

ARTÍCULOS

Infoquímicos o semioquímicos: un ejemplo de clasificación unificada usando triatominos

Infochemical or semiochemical: an example of a unified classification using triatomines

Julio C. Rojas

ORCID: 0000-0002-5730-5388, jrojas@ecosur.mx

Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula

Leopoldo Cruz López

ORCID: 0000-0001-9569-1251, lcruz@ecosur.mx

Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula

Alejandro Córdoba Aguilar

ORCID: 0000-0002-5978-1660, acordoba@ieecologia.unam.mx

Laboratorio de Ecología de la Conducta de Artrópodos, Instituto de Ecología (INECOL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

David Alavez Rosas

ORCID: 0000-0002-5730-5388, alavezd@yahoo.com

Laboratorio de Ecología de la Conducta de Artrópodos, Instituto de Ecología (INECOL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Recepción: 25/05/24. Aceptación: 15/11/24. Publicación: 27/06/25.

RESUMEN

La ecología química se encarga de estudiar los compuestos químicos de los insectos, así como su relación e interacción con la naturaleza. Las sustancias que se encargan de transmitir información han sido clasificadas como infoquímicos o semioquímicos. Sin embargo, se ha planteado la posibilidad de concretar una clasificación unificada. En este artículo, damos el contexto de ambas clasificaciones y discutimos la idea de unificarlas, enfocándonos en los triatominos, insectos considerados como chinches de importancia médica. Tener una clasificación que englobe todos los fenómenos químicos en la comunicación de las especies puede ayudar a tener mejores maneras de controlar estos insectos.

PALABRAS CLAVE

ecología química, feromonas, aleloquímicos, hormonas, chinches besuconas, triatominos

ABSTRACT

Chemical ecology is responsible for studying the chemical compounds of insects, as well as their relationship and interaction with nature. Substances that carry information have been classified as infochemicals or semiochemicals. However, the possibility of a unified classification was raised. In this article, we give the context of both classifications and discuss the idea of unifying them, focusing on triatomines (insects of medical importance). Having a classification that encompasses all chemical phenomena in the communication of the species can help us to have better ways to control these insects.

KEYWORDS

chemical ecology, pheromones, allelochemicals, hormones, kissing bugs, triatomines

Introducción

Los insectos son esenciales para el equilibrio de la naturaleza. Polinizan las plantas, lo que permite la producción de frutas y semillas, y también descomponen la materia orgánica, como hojas y restos de animales, convirtiéndolos en nutrientes para el suelo. Además, son una fuente de alimento para muchos otros animales. Sin insectos, la naturaleza no funcionaría de la misma manera y muchos ecosistemas estarían en grave peligro.

Un hecho maravilloso de los insectos es que utilizan sustancias químicas para atraer pareja, marcar territorio y advertir a otros sobre posibles peligros. Estos compuestos químicos no sólo les ayudan a vivir y reproducirse, sino que también afectan a otras especies y a todo el ecosistema. Comprender estos procesos químicos nos ayuda a proteger el equilibrio natural y a mantener la salud de los ambientes en los que vivimos (Scudder, 2017).

La ecología química de insectos es crucial para entender cómo estos pequeños seres se comunican y sobreviven en la naturaleza. Esta disciplina estudia el papel funcional de los compuestos químicos involucrados en las interacciones inter e intraespecíficas de los organismos, así como dentro de los individuos (Wortman-Wunder y Vivanco, 2011). En la comunicación química hay un emisor, una señal (una molécula o una mezcla de ellas) y un receptor (Wyatt, 2014).

Es un hecho que todos los organismos en el planeta nos comunicamos usando sustancias químicas. Sin embargo, desde hace décadas hay un dilema conceptual en ecología química. A las sustancias que intervienen en la comunicación intra e interespecífica se les bautizó como *semioquímicos*; sin embargo, tiempo después, con más estudios y contribuciones a las definiciones, se les llamó *infoquímicos*. La primera clasificación define que los semioquímicos son sustancias involucradas en la interacción química entre dos organismos y cataloga los compuestos usando dos criterios: origen y costo-beneficio.

