

Prefacio

Las consecuencias de los cambios globales que afectan a nuestro planeta no se limitan al cambio climático o a las modificaciones en la composición atmosférica. También afectan a toda la dinámica de la vida, alterando todos los ecosistemas y, por lo tanto, a las especies que los constituyen. Estos efectos tienen un impacto, particularmente en las interacciones entre especies o entre individuos de la misma especie, interacciones que -sin embargo- son esenciales para el mantenimiento de las comunidades y los ecosistemas en los que la mediación química desempeña un papel predominante.

La ecología química puede definirse como el arte de descifrar esta mediación química impalpable que permite a los organismos vivos comunicarse entre sí en su entorno. Una gran variedad de moléculas, desde compuestos muy simples hasta mezclas muy complejas, intervienen en la percepción del entorno, en la comunicación entre los individuos y en los mecanismos de defensa establecidos en caso de interacciones antagonistas. Este campo científico logra conciliar la ecología y la química, por lo que, requiere un enfoque decididamente interdisciplinario.

La ecología química nos proporciona un marco para interpretar mejor, ampliar y mejorar nuestro conocimiento de la diversidad de las sustancias naturales. De este modo, los investigadores están empezando a comprender su papel en los procesos de comunicación dentro de biotopos muy diversos, tanto acuáticos como terrestres, así como entre organismos de los reinos animal, vegetal y de los microorganismos. Más allá de los conocimientos fundamentales, la ecología química es una fuente de inspiración para nuevas aplicaciones de recursos biológicos, ayudándonos a diseñar las futuras tecnologías ambientales necesarias para resolver muchos problemas ambientales.

La investigación de la ecología química abordada en este libro fue llevada a cabo por una comunidad francesa de rango internacional, dinámica y original. En los últimos años, este campo se consolidó como promotor de una investigación pionera, situada en la intersección de múltiples competencias compartidas por ecologistas y químicos, así como también por fisiólogos, bioquímicos, etólogos, etnólogos, etc.

Este libro permitirá al lector explorar las mil facetas del lenguaje de las moléculas que unen la biodiversidad y la quimiodiversidad, permitiéndole así descubrir una nueva dimensión del mundo vivo.

Stéphanie THÉBAULT y Françoise GAILL
Institut Ecologie et Environnement
Centre national de la recherche scientifique

Introducción

Recientemente, la combinación de los dos términos “ecología” y “química” se ha hecho evidente para los investigadores –biólogos o químicos– que trabajan en la interfaz de la biología y la química. La *ecología química* es ahora un campo de investigación por derecho propio. Es una disciplina que nació en los años setenta y ochenta, cuyo desarrollo se asoció simultáneamente al enorme progreso de la química analítica. Esta disciplina ha fortalecido profundamente nuestro conocimiento de los mediadores químicos emitidos por microorganismos, plantas y animales.

Para sobrevivir y evolucionar, todos los seres vivos, desde los más simples hasta los más complejos, deben interceptar la información transmitida dentro de su perímetro de percepción. La mayoría de las especies vivientes se comunican entre sí a través de moléculas y señales químicas llamadas “mediadores”. De hecho, cualquier ecosistema es un conjunto dinámico promovido por interacciones basadas, en su mayor parte, en intercambios moleculares de sustancias complejas a través de simples mensajes. El lenguaje químico, derivado de estos mediadores, es una especie de lenguaje universal en la naturaleza, y parece esencial para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos. La comunicación química es, con mucho, el modo de comunicación más común utilizado en el mundo viviente.

Al tratar de entender este lenguaje de la naturaleza, los ecólogos y químicos se enfrentan a la complejidad y creatividad de los organismos. La observación y el estudio de un ecosistema, el estudio de su estructura y su funcionamiento, el estudio de las relaciones intra e interespecíficas dentro de este ecosistema, requieren un enfoque multi y pluridisciplinario, esencial para la ecología química, la cual se trata, naturalmente, de una ciencia de interfaz. El creciente conjunto de datos sobre organismos y sus mediadores, tanto en entornos terrestres como acuáticos, aumenta

continuamente nuestros conocimientos acerca de la biodiversidad y la quimiodiversidad de los organismos vivos. Los aspectos más innovadores están relacionados con la evolución de las especies y las mediaciones complejas en su entorno multitrófico, considerando a la especie ya no como una entidad en sí misma, sino como una comunidad de vida (capítulo 1).

Los mediadores químicos caracterizados como atractivos o repelentes y seleccionados por su eficacia a lo largo de miles de años de evolución y coevolución generalmente, presentan actividades muy específicas en el organismo objetivo. Las interacciones entre organismos implican múltiples escalas, por lo que la investigación en ecología química se basa en una amplia variedad de enfoques experimentales. Además, en el contexto general de la pérdida de biodiversidad y el cambio climático, es importante comprender el funcionamiento de los ecosistemas y la interacción de sus componentes microbianos, vegetales y animales, antes de abordar los efectos de las perturbaciones antropogénicas en dichos ecosistemas (capítulo 2).

