez-Rosas**
Alejandro **Córdoba-Aguilar**
Leopoldo **Cruz-López**

Todos los organismos usamos señales químicas para transmitir información; estos “lenguajes químicos” son las formas más antiguas de comunicación. Existe una rama de la ciencia, llamada ecología química, que se ocupa de la identificación y síntesis de las sustancias que transportan información (semioquímicos), así como de los mecanismos de percepción de los organismos y de las consecuencias ecológicas, conductuales y de desarrollo que generan estos compuestos en los seres vivos.

La comunicación química se entiende como los mecanismos que ayudan en el control de las interacciones intra e interespecíficas de los seres vivos mediante el uso de sustancias químicas. Hay tres elementos en esta interacción: un emisor, una señal y un receptor. Las señales químicas a menudo se denominan semioquímicos (del griego *semeion* = señal), y están divididos en feromonas (actúan entre miembros de la misma especie) y aleloquímicos (actúan entre diferentes especies). Las feromonas se dividen en feromonas *primer*, las cuales causan un cambio en el desarrollo y, eventualmente, en el comportamiento del receptor, y feromonas *releaser*, que inducen un cambio inmediato en el comportamiento del receptor.

Figura 1. Clasificación de los semioquímicos.
Imagen de creación propia.



Suelen clasificarse de acuerdo con su función: rastro, agregación, sexual y alarma. Por su parte, los aleloquímicos se dividen en: alomonas (compuestos que benefician al emisor), kairomonas (benefician al receptor), y sinomonas (benefician a ambos) (Figura 1).

¿QUÉ SON LAS CHINCHES CHAGÁSICAS Y POR QUÉ NOS INTERESA CONTROLARLAS?

Las chinches chagásicas, o triatominos (Triatominae), son insectos que conforman una subfamilia de Reduviidae (Hemiptera, Heteroptera), que se caracteriza por alimentarse de sangre. El ciclo de vida está compuesto por huevos, cinco estadios ninfales, y adultos (macho y hembra); todos sus integrantes ocupan el mismo hábitat y se alimentan de los mismos huéspedes que los adultos. Estos insectos ocupan una amplia variedad de ambientes, tanto domésticos, como peridomésticos y selváticos, en áreas tropicales, subtropicales y templadas. Durante el día, la chinche permanece escondida dentro de refugios (grietas, hendiduras, etc.) donde encuentra protección, compañía y condiciones favorables de humedad y temperatura para su reproducción.

Durante la noche, sale en busca de alimento (sangre) (Córdoba-Aguilar 2020).

Muchas especies de triatominos son consideradas como potenciales transmisores del parásito *Trypanosoma cruzi*, el cual causa la enfermedad de Chagas, un mal que afecta a cerca de 8 millones de personas en América Latina. Esta enfermedad ha sido clasificada por la Organización Mundial de la Salud como una enfermedad desatendida, para la que no existe vacuna y, si no se detecta a tiempo, no existe tratamiento. La medida más efectiva para controlarla hasta el momento ha sido limitar la interacción del humano con la chinche por medio de insecticidas. Las chinches funcionan como un vector del parásito, mismo que se aloja en las heces del insecto. Usualmente, cuando una chinche se alimenta de un ser humano (succiona la sangre de su víctima), al mismo tiempo deposita heces cerca del sitio donde picó. Las personas al rascarse el área afectada, introducen las heces (que llevan el parásito) dentro de la herida; de esta manera, *T. cruzi* entra al organismo (Lazzari, 2021).

CHINCHES Y SEMIOQUÍMICOS, ¿QUÉ TIENEN QUE VER?

Prácticamente los triatominos en todos los aspectos básicos de su vida se comunican a través de