Tomando como criterio principal el origen de los compuestos, los semioquímicos se dividen en feromonas, sustancias secretadas por el emisor que causan una reacción en otro organismo de la misma especie, y aleloquímicos, sustancias secretadas por el emisor que causan una reacción en otro organismo de diferente especie. A su vez, las feromonas se clasifican de acuerdo con el comportamiento asociado: agregación, marcaje sexual, alarma, entre otros, y los aleloquímicos se dividen en tres categorías: alomonas, que benefician al emisor; caironomas, que benefician al receptor, y sinomonas, que benefician tanto al emisor como al receptor (Law y Regnier, 1971; Nordlund y Lewis, 1976).

La segunda clasificación que denomina *infoquímicos* a estas sustancias químicas las define como sustancias que transmiten información en la interacción entre dos organismos (Dicke y Sabelis, 1988). Esta clasificación elimina el criterio del origen, ya que muchas veces es difícil saber quién produce los compuestos, por ejemplo, cuando las sustancias son generadas por microorganismos asociados al emisor y no propiamente por este último. Un caso como

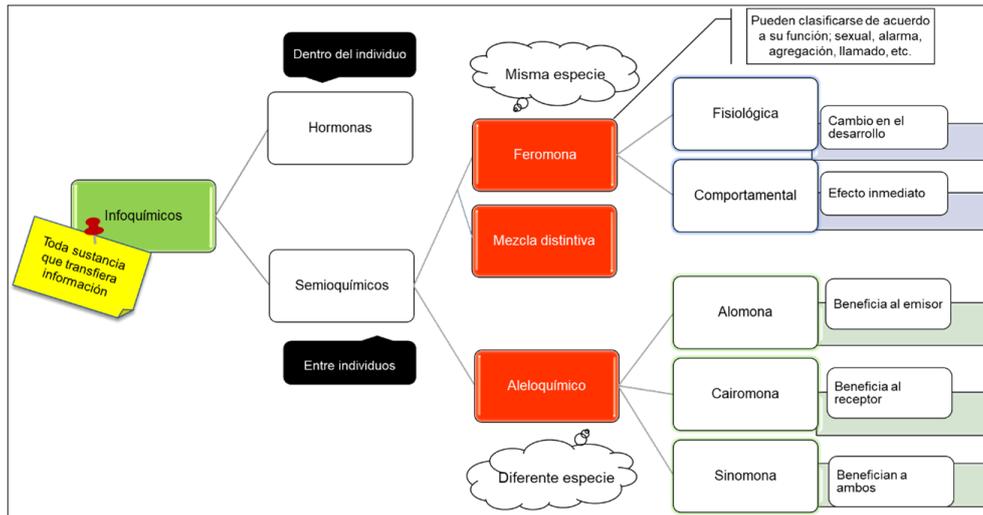
éste sucede con algunos componentes de la feromona de agregación de los descortezadores del pino, que son producidos por microorganismos que viven en el insecto. Además, el criterio de costo-beneficio se extiende a las feromonas, ya que en la anterior clasificación sólo se aplicaba a los aleloquímicos.

De este modo, las feromonas son clasificadas en (+, -), (-, +) o (+, +), dependiendo de si benefician al emisor, al receptor o a ambos. Un ejemplo de esta clasificación ocurre con la abeja sin aguijón *Melipona solani* Cockerell. Cuando las obreras de esta especie son molestadas producen una feromona de alarma que hace que los conespecíficos se alejen del peligro (Alavez-Rosas et al., 2019); así, esta feromona de alarma sería (+, +). Por otra parte, un ejemplo de lo que sería una feromona (-, +) se observa en la respuesta de los áfidos al ataque de los enemigos naturales. Los áfidos, al ser depredados, secretan gotas de un líquido proveniente de estructuras especializadas, llamadas cornículas, las cuales se ubican en la superficie posterior superior del abdomen. Estas secreciones contienen una feromona de alarma. El individuo, al emitir esta feromona, se pone en peligro a sí mismo al hacerse más evidente al depredador, mientras que los receptores (otros áfidos) paran de alimentarse, se alejan de la señal y, a menudo, se dejan caer de la planta huésped para evitar convertirse en presas (Song et al., 2021).

