

Com és possible la vida a la Terra?

per RICARD GUERRERO i MERCÈ BERLANGA amb il·lustració de CARLES PUCHE

El nostre planeta és un punt blau minúscul perdut en l'espai immens de l'univers. I nosaltres, els humans, som presents sols un breu instant en el cúmul del temps. Tots els sistemes vivents de la Terra es van organitzar i van evolucionar a partir dels àtoms de la galàxia atrapats pel nostre planeta. Els àtoms del nostre cos, els dels animals, dels fongs, de les plantes i dels microorganismes procedeixen del nostre planeta i eren part del gran disc estel·lar que va donar origen al sistema solar. Per tant, som de «carn i os», però també som «pols d'estels». I cada individu que viu avui en la Terra és el producte de la replicació successiva i ininterrompuda d'uns àcids nucleics que van començar a multiplicar-se en l'origen de la vida, fa menys de 4.000 milions d'anys.

La Terra es va formar, com la majoria dels components del sistema solar, fa uns 4.550 milions d'anys. La vida va aparèixer sobre la Terra quan el planeta encara era molt jove, fa uns 3.850 milions d'anys. La continuïtat i unitat de la vida que coneixem avui es posa de manifest en la uniformitat dels sistemes genètics i en la composició molecular de les cèl·lules vives. Durant els primers 2.000 milions d'anys d'evolució, els microorganismes procariotes (bacteris i arqueus) van ser els únics habitants de la Terra i els que «van inventar» gairebé totes les estratègies metabòliques que es coneixen avui dia. Un «error» metabòlic, la producció d'oxigen, va originar la vida aeròbia; un d'estratègic, l'endosimbiosi, va originar la cèl·lula eucariota. L'evolució connecta la vida a través del temps i, com en tot procés evolutiu, els organismes i sistemes posteriors no poden prescindir dels organismes i sistemes que els han precedit. Les plantes, els fongs i els animals van emergir d'un món microbià i mantenen un estret vincle de dependència amb els microorganismes.

L'origen de la vida, o biopoesi, es va poder produir en el nostre planeta, potser diverses vegades, poc després que hi hagués aigua líquida. Si la biopoesi es va produir a Venus i Mart en algun moment de la seva història «geològica», potser no va continuar en cap d'aquests planetes. El que va fer possible el manteniment de la vida a la Terra va ser el desenvolupament dels ecosistemes, o ecopoesi, que va evitar l'escotament dels elements biogènics de la superfície del planeta, cosa que hauria ocorregut en un temps màxim de 200 o 300 milions d'anys, i que hauria provocat l'extinció primigènica de la vida. Des de llavors, l'establiment de les cadenes tròfiques, en què els productes del meta-

bolisme d'uns organismes serveixen de nutrients per a altres, permet el reciclatge de la matèria. Aquesta aparició d'ecosistemes va ser essencial perquè en tant que l'energia solar és aparentment il·limitada, no succeeix el mateix amb la matèria que hi ha sobre la Terra.