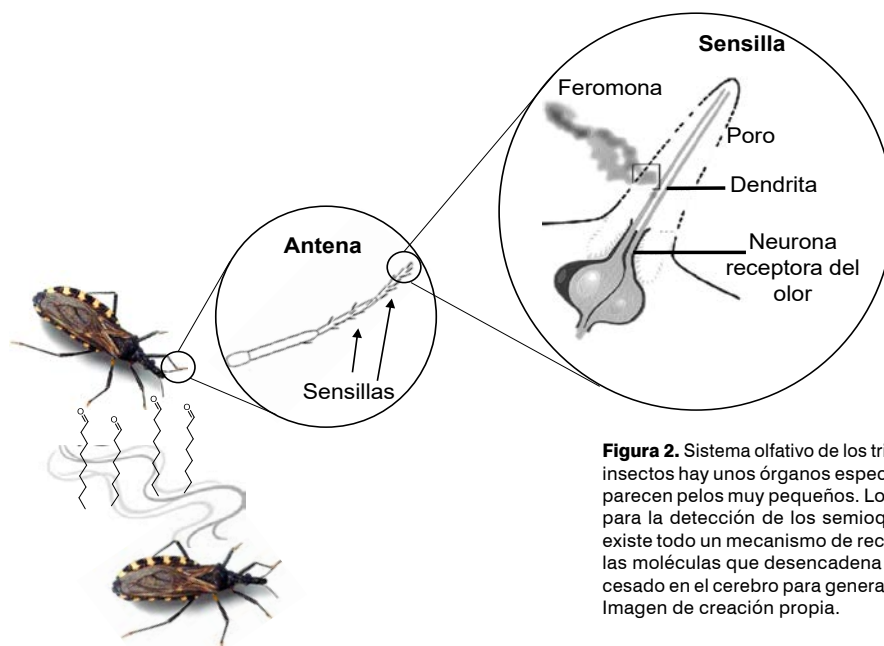


Figura 2. Sistema olfativo de los triatominos. En las antenas de estos insectos hay unos órganos especializados llamados sensillas, que parecen pelos muy pequeños. Los triatominos utilizan las sensillas para la detección de los semioquímicos. Dentro de las sensillas existe todo un mecanismo de reconocimiento y procesamiento de las moléculas que desencadena un impulso nervioso que es procesado en el cerebro para generar una respuesta comportamental. Imagen de creación propia.

semioquímicos al buscar refugio y alimento, en el apareamiento, en situaciones de alarma y peligro. Estos semioquímicos son emitidos por glándulas especializadas (que poseen la mayoría de los triatominos) que se encuentran desarrolladas en los adultos. Las glándulas más estudiadas son las glándulas de Brindley (GB) y las metaesternales (GMs). Las GMs emiten compuestos que regulan el comportamiento sexual, mientras que las GBs emiten compuestos que median el comportamiento de alarma/defensa (Lopes *et al.*, 2020). Adicionalmente, los triatominos pueden discriminar a individuos de su misma especie, o de otra, por medio de hidrocarburos cuticulares. De la misma manera, utilizando semioquímicos pueden distinguir a sus fuentes de alimento (hospederos). Para detectar estas sustancias, las chinches utilizan sus antenas, las cuales poseen unos diminutos órganos especializados llamados sensillas; podríamos decir que las chinches huelen con las antenas (Figura 2) (Barrozo *et al.*, 2017).

Feromona sexual

Las hembras, generalmente, emiten una feromona sexual de las glándulas metasternales (GMs) que es utilizada por los machos para localizarlas. Aunque desde hace décadas se ha tenido evidencia de la existencia de feromonas sexuales en especies de

triatominos, no se ha determinado con exactitud un compuesto o mezcla que funcione como feromona para ninguna especie. Los compuestos encontrados han sido en su mayoría compuestos volátiles oxigenados, como cetonas y alcoholes. Aunque no se han realizado estudios del efecto de los compuestos quirales en el comportamiento de las chinches, se debe resaltar la existencia de este tipo de moléculas. Por ejemplo, *Triatoma infestans* y *T. brasiliensis* producen los diastereoisómeros (4R, 5R) y (4S, 5S) del 2,2,4-trietil-5-metil-1,3-dioxolano como unos de los más abundantes

Feromona de alarma

Al enfrentarse a una perturbación, los triatominos adultos de ambos sexos liberan un olor penetrante que funciona como feromona de alarma, este olor es emitido por las GBs.

Se han identificado compuestos volátiles cuando se genera una agitación mecánica sobre los insectos, los cuales provocan un incremento en la locomoción de insectos de la misma especie y una respuesta de escape. La feromona es una combinación de volátiles que varía de acuerdo con la especie, la mayoría de ellos son ácidos carboxílicos.

El principal componente de la feromona es el ácido isobutírico (May-Concha *et al.*, 2013).

Feromona de agregación

Desde el siglo pasado se ha especulado que la feromona de agregación de los triatominos se encuentra en las heces. Hasta la fecha, se han identificado algunos aldehídos de cadena corta (heptanal, octanal, nonanal y decanal), así como hidrocarburos ligeros (dodecano y tridecano). Adicionalmente, en *Triatoma pallidipennis*, se han encontrado diferentes clases de compuestos polares (aminoácidos y derivados de ellos) en las heces de los triatominos, lo cual fundamenta la idea de que este tipo de compuestos pueda tener relevancia biológica. Sin embargo, aún no ha sido posible la identificación total de una feromona de agregación.

