

La Torre de Babel de los insectos

The insects Tower of Babel

Kenzy I. Peña-Carrillo

INIFAP, Campo Experimental General Terán,
Nuevo León, México

pena.kenzy@inifap.gob.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0580-6700>

Rubi N. Meza-Lázaro

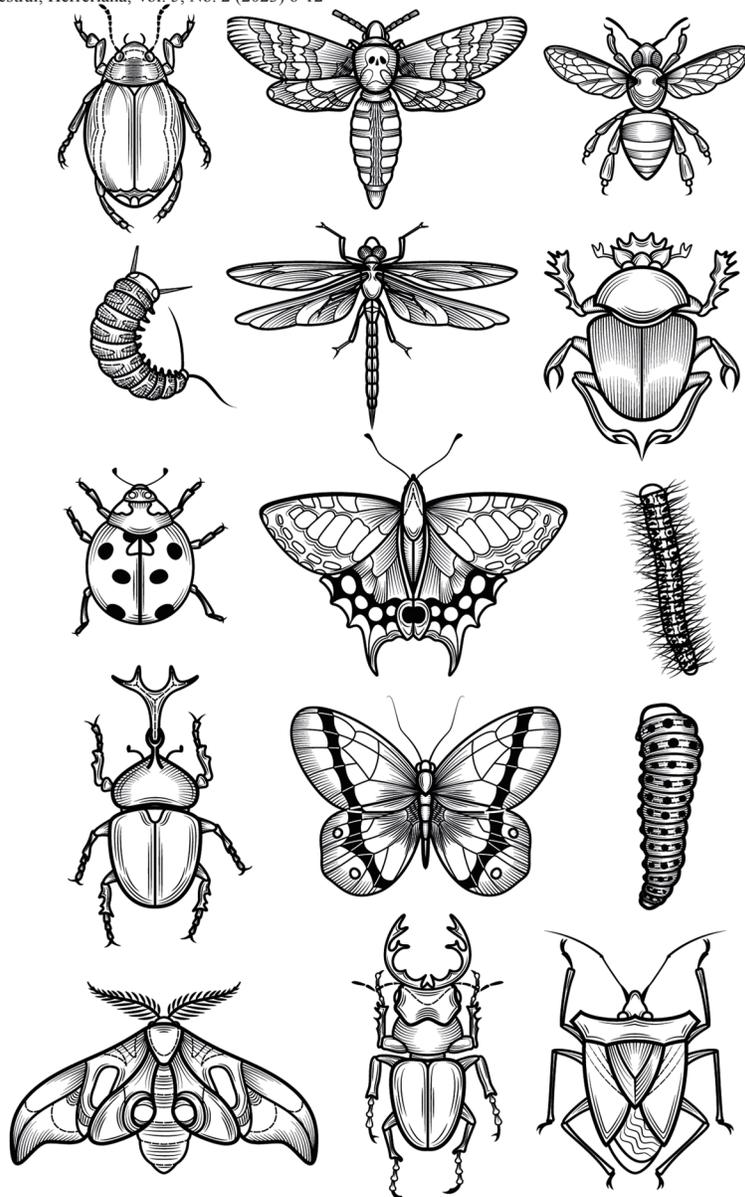
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología

rubi.meza@st.ib.unam.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2680-5902>

Recibido: 13 de febrero de 2023
Aceptado: 10 de marzo de 2023
Publicado: 5 de julio de 2023

<https://doi.org/10.29057/h.v5i2.10261>



Ilustraciones por: macrovector en <http://www.freepik.es>

Resumen

La comunicación es vital para el funcionamiento de las sociedades animales, y en el caso de los insectos la manera en que éstos se comunican está estrechamente ligada a su forma de vida. Para entender cómo es que los insectos pueden transmitir mensajes entre ellos, los científicos han estudiado exhaustivamente las señales químicas, acústicas o vibratorias, visuales y táctiles que ellos utilizan para regular sus actividades, alimentarse, reproducirse e inclusive explotar los recursos de otros insectos. Los sistemas de comunicación de animales se encuentran en constante evolución, por lo que año con año los científicos descubren más sobre este fascinante tema.