En años recientes se propuso una clasificación que trata de unificar los términos (infoquímicos y semioquímicos), la cual involucra las hormonas, que son sustancias que acarrean mensajes dentro de los organismos (Müller et al., 2020; Wehrenfenning et al., 2013). En las primeras dos clasificaciones, las hormonas no estaban clasificadas como infoquímicos o semioquímicos, ya que sólo se incluían las interacciones entre organismos. En esta nueva clasificación se nombra como infoquímicos a todas las sustancias que acarrean información, tanto dentro como fuera de los individuos, y se les agrupa en hormonas, moléculas que regulan la fisiología, el desarrollo y el comportamiento del individuo, y semioquímicos, sustancias químicas que median la transferencia de información entre individuos de la misma o de diferente especie. Además, se propone mantener la clasificación de feromonas y aleloquímicos. En el glosario se muestran las definiciones de cada una de estas sustancias.

Adicionalmente, debido al conocimiento generado en años posteriores a la propuesta de las dos clasificaciones originales, se acepta que las feromonas se dividen en dos categorías: feromonas fisiológicas, que inducen cambios en el desarrollo del receptor y pueden llevar a alteraciones conductuales a largo plazo, y feromonas comportamentales, que producen efectos inmediatos en el comportamiento del receptor. También, debido al estudio de más interacciones de animales sociales (ratones, abejas y hormigas), se ha planteado la existencia de una mezcla de compuestos que median la comunicación intraspecífica además de las feromonas, llamada *mezcla distintiva*, que permite distinguir entre individuos, grupos o colonias. En la figura 1 (p. 4) se muestra una clasificación unificada de las sustancias

Figura 1
Clasificación unificada de las sustancias que transfieren información en los seres vivos



Fuente: adaptado de Müller et al. (2020), Wehrenfenning et al. (2013) y Wyatt (2014).

que transmiten información; sin embargo, sólo el tiempo dirá si esta nueva clasificación es adoptada por los ecólogos químicos.

Aplicando la propuesta de clasificación unificada: el caso de las *chinchas besuconas*

Es importante contar con una terminología que englobe la mayor cantidad de fenómenos observados en las interacciones químicas entre los organismos, ya que esto reduce la ambigüedad e incrementa la claridad para que los estudiosos de la ecología química puedan entenderse. Por ello, a continuación describimos cómo esta clasificación unificada puede aplicarse a la comunicación química de insectos, específicamente de los triatominos (Triatominae).

Los triatominos, *chinchas besuconas* o *vinchucas*, son insectos que se alimentan de sangre. Habitan en muchos lugares, tanto dentro como fuera de las casas, y en ambientes selváticos, desde áreas tropicales hasta templadas. Su ciclo de vida consta de huevos, cinco etapas ninfales y la fase adulta, que incluye tanto hembras como machos. En la figura 2 (p. 5) se muestra cada uno de los estadios de estos insectos. Durante el día, las chinchas se ocultan en refugios como grietas y hendiduras, donde encuentran condiciones ideales de temperatura y humedad para reproducirse y desarrollarse. Por la noche, dejan el refugio en busca de vertebrados para alimentarse (Alavez-Rosas et al., 2023; Cruz-López et al., 2002).

Los triatominos son vectores del parásito *Trypanosoma cruzi* Chagas, causante de la enfermedad de Chagas. Esta enfermedad afecta a millones de personas en el mundo y ha sido

Figura 2
Etapas de vida de los triatominos, específicamente *Triatoma pallidipennis*