Hidrocarburos cuticulares (HCCs)

Como en la mayoría de los insectos, en los triatominos, los HCCs tienen la función de proteger de la desecación, sirven como barrera para evitar la entrada de microorganismos y participan en la comunicación química. Aunque no se ha establecido un papel definido para los HCCs en la comunicación química de los triatominos, se ha observado que el perfil de compuestos es diferente entre especies. Los HCCs de las ninfas son diferentes a los de los adultos. No hay diferencias entre sexos en los adultos. Algunos estudios hechos con *T. infestans* indican que los HCCs promueven la agregación y la detención de la locomoción de las chinches, además de que incitan a los machos a copular. Por otra parte, estos compuestos son muy útiles en la quimiota-xonomía (clasificación de organismos de acuerdo con las diferencias y similitudes en sus composiciones químicas), ya que han sido útiles para confirmar la existencia de 3 subespecies de *T. dimidiata*.

Búsqueda de alimento (sangre)

Históricamente, la búsqueda del hospedero en triatominos había sido menos estudiada que otras conductas. Sin embargo, en años recientes, se han obtenido

muchos datos que han permitido entender un poco mejor la química de este proceso. Los triatominos adquieren y hacen uso de información química para encontrar alimento (sangre). Compuestos como el dióxido de carbono (CO_2) y el amoniaco, provenientes del aliento humano, son atractivos para las chinches. Algunos compuestos encontrados como atractivos para *T. infestans* son heptanal, octanal, nonanal y ácido isobutírico, provenientes de lana de oveja, plumas de pollo y pelo de conejo. Algunas aminas volátiles presentes como productos de desecho de los vertebrados son atractivas para muchas especies de chinches. Se demostró que el isómero L del ácido láctico incrementa el efecto atractivo del CO_2 , mientras que el isómero D no tiene actividad biológica, hallazgo que resalta la importancia de los compuestos quirales en la atracción de estos insectos

¿CÓMO SE DESCIFRA ESTE LENGUAJE?

Los métodos tradicionales para el estudio de la comunicación química de las chinches chagásicas incluyen ensayos de comportamiento que utilizan extractos de insectos completos, sus glándulas o compuestos sintéticos para modular el comportamiento de los insectos. Los métodos de extracción son muy variados; los insectos pueden ser macerados en algún disolvente, o colocados en un aparato de destilación.

© Javier Anzures Torres. Serie "Teléfonos", tinta/papel, 15 x 26 cm, 1979.





© Javier Anzures Torres. Serie "Teléfonos", tinta/papel, 17 x 28 cm, 1979.

También existen técnicas que permiten coleccionar compuestos volátiles mediante corrientes de aire (aireación dinámica) o de manera estática (microextracción en fase sólida). En ecología química, usualmente se obtienen mezclas complejas de muchos compuestos con una amplia variedad de grupos funcionales.

Como lo usual es analizar mezclas, primero se deben separar en sus compuestos individuales y, posteriormente, debe identificarse cada uno de ellos. Los semioquímicos se caracterizan y aíslan utilizando métodos de análisis químico. Para la separación de compuestos, los más habituales son la cromatografía líquida de alta resolución y la cromatografía de gases. Mientras que, para la identificación, se utilizan técnicas como espectrometría de masas, la espectrometría infrarroja o la resonancia magnética nuclear. Debido a las cantidades tan pequeñas (en el orden de nanogramos) y a la naturaleza química de los compuestos (en su mayoría volátiles), se emplean métodos de separación e identificación acoplados. Las más usadas son cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas.

A nivel neurofisiológico, la quimiorrecepción de insectos se ha estudiado durante décadas registrando la actividad de antenas completas de insectos

(electroantenografía) o de neuronas individuales (registro de células individuales). Aunque existe una técnica que consiste en un cromatógrafo de gases acoplado a un detector electroantenográfico. Este último utiliza las antenas de los insectos como detectores biológicos, lo cual facilita enormemente la identificación de los compuestos activos de mezclas complejas.

La investigación de semioquímicos en triatomíneos implica un enorme esfuerzo y técnicas exigentes, no solo para el aislamiento y la identificación de los compuestos químicos, sino también para el reconocimiento de sustancias conductualmente activas. Una vez que se ha identificado a los compuestos que ejercen actividad neurofisiológica, se evalúan en bioensayos. La finalidad de estos experimentos es demostrar la actividad biológica que ejercen los semioquímicos sobre los insectos.