Palabras clave: comunicación, uso de señales, insectos sociales, insectos solitarios, insectos gregarios

Abstract

Communication plays a crucial role in the functioning of animal societies, and when it comes to insects, their unique lifestyles are closely intertwined with their modes of communication. In order to comprehend how insects effectively transmit messages to each other, scientists have delved into studying the various chemical, acoustic or vibratory, visual, and tactile signals they employ to regulate their activities such as nourishing, reproduction, and even how they exploit the resources of other insects. Animal communication systems continue to evolve, and each year scientists unveil more fascinating discoveries about this captivating subject.

Keywords: communication, use of signals, social insects, solitary insects, gregarious insects

¿Has escuchado hablar de la Torre de Babel? Es una historia descrita en la Biblia para explicar el origen de las diversas lenguas que se hablan en el mundo. En ella, al principio todas las personas hablaban el mismo idioma y se organizaron para construir una torre que les salvara de una inundación. En castigo por tal atrevimiento Dios les dividió creando diferentes idiomas para que no pudieran entenderse. Al igual que en los seres humanos, la comunicación también es necesaria para

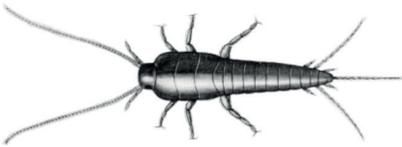
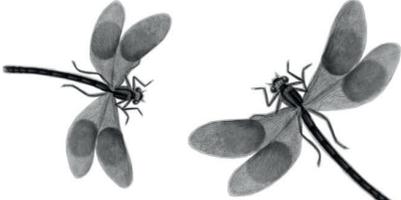
otras especies de animales. Por ejemplo, los chimpancés agitan los brazos para indicar que hay una amenaza o las abejas pueden señalar un punto en donde hay más flores. En las personas la comunicación parece más compleja, porque nuestro lenguaje está hecho de símbolos, sonidos, movimientos, gestos, y cualquier otra cosa que podamos percibir, y que al combinarse de infinitas maneras adquieren un nuevo significado. Además, podemos referirnos a eventos del pasado, el presente y el futuro, así como a nosotros mismos, y a otras personas, lugares o cosas y podemos crear y entregar mensajes que no son ciertos.

Como individuos sociales la comunicación nos es vital, pero no somos los únicos animales sociales. Algunos insectos se organizan en grandes colonias, en las que se dividen en castas y realizan labores específicas. Hay individuos encargados de buscar el alimento, cuidar a las crías, custodiar el nido y muy pocos son los que se encargan de la reproducción. A los insectos con esta forma de organización se les llama

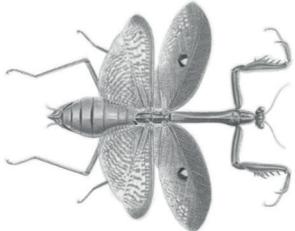
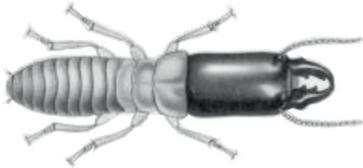
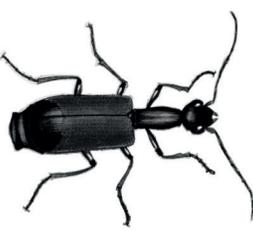
eusociales. También existen otros conocidos como gregarios, que solo se reúnen en ciertas etapas de su vida para poder obtener algún beneficio, como alimentos o protección. Finalmente, están los insectos solitarios, que solo se juntan con otros individuos de la misma especie para reproducirse (Leonhardt *et al.*, 2016).

Pero, ¿cómo es que los insectos se reconocen entre sí, se dividen las tareas y se comunican entre ellos? Para contestar estas preguntas los científicos han elaborado experimentos gracias a los cuales sabemos que la comunicación se basa principalmente en el uso de moléculas, razón por la cual se le denomina comunicación química.

De acuerdo con su estilo de vida, los insectos también se pueden comunicar usando otro tipo de señales como las que se muestran a continuación (modificado de Leonhardt *et al.*, 2016):

Tipo de señal	Orden de insectos al que pertenecen	Algunos estilos de vida
Química	 Peces de plata (<i>Zygentoma</i>)	Solitario y gregario
Acústica/vibratoria, visual, táctil	 Libélulas y caballitos del diablo (<i>Odonata</i>)	Solitario
Química, visual, táctil	 Tijerillas (<i>Dermaptera</i>)	Subsociales
Acústica/vibratoria, visual, química	 Chapulines, langostas, grillos, esperanzas o saltamontes hoja (<i>Orthoptera</i>)	Solitario, gregario

Imágenes modificadas a partir de Biodiversity Heritage Library www.biodiversitylibrary.org. Dominio público. El BHL considera que estas imágenes no están más bajo protección de derechos de autor.