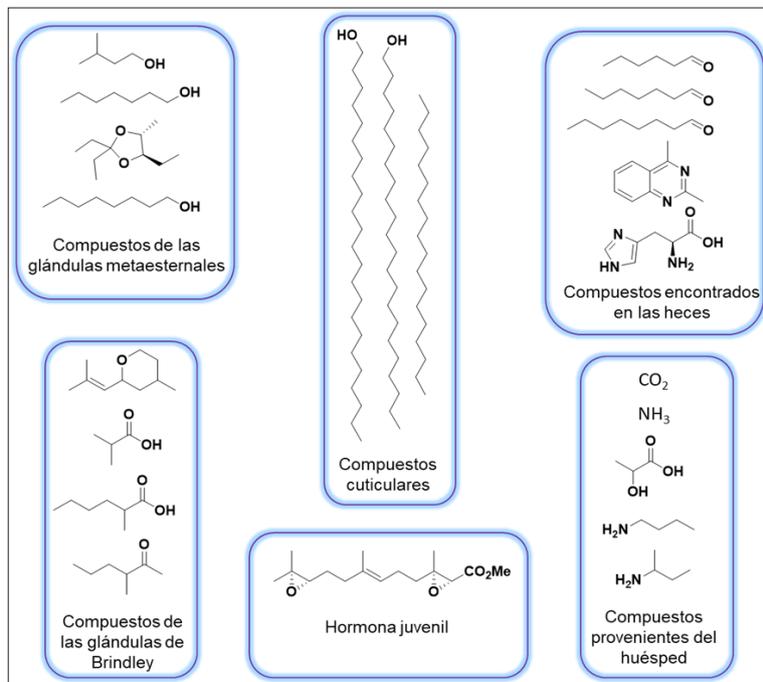
Fuente: fotografía de Nadesha Urióstegui.

clasificada como una enfermedad desatendida, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Vargas-Abasolo et al., 2024). Por si fuera poco, no existe vacuna y, si no se detecta a tiempo, es incurable. La fase infectiva del parásito se alberga en las heces del insecto y, cuando una chinche succiona sangre de un ser humano, usualmente defeca cerca del sitio donde picó. Dada la reacción de comezón después de la picadura, al rascarse, la persona introduce inconscientemente el parásito en su cuerpo. Como consecuencia, éste ocasiona a largo plazo diferentes afectaciones a nivel cardiaco, digestivo y nervioso, y en algunos casos la muerte (Freitas Lidani et al., 2019).

Infoquímicos en los triatominos

Los triatominos necesitan mensajes químicos para sobrevivir, tanto hormonas en su interior que regulen los procesos fisiológicos como semioquímicos para buscar refugio y alimento, aparearse y evadir enemigos. Los triatominos adultos poseen glándulas especializadas que producen semioquímicos, así que, para poder detectar estas sustancias, perfeccionaron el uso del olfato. De esta manera, las chinches pueden detectar cantidades pequeñísimas de sustancias químicas —en el orden de nanogramos— mediante sus antenas, equivalentes a nuestra nariz, las cuales albergan los receptores olfativos (Barrozo et al., 2017). En la figura 3 (p. 6) se muestran algunas moléculas utilizadas como infoquímicos por los triatominos.

Figura 3
Algunas moléculas empleadas por triatominos como infoquímicos



Fuente: elaboración propia.

Hormonas

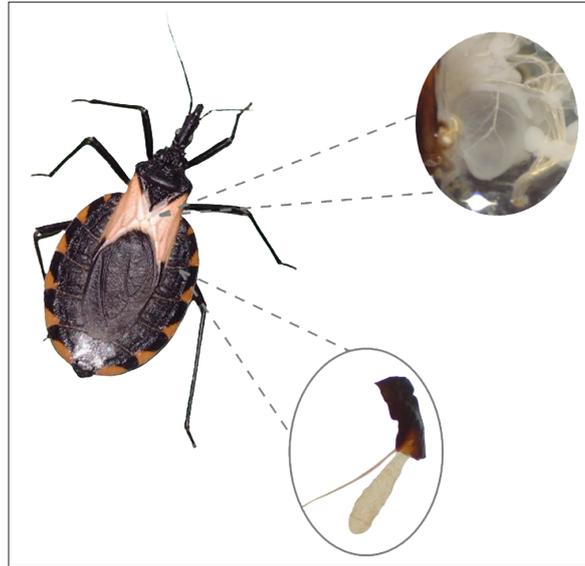
La hormona más estudiada en triatominos, y en muchos insectos, es la *hormona juvenil*, la cual regula el almacenamiento de lípidos y tiene consecuencias en el crecimiento y la reproducción de los insectos. En algunos insectos (cucarachas, palomillas, escarabajos, entre otros), esta hormona regula la producción de feromonas sexuales. Se ha especulado que *la señal* que indica a los triatominos cuándo copular está regulada por hormonas, aunque se desconoce cuáles participan. Otra hormona que cumple una función crítica al señalar la forma en la cual los triatominos se adaptan a las condiciones nutricionales es la hormona adipocinéctica, que regula el metabolismo de lípidos y la movilización de los carbohidratos, permitiéndole a esta especie adaptarse a largos periodos sin alimentarse (Alavez-Rosas et al., 2024).

