



El lenguaje químico de los insectos



En el interior de las colonias, las abejas y las hormigas se reconocen y se organizan mediante compuestos que recubren sus cuerpos

De qué manera se reconocen, se organizan y se reparten las tareas en la completa oscuridad de sus colonias los insectos sociales, las abejas, las avispas, las hormigas y las termitas? En 2003, mientras planificaba su investigación posdoctoral en la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de Ribeirão Preto, de la Universidad de São Paulo (FFCLRP-USP), el biólogo Fábio Santos do Nascimento verificó que los análisis genéticos y los estudios de comportamiento no ofrecían una respuesta satisfactoria a esta pregunta. En busca de alternativas, comenzó entonces a estudiar un grupo de compuestos químicos que elaboran los insectos, los hidrocarburos cuticulares (HCCs), que también llamaban la atención a otros grupos de investigadores de Estados Unidos y de Europa. Santos do Nascimento y el químico Norberto Peporine Lopes, docente de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de Ribeirão Preto (FCFRP) de la USP, se percataron de que los HCCs indican si una abeja, avispa, hormiga o termita es macho o hembra, obrera o reina. Cada ejemplar, cada especie y cada colonia exhiben variaciones sutiles en la composición de los HCCs que las diferencian. Estos compuestos también se muestran fundamentales para el reparto de tareas entre las castas y la cohesión de las colonias.

Al liberar HCCs, las reinas indican que están fértiles e inhiben el ímpetu reproductivo de las obreras, según apunta un estudio del grupo de la USP publicado en junio de 2017 en la revista *Nature Ecology & Evolution*. “La señal química inducida por las reinas es lo que mantiene a las obreras abocadas a la limpieza y el resguardo del nido o a la búsqueda de alimentos”, relata Santos do Nascimento, contratado en 2009 como docente de la FFCLRP. Los equipos de Ribeirão Preto también constataron que las reinas de las abejas de la especie *Melipona scutellaris* diseminan HCCs sobre los compartimentos donde depositan sus huevos, señalándoles así a las obreras que no deben acordiar allí.

Los HCCs se producen en glándulas subcutáneas y forman la cera amarillenta que recubre el exoesqueleto de los insectos. Son sustancias formadas tan sólo por átomos de carbono e hidrógeno ordenados

En las colonias de abejas sin aguijón de la especie *Tetragonula carbonaria*, las reinas avisan si están fértiles por medio de los hidrocarburos cuticulares, que también ponen freno al afán reproductivo de las obreras

en largas estructuras lineales con uniones simples o dobles entre los carbonos. “La disposición de las uniones dobles entre los átomos de carbono varía según la especie o el género de los insectos”, dice Peporine Lopes. “Y la variación en las estructuras de esas moléculas permite el reconocimiento de los miembros de la misma colmena y posibilita la comunicación entre ellos”. En 2003, cuando comenzó a trabajar con Santos, sus dispositivos de análisis químico caracterizaban hidrocarburos formados hasta por 40 átomos de carbono, pero ahora, una técnica nueva de espectrometría de masas adoptada en su laboratorio permite la identificación de compuestos con cadenas aún más largas, de hasta 60 carbonos, que también se mostraron diferentes entre machos y hembras y entre reinas y obreras.

UN CONTACTO REVELADOR

Esta forma de comunicación depende del contacto físico entre los insectos. Una hormiga, por ejemplo, reconocerá que otra hormiga es de su misma especie o de su misma colonia al tocar su cuerpo –fundamentalmente la cabeza– con sus antenas, dotadas de poros o receptores apropiados para la identificación de los HCCs. Por este motivo es que a los más de mil HCCs identificados se los denomina feromonas superficiales o de contacto. Esta clasificación los diferencia de las feromonas sexuales, que las hembras liberan en el aire cuando se encuentran aptas para procrear.