Los estudios sobre la socialidad han llevado al surgimiento de una compleja historia evolutiva de esta comunicación química, particularmente en las especies sociales antes consideradas microsmáticas (es decir, con un sentido limitado del olfato), como los primates no humanos y humanos. En estas especies, las sustancias olorosas del cuerpo pueden reflejar características individuales. Además, el uso progresivo de compuestos para prácticas terapéuticas, tanto en insectos como en vertebrados, parece ser una característica evolutiva importante. Por lo tanto, los mediadores químicos pueden considerarse un elemento central en la organización de la mayoría de las sociedades animales (capítulo 3).

Del mismo modo, los recientes avances de la ecología química en el mundo viviente microscópico, un tema ampliamente subestimado hasta hace poco, han contribuido a cambiar la imagen demasiado simplificada que se tenía de las interacciones en el mundo vivo. Los microorganismos – *procariotas* (bacterias, cianobacterias, archaea) o *eucariontes* (hongos filamentosos, protistas) – viven en comunidades donde se está produciendo una intensa competencia. Como respuesta a limitaciones ambientales particulares, estos microorganismos producen todo un arsenal de moléculas y el conocimiento acerca de sus mecanismos de producción es esencial para comprender sus interacciones. El estudio de sus mecanismos de adaptación en entornos extremadamente hostiles suele tener efectos indirectos en los campos de la biotecnología (capítulo 4).

Las interacciones entre los componentes de los ecosistemas pueden verse perturbadas por las actividades humanas. Las interacciones de los compuestos biológicamente y químicamente activos en contacto con los elementos del suelo, el aire o el agua se denominan “ecogeoquímicas”. Así pues, la ecogeoquímica propone analizar, mediante

enfoques integradores, la complejidad de los sistemas ecológicos y los mecanismos a través de los cuales interactúan los componentes bióticos y abióticos del ecosistema. Complementa los enfoques tradicionales de la ecología funcional al abordar los organismos y los componentes de su entorno abiótico, en particular los compuestos químicos que interactúan con ellos en el mismo nivel (capítulo 5).

En los últimos años, la ecología química se ha beneficiado de los avances en genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica; la ecología química ha entrado en la era de las disciplinas “ómicas”. Las “ómicas” traen regularmente nuevas y muy útiles herramientas para arrojar luz sobre los mecanismos evolutivos. Los enfoques “ómicos” en ecología química son muy variados, y se basan en modelos biológicos, desde los más simples hasta los más complejos (capítulo 6). La metabolómica es la más reciente de las ciencias ómicas. Este enfoque global tiene por objeto analizar sin *a priori*, la mayor parte posible del metaboloma. Asimismo, puede ser aplicada con *a priori* enfocándose en una familia de metabolitos pertenecientes a una determinada vía biosintética, proporcionando información valiosa para aclarar el papel clave que desempeñan los mediadores químicos en las interacciones entre los organismos y su entorno, así como sus mecanismos de regulación. Las herramientas analíticas, matemáticas y estadísticas cada vez más potentes de que disponen los biólogos y químicos permiten considerar una caracterización más detallada de los metabolomas (capítulo 7).

La caracterización de los mediadores mediante herramientas químicas de fertilización cruzada, así como las nuevas técnicas de secuenciación del genoma, permiten todos estos enfoques innovadores para comprender mejor a los organismos vivos y su lenguaje. La mejora de los equipos, con importantes aumentos de sensibilidad y resolución, permite obtener análisis más precisos y detallados de los metabolitos primarios o secundarios. Estos enfoques generan grandes cantidades de datos, por lo que la comparación automática con las bases de datos en línea es esencial (capítulo 8). La caracterización de un mediador químico puesto en juego en interacciones ecológicas puede conducir a múltiples aplicaciones, y por lo tanto alimentar campos de investigación aplicada en química medicinal, farmacología, fitofarmacia u otros. Del mismo modo, la caracterización del objetivo biológico de un mediador químico puede conducir al descubrimiento de nuevos receptores biológicos.

En algunos casos, la naturaleza puede adaptarse a la presencia de altos niveles de contaminantes. En ecosistemas muy perturbados, el estudio (química y ecología combinadas) de plantas que son –sin embargo– capaces de desarrollarse, puede conducir a la descontaminación del suelo, a la purificación del agua o del aire (fitoterapia) y a la restauración del ecosistema (ingeniería verde) (capítulo 9).

Al final del libro, trataremos las cuestiones que restan, poniéndolas en perspectiva con respecto a esta disciplina en constante evolución (véase el conclusión).

Los científicos que han participado en la preparación de este libro, biólogos, ecologistas, bioquímicos, químicos y bioestadísticos, se interesan por los ambientes continentales y marinos, los ecosistemas templados y tropicales y una gran diversidad de organismos vivos, desde microorganismos hasta mamíferos, combinando sus análisis de la ecología química actual con sus perspectivas. El libro presentado aquí ilustra los aspectos más avanzados y variados de esta disciplina en rápida expansión. En comparación con la literatura disponible, que en su mayor parte trata de sistemas relativamente simples alrededor de un pequeño número de organismos modelo y mediadores químicos, nuestro libro proporciona una visión holística real de la ecología química.

Una última línea para rendir homenaje al recientemente fallecido Murray S. Blum, quien fue uno de los primeros en presentir la importancia de la mediación química en el mundo viviente y quien aportó, entre otras cosas, la noción de parsimonia a la ecología química. Nunca olvidaremos la sonrisa que él distribuía sin parsimonia.