Semioquímicos: comunicación intraespecífica

Mezcla distintiva

Entendemos como *mezcla distintiva* a un subconjunto de moléculas en el perfil químico de un animal, el cual debe ser aprendido por otros conespecíficos y utilizado para reconocer a

Figura 4
Localización y forma de las glándulas metasternales
y las glándulas de Brindley en los triatominos



Fuente: elaborado por María Guadalupe Meneses-Arias.

un animal como individuo. Usualmente, esta mezcla se deriva de compuestos presentes en la cutícula de los insectos, llamados *compuestos cuticulares* (CC). Los CC protegen a los triatominos contra la desecación, actúan como barreras para prevenir la entrada de microorganismos y posiblemente desempeñan un papel en la comunicación química. Por ejemplo, en algunas especies de triatominos se han observado diferencias en el perfil de CC entre ninfas y adultos. Por otra parte, los CC son útiles en la quimiotaxonomía, ya que permiten separar especies o subespecies dentro de especies crípticas o morfológicamente similares. Usando los CC se sugirió que *Triatoma dimidiata* está constituida por tres subespecies; sin embargo, no existe evidencia de que los CC intervengan en el reconocimiento sexual de esta especie (Alavez-Rosas et al., 2024).

Feromona sexual

Las hembras de la mayoría de los triatominos emiten una feromona que es atractiva para machos, que provienen de las *glándulas metasternales* (GM). En la figura 4 se muestra la localización y la forma de las glándulas en los triatominos. En la mayoría de las especies estudiadas, las GM de los machos también producen los mismos compuestos que las glándulas de las hembras, pero sólo estas últimas los liberan durante el apareamiento. El hecho de que ambos sexos produzcan los mismos compuestos permite sugerir que el papel inicial de éstos

era diferente a la función sexual. Los compuestos encontrados son, en su mayoría, cetonas y alcoholes de bajo peso molecular. Entre ellos se han identificado compuestos quirales. Por ejemplo, *Triatoma infestans* Klug y *Triatoma brasiliensis* Neiva producen los diastereoisómeros (4r, 5r) y (4s, 5s) del 2,2,4-trietil-5-metil-1,3-dioxolano. Además, estudios sobre *T. infestans* sugieren que los compuestos presentes en la cutícula pueden inducir a los machos a copular, al funcionar como *feromona afrodisiaca* (Manrique et al., 2023).

Feromona de alarma

Cuando los triatominos adultos se enfrentan a una perturbación o se encuentran amenazados liberan una feromona de alarma almacenada por las glándulas de Brindley (GB). Esta feromona provoca un incremento en la locomoción de otras chinches y genera una respuesta de escape. El compuesto principal de esta feromona es el ácido isobutírico, acompañado de otros ácidos carboxílicos volátiles. El ácido isobutírico también es liberado por los huéspedes de los triatominos y, en bajas concentraciones, este compuesto atrae a estos insectos, lo cual sugiere que podría ser usado durante la búsqueda del huésped. Los compuestos de las GB también pueden participar en la defensa de las chinches al repeler depredadores, por lo cual podría considerarse como una alomona (Cruz-López et al., 2002).