“En las colmenas, los insectos sociales se comunican fundamentalmente a través de señales químicas”, informa Peporine Lopes. “Fuera de la colonia, la primera forma de comunicación entre

las especies es visual. Si un insecto de la misma especie o de otra intenta invadir el hormiguero, las hormigas lo identificarán como enemigo y lo atacarán de inmediato”. Cuando hay luz, las avispas de la especie *Polistes satan* también se reconocen entre sí valiéndose de rasgos peculiares en su fisonomía, según indica un estudio efectuado por la bióloga Ivelize Cunha Tannure-Nascimento, de la USP de Ribeirão Preto publicado en 2008 en la revista *Proceedings of the Royal Society B*.

Dos días después de emerger de los huevos, las avispas ya producen el HCC característico de la colonia, a causa del contacto con los otros integrantes del grupo. La composición de esas sustancias puede cambiar en respuesta a variantes en la dieta, por ejemplo. Bajo la dirección de Santos do Nascimento, el biólogo Lohan Valadares dividió una colonia de hormigas del género *Atta* en dos grupos y alimentó a uno con hojas y pétalos de rosa y al otro con hojas de la planta conocida como árbol de Júpiter o reina de las flores (*Lagerstroemia sp.*), una especie con flores rosadas común en el arbolado urbano. Luego colocó hormigas de un grupo en el otro. Las recién llegadas eran recibidas con hostilidad. Los análisis indicaron que el olor de las hormigas



1 Una red de canales, los vasos (abajo en detalle), contribuye para lograr el tono azul de las alas de la *Zenithoptera lanei*

Las alas vivas de una libélula

La libélula de la especie *Zenithoptera lanei*, que habita en el Cerrado, la sabana brasileña, y se la conoce como *morpho*, por su semejanza con un género de mariposas así llamadas, predominantemente azules, podría ser el primer caso de un insecto adulto cuyas alas están constituidas por tejido vivo, y no muerto, como se creía hasta ahora.

El biólogo Rhainer Guillermo Ferreira, docente de la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar), identificó con base en imágenes tomadas por microscopía electrónica una

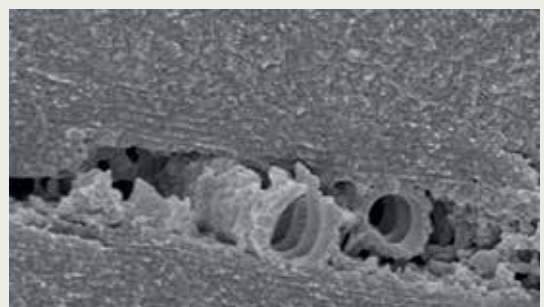
red de canales –las tráqueas –entre las membranas de las alas de una coloración azul intensa de esa especie.

Tal como lo describe en un artículo que publicó en septiembre de 2017 en la revista *Biology Letters*, dichos vasos tienen un diámetro que varía entre 3 y 200 nanómetros y abastecerían de oxígeno a las células que producen una cera espesa que recubre las alas. Según Ferreira, la cera reflejaría la radiación ultravioleta, algo que simultáneamente acentúa el color azul de las alas y protege al insecto contra el exceso

de luz solar. “Una de las señales que indican que las células de las alas están vivas es que ese azul pierde rápidamente su brillo una vez que la libélula muere”, dice.

La red de tráqueas también contribuiría al sostén de las

alas y en el control de la temperatura de estos insectos. “Por ahora, esta especie es la única en la que se ha detectado este tipo de estructura”, afirma. “Examinamos a otras 40 especies de libélulas y no hallamos nada parecido”.



2



3

había cambiado luego de la alteración de la dieta. “Como el perfil químico de los hidrocarburos cuticulares se modificó, las hormigas que formaban parte de una misma colonia dejaron de reconocerse”, relata Santos do Nascimento.

La habilidad para producir estos compuestos habría surgido incluso antes de que los insectos comenzaran a vivir en colonias, hace alrededor de 100 millones de años. Los biólogos Ricarda Kather y Stephen Martin, de la Universidad de Salford-Manchester, en Inglaterra, analizaron el perfil químico de los HCCs de 241 especies de insectos, incluidas 164 de hábitos sociales, del orden de los himenópteros, el mayor dentro de ese grupo, con 130 mil especies. Tal como se describe en un estudio de 2015 en la revista *Journal of Chemical Ecology*, las especies solitarias presentan un perfil de HCCs tan complejo como las sociales.