Tipo de señal	Orden de insectos al que pertenecen	Algunos estilos de vida
Visual	 Mantis religiosas (Mantodea)	Solitaria
Acústica/vibratoria, táctil, química	 Cucarachas (Blattodea)	Solitarias, gregarias
Química, táctil	 Termitas (Blattodea)	Eusociales
Acústica/vibratoria, química	 Chinchas y chicharras/cícadas (Hemiptera)	Solitarias, gregarias, subsociales, primitivamente eusociales
Acústica/vibratoria, táctil, visual, química	Fotografía de: Paul Devienne  Avispas, abejas, hormigas (Hymenoptera)	Solitarias, gregarias, eusociales
Acústica/vibratoria, táctil, visual, química	 Escarabajos (Coleoptera)	Solitarios, gregarios, eusociales

Imágenes modificadas a partir de Biodiversity Heritage Library www.biodiversitylibrary.org. Dominio público. El BHL considera que estas imágenes no están más bajo protección de derechos de autor.

Tipo de señal	Orden de insectos al que pertenecen	Algunos estilos de vida
Acústica/vibratoria, táctil, visual, química	 Mariposas y polillas (Lepidoptera)	Solitarias, gregarias
Acústica/vibratoria, táctil, visual, química	 Moscas y mosquitos (Diptera)	Solitarios, gregarios

Imágenes modificadas a partir de Biodiversity Heritage Library www.biodiversitylibrary.org. Dominio público. El BHL considera que estas imágenes no están más bajo protección de derechos de autor.

Como puedes ver, los insectos se pueden comunicar mediante señales químicas, acústicas o vibratorias, visuales y táctiles. Aún más, los insectos pueden usar todas estas señales en conjunto (comunicación multimodal), haciendo su comunicación muy compleja, como en los humanos. Veamos algunos ejemplos.

Apareamiento

En insectos solitarios, la comunicación se restringe al contexto sexual, es decir, utilizan señales que sirven para atraer y cortejar a individuos con los que puedan aparearse (Leonhardt *et al.*, 2016). Los ejemplos más conocidos de tales señales son las feromonas sexuales, que son mezclas de compuestos químicos específicos de cada especie y sexo (Wyatt, 2014; Leonhardt *et al.*, 2016). Estas señales nos permiten (a los insectos y a los humanos) hallar pareja y decidir con qué organismos nos podemos aparear y con cuáles no. Por ejemplo, los insectos pueden saber su grado de parentesco con otros de su misma especie y evitar el apareamiento entre individuos cercanamente emparentados como sus hermanos o primos (endogamia). La endogamia podría favorecer la aparición de características perjudiciales en la descendencia (Lihoreau *et al.*, 2007).

La señalización sexual también puede ser multimodal como en los humanos. Veamos por ejemplo a las llamadas abejas de las orquídeas (Euglossini), que son de colores iridiscentes o fluorescentes bajo luz ultravioleta, e interactúan de manera especializada con las flores de orquídeas aromáticas. Los machos recolectan fragancias de las orquídeas y de heridas de árboles y hongos usando unas estructuras llamadas setas, las cuales parecieran unos pelitos raspadores que tienen en sus patas delanteras. Después, varios machos se reúnen en los troncos de los árboles, donde zumban para cortejar a las hembras y para defender su territorio, liberando algunas de

las fragancias cosechadas. Ahí, las hembras eligen entre los machos con diferentes aromas y se aparean con ellos.

En otros casos los insectos no deciden con quien aparearse, ¡los demás miembros de la colonia hacen de casamenteras! Normalmente, en las colonias de hormigas, las reinas aladas abandonan los nidos para hacer un vuelo nupcial y hallar pareja. Por ejemplo, en la especie *Cardiocondyla herculeanus* los machos liberan compuestos químicos para desencadenar el vuelo masivo de las reinas. Por su parte, las reinas también pueden liberar químicos que facilitan el encuentro de pareja. En contraste, una diminuta hormiga mediterránea llamada *Cardiocondyla elegans* tiene casamenteras. Es decir, no hace vuelos nupciales ya que las obreras transportan a las futuras reinas a otro nido para que se apareen con los machos genéticamente diferentes y con ello evitar la endogamia (Vidal *et al.*, 2021).