Feromona de agregación

Se especula que la feromona de agregación de los triatominos se produce en las heces. Algo que llama la atención es que muchos triatominos responden a las heces de manera intra e interspecíficamente, lo que complicaría etiquetarlas únicamente como feromonas, ya que también funcionarían como aleloquímicos. Sin embargo, hace falta conocer si este fenómeno ocurre de manera natural: si las chinches liberan de forma intencional los compuestos con fines de comunicación intraespecífica o si las especies detectan olores generales en las heces para encontrar potenciales refugios. En este último caso será necesario conocer si una o ambas especies interactuantes se benefician. Dependiendo de esto, los compuestos podrían ser clasificados como alomonas, cairomonas o sinomonas de agregación. Se han identificado algunos atrayentes, entre los cuales se encuentran algunos hidrocarburos: undecano, dodecano y tridecano, y aldehídos: heptanal, octanal, nonanal y decanal. No obstante, todavía no ha sido posible la elucidación de una feromona de agregación, que parece consistir en una parte atrayente y otra que inhibe la locomoción de las chinches al contactar las heces (Alavez-Rosas et al., 2024).

Semioquímicos: comunicación interespecífica

Cairomonas

Desde hace algunos años se conoce que los triatominos usan compuestos volátiles durante la búsqueda de alimento (sangre). Sin embargo, ha sido en años recientes cuando se han obtenido muchos datos que han permitido entender mejor la función de los compuestos químicos en este proceso. Los triatominos usan información química (cairomonas) proveniente de los vertebrados de los que se alimentan, principalmente. Por ejemplo, compuestos como el dióxido de carbono y el amoníaco, que provienen del aliento humano, son atractivos para las chinches. Asimismo, el heptanal, octanal, nonanal y ácido isobutírico, presentes en la lana de oveja, plumas de pollo y pelo de conejo, también resultan atractivos para estos insectos. Interesantemente, algunos de los constituyentes del olor humano que atraen a los triatominos son originados por las bacterias que viven en la piel (Manrique et al., 2023).

Conclusiones

Los infoquímicos (hormonas y semioquímicos) regulan todos los aspectos de la comunicación química de los triatominos. Esta forma de comunicación es indispensable para estos insectos y para todos los organismos en el planeta. Contar con una clasificación de estos intrigantes mecanismos de información es primordial para el entendimiento de las complejas interacciones que los triatominos, y los animales en general, tienen con su entorno.

Proponemos seguir con la clasificación unificada, la cual agrupa a semioquímicos y hormonas dentro de los infoquímicos. Así podremos aprovechar este lenguaje que tienen las chinches y diseñar métodos para controlarlas, de manera racional y con el menor impacto ambiental, con el objetivo primordial de reducir el riesgo de contraer la enfermedad de Chagas.

Referencias

- Alavez-Rosas, D., Córdoba-Aguilar, A. y Cruz-López, L. (2023). Semioquímicos, ¿compuestos clave para monitorear y controlar a las chinches chagásicas?. *Elementos*, 130, 57-62. <https://elementos.buap.mx/post.php?id=787>
- Alavez-Rosas, D., Sánchez-Guillén, D., Malo, E. A. y Cruz-López, L. (2019). (S)-2-Heptanol, the alarm pheromone of the stingless bee *Melipona solani* (Hymenoptera, Meliponini). *Apidologie*, 50, 277-287. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00639-2>
- Alavez-Rosas, D., Vargas-Abasolo, R., Albores-Flores, C. I., Meneses-Arias, M. G., Gutiérrez-Cabrera, A. E., Benelli, G., Cruz-López, L. y Córdoba-Aguilar, A. (2024). Chemical ecology of triatomines: current knowledge and implications for Chagas disease vector management. *Journal of Pest Science*, 97, 507-520. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01678-6>
- Barrozo, R. B., Reisenman, C. E., Guerenstein, P., Lazzari, C. R. y Lorenzo, M. G. (2017). An inside look at the sensory biology of triatomines. *Journal of Insect Physiology*, 97, 3-19. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.11.003>
- Cruz-López, L., Malo, E. A., Rojas, J. C. y Morgan, E. D. (2002). Chemical ecology of triatomine bugs: vectors of Chagas disease. *Medical and Veterinary Entomology*, 15(4), 351-357. <https://doi.org/10.1046/j.0269-283x.2001.00340.x>
- Dicke, M. y Sabelis, M. W. (1988). Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds. *Functional Ecology*, 2(2), 131-139. <https://doi.org/10.2307/2389687>
- Freitas Lidani, K. C., Andrade, F. A., Bavia, L., Damasceno, F. S., Beltrame, M. H., Messias-Reason, I. J. y Sandri, T. L. (2019). Chagas disease: from discovery to a worldwide health problem. *Frontiers in Public Health*, 7, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00166>
- Law, J. H. y Regnier, F. E. (1971). Pheromones. *Annual Review of Biochemistry*, 40, 533-548. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.40.070171.002533>
- Manrique, G., Rojas, J. C., Lorenzo Figueiras, A. N., Barrozo, R. B. y Guerenstein, P. G. (2023). Highlights, challenges, and perspectives in basic and applied chemical ecology of triatomines. *Current Opinion in Insect Science*, 59, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101101>
- Müller, C., Caspers, B. A., Gadau, J. y Kaiser, S. (2020). The power of infochemicals in mediating individualized niches. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(11), 981-989. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.07.001>
- Nordlund, D. A. y Lewis, W. J. (1976). Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *Journal of Chemical Ecology*, 2(2), 211-220. <https://doi.org/10.1007/BF00987744>