En un sentido amplio, los términos "bioensayo" o "ensayo biológico" se refieren a procedimientos para la determinación de la relación entre un agente fisiológicamente activo y el efecto que produce en un organismo vivo. Un bioensayo es la medición de la potencia de cualquier estímulo (físico, químico, biológico, fisiológico o psicológico) por medio

de las reacciones que produce en la materia viva. Los ensayos para demostrar la actividad conductual son esenciales para determinar que un compuesto es una semioquímico (o un componente de él). Por lo tanto, los bioensayos son una herramienta muy valiosa para deducir la función comunicativa (alarma, agregación, sexual, repelencia, etc.) de una sustancia química. También pueden dar información acerca de los mecanismos que son utilizados por los insectos para responder a moverse hacia o lejos de la fuente química (Cruz-López *et al.*, 2001).

APLICACIÓN EN TRAMPAS Y CEBOS (TÉCNICA PUSH PULL)

Se han utilizado trampas cebadas con compuestos identificados en las heces de triatominos, con resultados buenos en la captura de especímenes. El compuesto más usado como atrayente en trampas ha sido el CO₂. Sin embargo, también se han utilizado en trampas, con buenos resultados en laboratorio, cebos libres de CO₂. Para la vigilancia postcontrol de *Triatoma sordida* y *T. infestans* se han empleado hexanal, octanal y nonanal, semioquímicos reportados para chinches. Uno de los problemas que ha tenido el control de chinches usando insecticidas ha sido la agregación de las chinches en refugios. Esto genera que el insecticida no llegue en dosis efectivas a las chinches. Una manera de solucionar este problema es combinar la aplicación del insecticida con una sustancia que haga que las chinches abandonen sus refugios. Los compuestos provenientes de las GBs han sido utilizados como “agentes desalojantes” en el control de las chinches.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS

La aplicación de semioquímicos es una excelente opción para el control de triatominos. Con el conocimiento generado hasta el día de hoy, se han utilizado diversas técnicas que han resultado ser útiles para evitar la interacción entre seres humanos y chinches. Cabe resaltar que, comparadas con el uso de insecticidas, estas técnicas son más amigables con el ambiente.

A pesar de los esfuerzos realizados, aún hay mucho por hacer; por ejemplo, incorporar nuevas técnicas de biología molecular en el estudio de la ecología química de las chinches y profundizar en la neurofisiología del insecto. Continuar con el estudio de la ecología química de los triatominos permitirá entender su comportamiento y las interacciones entre su misma especie, con sus hospederos y con el medio en que se desarrollan, lo que posteriormente servirá para desarrollar métodos efectivos para el manejo y control de sus poblaciones. Hasta el momento, el conocimiento es abundante para algunas especies, pero es escaso para otras. Por lo tanto, este es un campo que aún necesita crecer. Por todo lo anterior, pensamos que los semioquímicos involucrados en la comunicación de las chinches chagásicas son compuestos potenciales para la vigilancia y control de estas especies.

R E F E R E N C I A S

- Barrozo R, Reisenman C, Guerenstein P, Lazzari C and Lorenzo M (2017). An inside look at the sensory biology of triatomines. *Journal of Insect Physiology* 97:3-19.
- Córdoba-Aguilar A (2020). Chagas bugs and *Trypanosoma cruzi*: Puppets and puppeteer? *Acta Tropica* 211:105600.
- Cruz-López L, Malo E, Rojas J and Morgan E (2001). Chemical ecology of triatomine bugs: Vectors of Chagas disease. *Medical and Veterinary Entomology* 15:351-357.
- Lazzari C (2021). The behaviour of kissing bugs. En Guarneri A, Lorenzo M (Eds.), *The biology of Chagas disease vectors* (pp 215-238). Springer Cham, Suiza.
- Lopes R, Santos-Mallet J, Barbosa CF, Gomes S and Spiegel C (2020). Morphological and ultrastructural analysis of an important place of sexual communication of *Rhodnius prolixus* (Heteroptera : Reduviidae): the metasternal glands. *Tissue and Cell* 67:1-7.
- May-Concha I, Rojas J, Cruz-López L, Millar J and Ramsey J (2013). Volatile compounds emitted by *Triatoma dimidiata*, a vector of Chagas disease: chemical analysis and behavioural evaluation. *Medical and Veterinary Entomology* 27:165-174.

David Alavez Rosas
Instituto de Ecología, UNAM
alavezd@yahoo.com

Alejandro Córdoba-Aguilar
Instituto de Ecología, UNAM
acordoba@ecologia.unam.mx

Leopoldo Cruz-López
El Colegio de la Frontera Sur
lcruz@ecosur.mx