

¿Cómo es posible la vida en la Tierra?

por RICARD GUERRERO y MERCÈ BERLANGA, con ilustración de CARLES PUCHE

Nuestro planeta es un punto azul minúsculo perdido en el espacio inmenso del universo. Y nosotros, los humanos, estamos presentes tan solo un breve instante en el cúmulo del tiempo. Todos los sistemas vivientes de la Tierra se organizaron y evolucionaron a partir de los átomos de la galaxia atrapados por nuestro planeta. Los átomos de nuestro cuerpo, los de los animales, de los hongos, de las plantas y de los microorganismos proceden de nuestro planeta y eran parte del gran disco estelar que dio origen al sistema solar. Por tanto, somos de «carne y hueso», pero también somos «polvo de estrellas». Y cada individuo que vive hoy en la Tierra es el producto de la replicación sucesiva e ininterrumpida de unos ácidos nucleicos que empezaron a multiplicarse en el origen de la vida, hace menos de 4.000 millones de años.

La Tierra se formó, como la mayoría de los componentes del sistema solar, hace unos 4.550 millones de años. La vida apareció sobre la Tierra cuando el planeta aún era muy joven, hace unos 3.850 millones de años. La continuidad y unidad de la vida que conocemos hoy se pone de manifiesto en la uniformidad de los sistemas genéticos y en la composición molecular de las células vivas. Durante los primeros 2.000 millones de años de evolución, los microorganismos procariotas (bacterias y arqueos) fueron los únicos habitantes de la Tierra y los que «inventaron» casi todas las estrategias metabólicas que se conocen hoy en día. Un «error» metabólico, la producción de oxígeno, originó la vida aerobia; uno estratégico, la endosimbiosis, originó la célula eucariota. La evolución conecta la vida a través del tiempo y, como en todo proceso evolutivo, los organismos y sistemas posteriores no pueden prescindir de los organismos y sistemas que los han precedido. Las plantas, los hongos y los animales emergieron de un mundo microbiano y mantienen un estrecho vínculo de dependencia con los microorganismos.

El origen de la vida, o biopoyesis, se pudo producir en nuestro planeta, quizá varias veces, poco después de que hubiese agua líquida. Si la biopoyesis se produjo en Venus y Marte en algún momento de su historia «geológica», quizá no continuó en ninguno de ellos. Lo que hizo posible el mantenimiento de la vida en la Tierra fue el desarrollo de los ecosistemas, o ecopoyesis, que evitó el agotamiento de los elementos biogénicos de la superficie del planeta, lo que habría ocurrido en un tiempo máximo de 200 o 300 millones de años, y que habría provocado la extinción primigenia de la vida. Desde entonces, el establecimiento de las cadenas tróficas, en las

que los productos del metabolismo de unos organismos sirven de nutrientes para otros, permite el reciclaje de la materia. Esta aparición de ecosistemas fue esencial porque en tanto que la energía solar es aparentemente ilimitada, no sucede lo mismo con la materia que hay sobre la Tierra. Este comportamiento de los microorganismos, aprovechamiento máximo de la energía y reciclaje de la materia, aseguró la continuidad y permanencia de la vida sobre la Tierra. La actividad de los primeros ecosistemas determinó la evolución posterior del planeta, que hasta hace ahora aproximadamente 1.800 millones de años tuvo como únicos habitantes los procariotas.