- Scudder, G. (2017). The importance of insects. En R. G. Footitt y P. H. Adler (eds.), *Insect biodiversity: science and society* (2ª ed., pp. 9-43). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch2>
- Song, X., Qin, Y.-G., Yin, Y. y Xi-Li, Z. (2021). Identification and behavioral assays of alarm pheromone in the vetch aphid *Megoura viciae*. *Journal of Chemical Ecology*, 47, 740-746. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01297-4>
- Vargas-Abasolo, R., Alavez-Rosas, D. y Córdoba-Aguilar, A. (2024). Más allá de los insecticidas: buscando un control ecológico y sustentable de las chinches besuconas. *Elementos*, 134, 105-110. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000009696.pdf>
- Wehrenfenning, C., Schott, M., Gasch, T., Düring, R. A., Vilcinskas, A. y Kohl, C.-D. (2013). On-site airborne pheromone sensing. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405(20), 6389-6403. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7113-9>
- Wortman-Wunder, E. y Vivanco, J. M. (2011). Chemical ecology: definition and famous examples. En J. M. Vivanco y T. Weir (eds.), *Chemical biology of the tropics. An interdisciplinary approach* (vol. 8, serie Signaling and Communication in Plants, pp. 15-26). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19080-3>
- Wyatt, T. D. (2014). *Pheromones and animal behavior: chemical signals and signatures* (2ª ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139030748>

Glosario

Definiciones de las sustancias que median la comunicación química, de acuerdo con la clasificación unificada (adaptado de Müller et al., 2020; Wehrenfenning et al., 2013; Wyatt, 2014).

Aleloquímicos. Compuestos químicos que median la transferencia de información entre individuos de diferentes especies. De acuerdo con el costo-beneficio del emisor y del receptor, se dividen en alomonas (benéficas para el emisor), sinomonas (benéficas para el emisor y el receptor) y caiomonas (benéficas para el receptor).

Feromonas. Moléculas que median la comunicación química entre individuos de la misma especie. Se dividen en feromonas *fisiológicas*, que afectan el desarrollo y, eventualmente, el comportamiento, y *comportamentales*, que afectan de manera inmediata el comportamiento. Pueden clasificarse según el comportamiento que regulen: sexual, de alarma, de agregación, entre otros.

Hormonas. Moléculas que son secretadas y transportadas dentro de un organismo, las cuales regulan su fisiología, desarrollo y comportamiento.

Infoquímicos. Compuestos químicos que transportan información, tanto dentro de los individuos (hormonas) como entre los individuos (semioquímicos).

Mezcla distintiva. Mezcla de moléculas del perfil químico de un animal, la cual es apreendida por otros individuos de la misma especie y utilizada para reconocer a un individuo como miembro de un grupo, familia, clan o colonia.

Semioquímicos. Sustancias químicas que median la transferencia de información entre individuos de la misma especie (feromonas) o de diferente especie (aleloquímicos).