Otro grupo de investigadores de Inglaterra indicó que las antenas –al menos las de las hormigas de la especie *Iridomyrmex purpureus*– no sólo reconocían, sino que también transmitían señales químicas, ampliando de este modo la conclusión a la que arribó el psiquiatra y entomólogo suizo Auguste-Henri Forel (1848-1931). Al final del siglo XIX, Forel reveló que las antenas funcionaban como órganos capaces de captar señales químicas al extirpárselas a ejemplares de cuatro especies de hormigas, observando que los insectos se desorientaban y se amontonaban, independientemente de la especie.

La hormiga de la especie *Dinoponera australis* reconoce, por medio de compuestos químicos captados por sus antenas, si otro ejemplar de la misma especie es macho o hembra

HORMIGAS SIN BRÚJULA

Análogamente, sin HCCs, los insectos se desorientan y la organización social se resquebraja. En el laboratorio del comportamiento y evolución de la Universidad Rockefeller, en Estados Unidos, el equipo del biólogo Daniel Kronauer desactivó el gen *orco*, encargado de la producción de receptores de los HCCs, en hormigas de la especie *Ooceraea biroi*, originaria de Japón. Ni bien salían de su fase larvaria y se tornaban adultas, las hormigas alteradas genéticamente mostraban de inmediato un comportamiento infrecuente para la especie: ya no se desplazaban en fila, sino que se movían sin dirección, al azar, tal como lo describe un artículo publicado en diciembre de 2016 en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. Los investigadores también observaron cambios en las estructuras cerebrales de las hormigas, un indicador de que los insectos precisarían los receptores odoríferos para que el cerebro se desarrolle correctamente.

Los HCCs explican ciertos comportamientos enigmáticos de los insectos

sociales, y no sólo el hecho de que vivan tocándose con las antenas. Cuando se ensucian o al salir del agua, las hormigas se limpian o se secan con las patas como un modo de recuperar la capa de hidrocarburos que recubre su cuerpo. De otra manera, los guardianes de la colonia no las reconocerían y no las dejarían entrar”, explica a modo de ejemplo Santos do Nascimento. Otro de los misterios resueltos es el que se refiere al hecho de que las obreras de la especie de abejas *Melipona scutellaris* decapitan a las reinas vírgenes de siete días, cuando podrían atraer a los zánganos interesados en la cópula. Al tocar el cuerpo –principalmente la cabeza– de las reinas vírgenes, las obreras perciben que el HCC de éstas es diferente al de las reinas fecundadas. La percepción de esa diferencia las induce a la matanza, según concluyó el biólogo Edmilson Souza, docente en la Universidad Federal de Viçosa, en el estado de Minas Gerais. La colmena no sufriría grandes daños porque las reinas de las colonias de abejas sin aguijón, tal como es el caso de la abeja popularmente conocida en Brasil como *uruçu* (*M. scutellaris*) producen con frecuencia huevos que originan reinas.

Al unificar biología y química, estos estudios están complementando los trabajos sobre la genética de las abejas que iniciara el genetista paulista Warwick Kerr en la década de 1950, y los de biología del comportamiento de los insectos sociales, con la bióloga Vera Imperatriz Fonseca, a partir de la década de 1970, y exigen de los investigadores un enfoque multidisciplinario. “Acá en el laboratorio”, relata Santos do Nascimento, “cada alumno es un investigador, incluso los biólogos deben en parte actuar como químicos: deben aprender a usar el cromatógrafo y a interpretar los resultados que produjeron”. ■

Proyectos

1. Análisis de los mecanismos exógenos y endógenos que influyen en la variabilidad de los hidrocarburos cuticulares en insectos sociales neotropicales (nº 15/ 25301-9); Modalidad Ayuda a la Investigación –Regular; Investigador responsable Fábio Santos do Nascimento; Inversión R\$ 191.870,92.
2. Metabolismo y distribución de xenobióticos naturales y sintéticos: De la comprensión de los procesos reactivos a la generación de imágenes de tejidos (nº 14/ 50265-3); Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable Norberto Peporine Lopes; Inversión R\$ 1.137.805,87.

Los artículos científicos consultados para este informe figuran en una lista en la versión [online](#).