Higiene

En las colonias de insectos eusociales la mayoría de los individuos forman parte de las castas obreras y entre ellas existen altos grados de cooperación y altruismo (Bos y d’Ettorre, 2012). Para ello, en estas colonias existe un constante intercambio de información a través de señales táctiles usando las antenas. Esta interacción facilita la dispersión de agentes infecciosos que podrían exterminarlas. Entonces nos preguntamos: ¿cómo es que los insectos sociales se enfrentan a organismos nocivos? Actualmente, se sabe que este tipo de insectos tienen algo llamado inmunidad social que coordina la casta obrera utilizando señales químicas. La inmunidad social consiste en comportamientos de higiene y acicalamiento, colecta de resinas anti-microbianas, dispersión de secreciones y comportamiento de fiebre (Wilson-Rich *et al.*, 2009). Para explicarlos veamos algunos ejemplos:

En las colonias de abejas y termitas los comportamientos de higiene consisten en remover de la colonia a las crías enfermas, y con ello evitar la dispersión de patógenos entre las crías sanas. Por otra parte, las hormigas, abejas y diversos insectos cosechan resinas antimicrobianas a partir de plantas, las cuales pueden utilizar para construir nidos y defenderse de depredadores y patógenos (Wilson-Rich *et al.*, 2009).

Algunos insectos como las abejas, las cucarachas y las langostas del desierto pueden coordinarse para aumentar la temperatura del nido o del ambiente y protegerse de patógenos o incluso de otros insectos (Wilson-Rich *et al.*, 2009). El incremento de la temperatura se logra mediante movimientos musculares. Por ejemplo, ante la presencia de un avispon gigante asiático, las abejas japonesas se amontonan por centenares formando una bola a su alrededor, cuya temperatura se eleva hasta los 40 grados Celsius gracias a los movimientos coordinados de las abejas, produciendo la muerte del avispon (Ono *et al.*, 1995).

Toma de decisiones

Los ejemplos que hemos dado hasta ahora podrían hacernos pensar que hay un insecto mandamás que coordina las actividades en un nido, pero no es así. Entonces, ¿cómo consiguen organizarse los insectos? En las colonias de insectos sociales ningún individuo controla las actividades de otros miembros de la colonia. En su lugar, los integrantes de la casta obrera o trabajadora se comportan de acuerdo con la información que obtienen de señales químicas de otros individuos del mismo nido. Entonces, en una colonia los cambios de comportamiento a gran escala se deben a las decisiones colectivas (Gordon, 2016), ¡es una gran democracia! Como ejemplo, en hormigas forrajeras, la búsqueda de alimento (forrajeo) se ajusta a su disponibilidad. Cuando existe gran disponibilidad de comida, las hormigas forrajeras la encuentran rápido y regresan pronto al nido. Las hormigas hacen contacto con sus antenas en la entrada del nido, para detectar la huella química de sus hermanas, por lo que un alto grado de contacto antenal entre las forrajeras les comunica que hay alta disponibilidad de alimento, y estimula que más obreras salgan del nido en busca de éste (Gordon, 2016).

Las abejas han desarrollado una de las estrategias más sorprendentes para comunicar la ubicación, calidad y cantidad del alimento: la danza de las abejas. Este fascinante comportamiento fue descrito por el científico Austriaco Karl Von Frish, quien gracias a este descubrimiento recibió el premio nobel de Fisiología en el año 1973. El científico reveló que a través de su danza, las abejas son capaces de comunicar la localización exacta de alimento o algún recurso de importancia para la colmena, como néctar, polen, agua, o un nuevo refugio. Pero ¿en qué consiste esta danza? Bueno, pues todo inicia con la búsqueda de una abeja exploradora. Cuando ésta encuentra algún recurso importante regresa a la colmena y comienza a bailar. Con la danza llama la atención del resto de las abejas, quienes interpretan las señales químicas y vibraciones emitidas durante la danza, y además perciben el olor del alimento que la abeja exploradora llevó consigo. Las abejas durante la danza dibujan una figura en forma de ocho

cuya longitud y dirección sirven para comunicar la distancia y lugar en donde se encuentra el alimento. Además, la intensidad del movimiento abdominal sirve para informar la calidad del recurso encontrado (Grüter y Farina, 2009). En pocas palabras: “La intensidad del perreo es directamente proporcional con la calidad de la pachanga”. Estas estrategias tan complejas de comunicación seguramente explican buena parte del éxito de los grupos eusociales, como las abejas y las hormigas. Por ejemplo, se estima que las hormigas forman del 15 al 25% de la biomasa animal terrestre (Shultz, 2000).