«Todos los sistemas vivientes de la Tierra se organizaron y evolucionaron a partir de los átomos de la galaxia atrapados por nuestro planeta»

Los procariotas son miembros esenciales de la biosfera porque son componentes indispensables de los ecosistemas que hacen posible el funcionamiento de todos los ciclos biogeoquímicos. Las dos enzimas fundamentales de la biosfera, la rubisco (que fija el CO₂ a una pentosa en el proceso de la fotosíntesis) y la nitrogenasa (complejo enzimático que convierte el N₂ del aire en nitrógeno orgánico) son producidas exclusivamente por procariotas. La rubisco la tienen la mayoría de las bacterias fotosintéticas y los cloroplastos (que son descendientes de las cianobacterias). La nitrogenasa la tienen muchas bacterias libres y algunos simbiontes (*Rhizobium*, etc.) de leguminosas y de otras plantas. Los microorganismos son los principales, si no los únicos, responsables de la degradación de una gran variedad de compuestos orgánicos, como la celulosa, el hemicelulosa, la lignina y la quitina (los compuestos orgánicos más abundantes en la Tierra). Si no fuera por la degradación microbiana, toda esta materia orgánica se acumularía en los bosques y sedimentos. Además, los microorganismos son los principales responsables de la degradación de compuestos químicos tóxicos derivados de la actividad antropogénica, como los bifenilos policlorados (PCB), las dioxinas, los plaguicidas, etc. Los microorganismos, además, tienen un papel fundamental en el reciclaje de los gases atmosféricos, y son, por ejemplo, los responsables del efecto «invernadero». Por tanto, por una parte sustentan la vida