¿Qué pasa cuando alguien descifra los mensajes?

Las señales que emiten los insectos suelen estar dirigidas a individuos de su propia especie o de su propia colonia, pero algunos animales han conseguido descifrar los mensajes que otras especies transmiten y pueden aprovecharse de ello. Te contaremos algunos casos.

Durante muchos años se ha estudiado el caso de larvas de lepidópteros (mariposas y polillas), que tienen una relación estrecha con algunas especies de hormigas. Inclusive, estas mariposas y polillas dependen totalmente de las hormigas para completar su desarrollo en etapas juveniles, ya que se desarrollan como parásitos en el nido de las hormigas (Barbero *et al.*, 2009).

Por ejemplo, en el continente europeo, las larvas de las mariposas hormigueras de lunares *Phengaris arion*, tienen que vivir dentro de los nidos de hormigas anfitrionas del género *Myrmica* para completar su desarrollo. ¿Pero cómo logran entrar al nido de las hormigas? Estas mariposas producen compuestos químicos similares a los que producen las larvas de las hormigas, y reproducen los sonidos emitidos por la hormiga reina, con ello mimetizan el sistema de comunicación de la hormiga anfitriona. De esta forma, las larvas de las mariposas son tratadas con preferencia sobre las propias larvas de hormiga (Barbero *et al.*, 2009) ¡Las tratan como reinas! Puesto que las mariposas hormigueras de lunares dependen obligatoriamente de las hormigas, si las hormigas desaparecen también se extinguen las mariposas.

Esto ya pasó una vez en el Reino Unido. Tras la extinción de *Phengaris* debido a la degradación del hábitat, se inició un programa de reintroducción que duró alrededor de 10 años. Durante este periodo se reintrodujeron no solo mariposas, sino también plantas de tomillo que portaban colonias grandes de sus hormigas anfitrionas (*Myrmica*) provenientes de Suecia. Este es uno de los programas más exitosos de conservación de insectos en el mundo (Thomas *et al.*, 2009).

Mientras tanto, en América tropical existe una hormiga llamada *Ectatomma ruidum* que se comporta de una manera fascinante, es cleptómana. Esto significa que es capaz de robar el alimento de otros nidos de su misma especie. No todas las hormigas del nido pueden comportarse como cleptómanas, solo algunas desarrollan este comportamiento. Por ello algunos investigadores consideran a las hormigas cleptómanas como parte de una nueva casta que se dedicaría solo a robar.

Pero ¿cómo es que logran pasar desapercibidas? Las hormigas que roban modifican sus señales de comunicación química simulando las señales de las hormigas de otros nidos. De esta manera pueden evadir a las hormigas guardianas que cuidan la entrada de los nidos y logran entrar para saquear sus alimentos. Cuando salen del nido recién robado, las hormigas ladronas se comportan de una manera particular, caminan más rápido de lo normal, e incluso pueden dejar caer la comida que robaron, cambiar de camino, y esconderse (McGlynn *et al.*, 2015).

Comunicación y especiación

Para defenderse del ataque de las hormigas cleptómanas, algunas poblaciones de la hormiga *Ectatomma ruidum* evolucionaron diferentes señales químicas para que éstas sean más difíciles de imitar. Estas diferencias pueden conducir incluso a la formación de nuevas especies (Meza-Lázaro *et al.*, 2022). A este proceso por el cual las poblaciones se dividen formando nuevas especies le conocemos como especiación (De Queiroz, 2007). Las nuevas especies pueden separarse de muchas maneras. Puede ser que las poblaciones sean divididas por montañas o ríos y que a lo largo del tiempo se vuelvan diferentes en su aspecto físico. De hecho, los biólogos con frecuencia pueden distinguir entre diferentes especies observando la morfología, es decir, la apariencia física de los organismos.

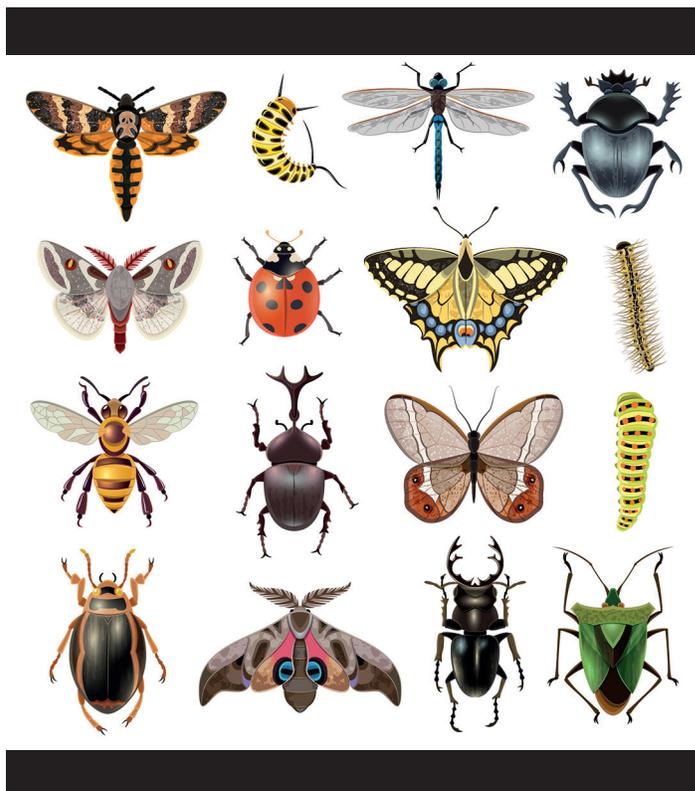
Sin embargo, a veces sucede que las diferencias entre las especies no ocurren a nivel morfológico. Por ejemplo, hay dos especies de grillos que son muy similares morfológicamente, *Gryllus texensis* y *Gryllus rubens*, pero los machos de estas especies emiten sonidos diferentes y las hembras eligen a los machos que emiten los sonidos propios de su especie. Al parecer estas dos especies solían ser una sola en el pasado y ahora son dos distintas que viven juntas en gran parte del sureste de Estados Unidos. Es posible que *G. texensis* y *G. rubens* se hayan separado gracias a que las hembras de una especie ya no se aparearon con los machos de la otra, debido a diferencias en las señales de apareamiento emitidas por los machos.

¿Insectos a nuestro servicio?

A lo largo de millones de años, la evolución ha promovido que los insectos desarrollen mecanismos que les permitan detectar a través de muchas señales a sus depredadores, parejas y parientes y con ello asegurar su supervivencia. Conforme nuestra sociedad evoluciona, nosotros los humanos también hemos aprendido a descifrar la comunicación de los insectos e incluso a usarla en nuestro beneficio. Ya que las hormigas pueden aprender, memorizar y detectar de manera confiable los olores de muchas cosas, como por ejemplo de la comida o de sus compañeras, también podemos entrenarlas para que detecten el olor de las células cancerosas humanas. Esto es gracias a que las células cancerosas, producen compuestos orgánicos diferentes de los que producen las células sanas y pueden usarse como biomarcadores del cáncer (Piqueret *et al.*, 2022). Existen equipos de investigación entrenando a las hormigas para detectar dichos compuestos ¡Estas hormigas son herramientas vivas para detectar cáncer humano!

Otro ejemplo igualmente impresionante son las abejas entrenadas para detectar minas terrestres. Las abejas pueden localizar de manera precisa las minas terrestres, las cuales filtran pequeñas cantidades de sustancias químicas explosivas al suelo y al aire que las rodea. Las abejas atrapan las sustancias químicas de las minas entre pequeñas vellosidades en su cuerpo y son rastreadas usando un radar láser. Los perros rastreadores también pueden distinguir tales firmas químicas pero es costoso y lleva más tiempo entrenarlos, además pueden activar una mina sin darse cuenta mientras realizan una búsqueda. Las abejas, que poseen un sentido del olfato sensible similar al de los perros, podrían ser igual de eficaces para localizar minas, pero a menor costo, en mayor número y con un peligro mínimo. Esta herramienta es un medio rápido y efectivo para limpiar los campos de minas del mundo (Bromenshenk *et al.*, 2003).