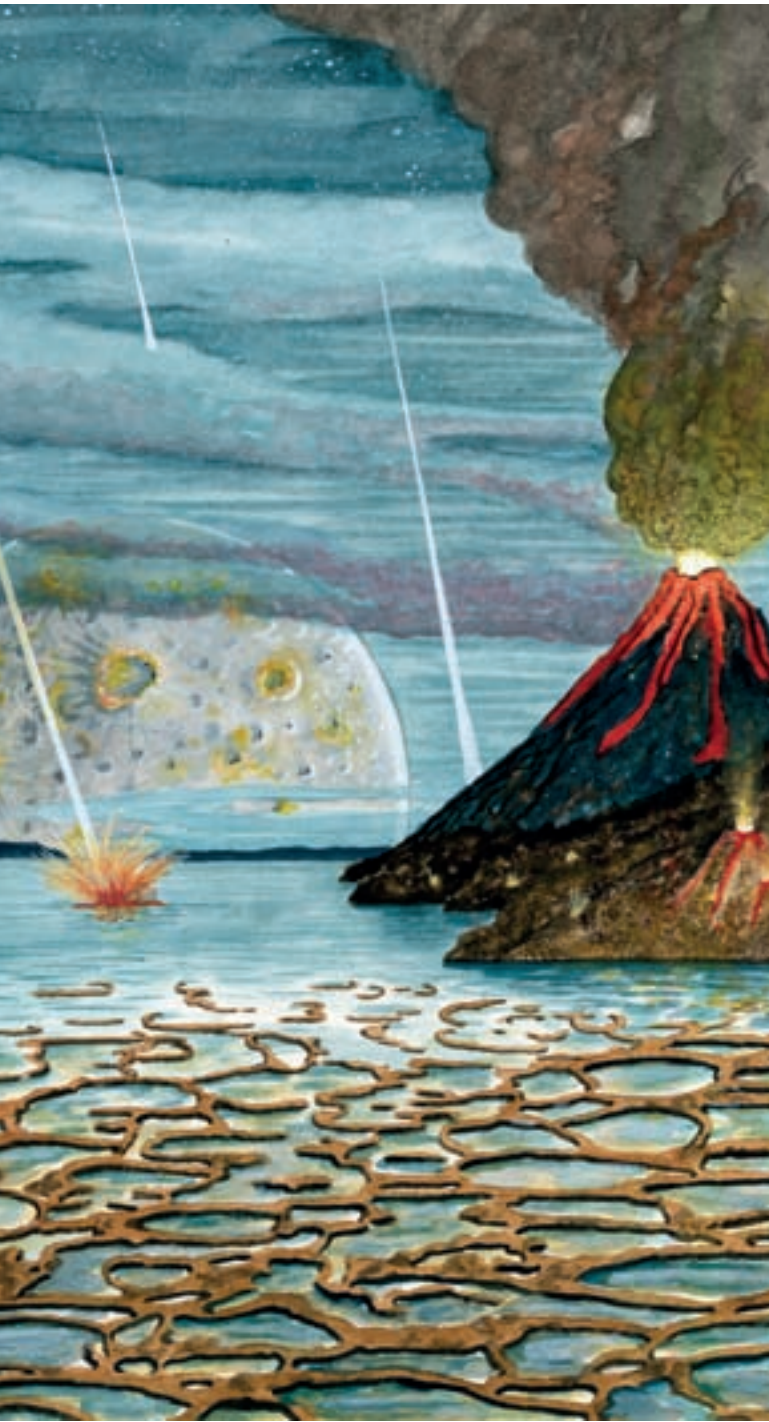


Ilustración: CARLES PUCHE

«En unos 5.000 millones de años más a partir de ahora, nuestro Sol se convertirá en una estrella gigante roja, expandiéndose y quemando todos los planetas a su alrededor»

en nuestro planeta, sin embargo, paradójicamente, por otra son la causa del aumento global de la temperatura, con lo cual ponen en peligro la vida (de los eucariotas).

Los microorganismos procariotas están en todas partes. La ubicuidad de los procariotas se basa en cinco características principales que se han perdido en la evolución posterior: (i) el pequeño tamaño, que les permite una gran capacidad de dispersión; (ii) la variabilidad, que les permite ocupar nichos ecológicos muy diversos; (iii) la flexibilidad metabólica, que les permite tolerar condiciones ambientales desfavorables y adaptarse rápidamente a otras condiciones; (iv) la plasticidad genética (o gran capacidad de transferencia horizontal de genes), que les permite recombinar y recolectar los caracteres favorables; y (v) la capacidad de anabiosis o «letargo» (transformándose en formas no activas, pero que continúan vivas), que les permite persistir durante mucho tiempo (hasta millones de años en algunos casos), esperando que vuelvan las condiciones ambientales adecuadas.

Todos los seres vivos dependen de la vida procariota. Los procariotas están presentes en todos los lugares donde la vida puede existir, en una extensa variedad de condiciones ambientales, desde las «ideales» (ideales, obviamente desde el punto de vista de los «macroorganismos») a ambientes extremos (impensables para los animales, los hongos y las plantas). Sin el conocimiento de los microorganismos tendríamos una visión limitada de la biología: no conoceríamos que la vida se puede extender a condiciones extremas de temperatura, salinidad o pH; tan solo conoceríamos la fotosíntesis aerobia y oxigénica (cuando, en realidad, se originó en los procariotas como anaerobia y anoxigénica), y creeríamos que los seres vivos más longevos son, por ejemplo, las secuoyas, que no superan los 1.000 años, pero que, en realidad, son unas «jovencitas» comparadas con las endosporas de *Bacillus*.

La Tierra es una gran roca en el espacio, pero una roca viva con múltiples cambios de forma. En unos 5.000 millones de años más a partir de ahora, nuestro Sol se convertirá en una estrella gigante roja, expandiéndose y quemando todos los planetas a su alrededor, al igual que le pasó a su estrella predecesora. Ni las bacterias, que han habitado nuestro planeta desde el origen de la vida y han sobrevivido a más de 30 extinciones masivas, podrán escapar a la catástrofe. ¿O sí? Algunos científicos piensan que las endosporas u otras formas de resistencia bacteriana han escapado de la Tierra en pequeños fragmentos desprendidos por impactos violentos de asteroides. Desde entonces, estos polizones microbianos vagan por el espacio exterior buscando nuevos planetas por habitar y «conquistar». ☺

Ricard Guerrero. Miembro del Institut d'Estudis Catalans y director académico de la Barcelona Knowledge Hub de la Academia Europaea.

Mercé Berlanga. Profesora agregada interina del departamento de Microbiología y Parasitología. Universitat de Barcelona.

Carles Puche. Ilustrador, Barcelona.