Así como en la torre de Babel, los “lenguajes” de los insectos a veces cambian y se diferencian, pero a algunos humanos y aparentemente a algunos insectos, nos gusta aprender la forma de comunicación de otros. Este conocimiento nos permite contemplar e interpretar de otro modo al mundo y a las otras especies que en él habitan. Año con año se suman a nuestro conocimiento nuevos estudios sobre los medios de comunicación acústico, visual y táctil de los insectos, que además, demuestran que los insectos pueden usar estos diversos medios de comunicación en forma conjunta, de manera similar a la estrategia de comunicación humana. Los sistemas de comunicación de los animales, nosotros incluidos, se encuentran en constante evolución. Por ejemplo, los humanos hemos incluido los emojis, el lenguaje incluyente y las palabras nuevas que usamos cotidianamente y que continuarán cambiando nuestro lenguaje a lo largo de las generaciones. H



Referencias

- Barbero, F., Thomas, J. A., Bonelli, S., Balleto, E. y Schönrogge, K. (2009). Queen ants make distinctive sounds that are mimicked by a butterfly social parasite. *Science*, 323(5915), 782-785. <https://doi.org/10.1126/science.1163583>
- Bos, N. y d'Ettorre, P. (2012). Recognition and social identity in ants. *Frontiers in Psychology*, 3 (83), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00083>
- Bromenshenk, J., Henderson, C., Seccomb, R., Rice, S., Etter, R., Bender, S., Rodacy, P., Shaw, J., Seldomridge, N., Spangler, L. y Wilson, J. (2003). Can Honey Bees Assist in Area Reduction and Landmine Detection? *Journal of Mine Action*, 7 (3), 24-27. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol17/iss3/5>
- De Queiroz, K. (2007). Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, 56 (6), 879-886. <https://doi.org/10.1080/10635150701701083>
- Gordon, D. M. (2016). From division of labor to the collective behavior of social insects. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 70, 1101-1108. <https://doi.org/10.1007/s00265-015-2045-3>
- Grüter, C. y Farina, W. M. (2009). The honey bee waggle dance: can we follow the steps? *Trends in Ecology and Evolution*, 24 (5), 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.12.007>
- Leonhardt, S. D., Menzel, F., Nehring, V. y Schmitt, T. (2016). Ecology and Evolution of Communication in Social Insects. *Cell*, 164 (6), 1277-1287. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.01.035>. PMID: 26967293.
- Lihoreau, M., Zimmer, C. y Rivault, C. (2007). Kin recognition and incest avoidance in a group-living insect. *Behavioral Ecology*, 18 (5), 880-887. <https://doi.org/10.1093/beheco/arm046>
- McGlynn, T. P., Graham, R., Wilson, J., Emerson, J., Jandt, J. M. y Jahren, A. H. (2015). Distinct types of foragers in the ant *Ectatomma ruidum*: typical foragers and furtive thieves. *Animal Behaviour*, 109, 243-247. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.08.024>
- Meza-Lázaro, R. N., Peña-Carrillo, K. I., Poteaux, C., Lorenzi, M. C., Wetterer, J. y Zaldivar-Riverón, A. (2022). Genome and cuticular hydrocarbon-based species delimitation shed light on potential drivers of speciation in a Neotropical ant species complex. *Ecology and Evolution*, 12, e8704. <https://doi.org/10.1002/ece3.8704>
- Ono, M., Igarashi, T., Ohno, E. y Sasaki, M. (1995). Unusual thermal defense by a honeybee against mass attack by hornets. *Nature*, 377, 334-336. <https://doi.org/10.1038/377334a0>
- Piqueret, B., Bourachot, B., Leroy, C., Devienne, P., Mechta-Grigoriou, F., d'Ettorre, P. y Sandoz, J. C. (2022). Ants detect cancer cells through volatile organic compounds. *iScience*, 25 (3), 103959. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.103959>
- Shultz, T. R. (2000). In search of ant ancestors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (26), 14028-14029. <https://doi.org/10.1073/pnas.01151379>
- Thomas, J. A., Simcox, D. J. y Clarke, R. T. (2009). Successful Conservation of a Threatened Maculinea Butterfly. *Science*, 325 (5936), 80-83. <https://doi.org/10.1126/science.1175726>
- Vidal, M., Königseder, F., Giehr, J., Schrempf, A., Lucas, C. y Heinze, J. (2021). Worker ants promote outbreeding by transporting young queens to alien nests. *Communications Biology*, 4 (515). <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02016-1>
- Wilson-Rich, N., Spivak, M., Fefferman, N. H. y Starks, P. T. (2009). Genetic, individual, and group facilitation of disease resistance in insect societies. *The Annual Review of Entomology*, 54, 405-423. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093301>
- Wyatt, T. D. (2014). Pheromones and animal behavior. Chemical signals and signatures. Cambridge University Press, New York (USA).