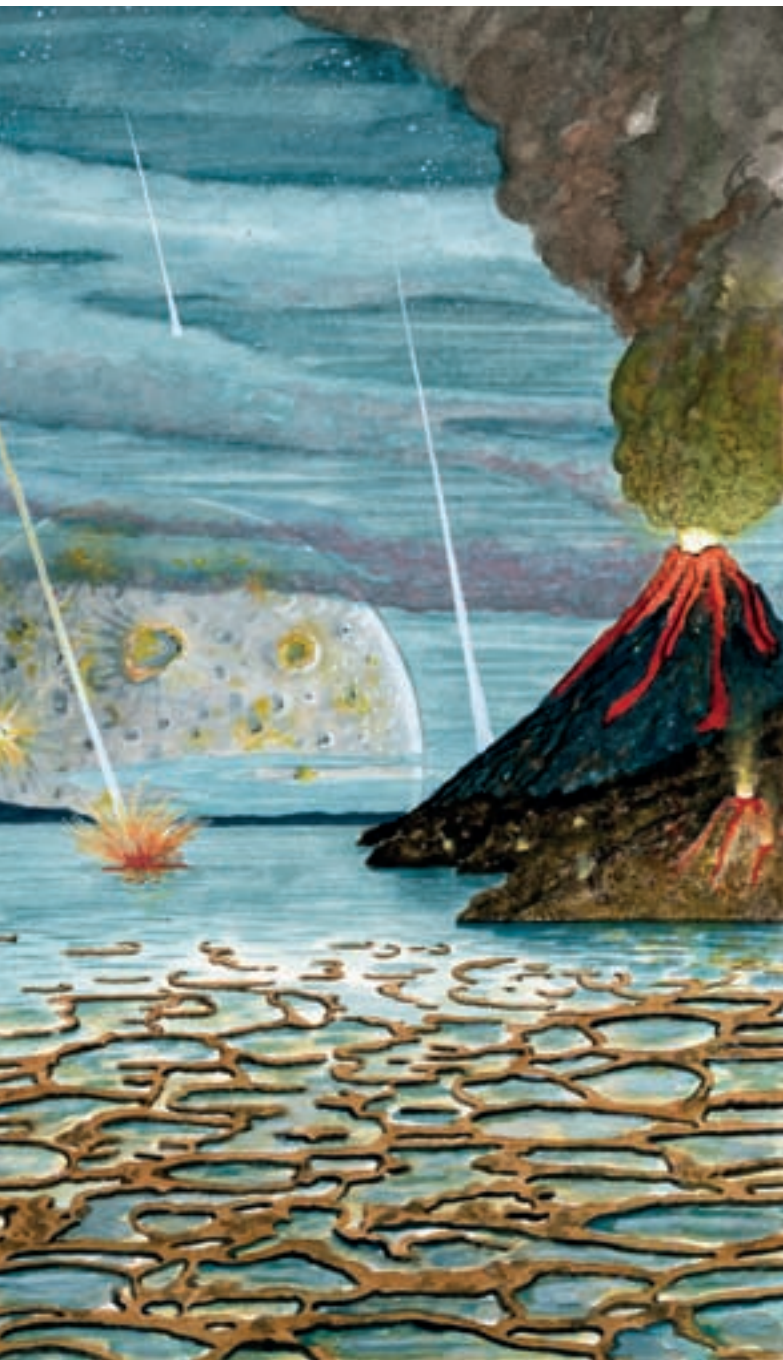
Aquest comportament dels microorganismes, aprofitament màxim de l'energia i reciclatge de la matèria, va assegurar la continuïtat i permanència de la vida sobre la Terra. L'activitat dels primers ecosistemes va determinar l'evolució posterior del planeta, que fins fa ara aproximadament 1.800 milions d'anys va tenir com a únics habitants els procariotes.

Els procariotes són membres essencials de la biosfera perquè són components indispensables dels ecosistemes que fan possible el funcionament de tots els cicles biogeoquímics. Els dos enzims fonamentals de

«Tots els sistemes vivents de la Terra es van organitzar i van evolucionar a partir dels àtoms de la galàxia atrapats pel nostre planeta»

la biosfera, la rubisco (que fixa el CO₂ a una pentosa en el procés de la fotosíntesi) i la nitrogenasa (complex enzimàtic que converteix el N₂ de l'aire en nitrogen orgànic), són produïts exclusivament per procariotes. La rubisco la tenen la majoria dels bacteris fotosintètics i els cloroplasts (que són descendents dels cianobacteris). La nitrogenasa la tenen molts bacteris lliures i alguns de simbiotes (*Rhizobium*, etc.) de lleguminoses i d'algunes altres plantes. Els microorganismes són els principals, si no els únics, responsables de la degradació d'una gran varietat de compostos orgànics, com ara la cel·lulosa, l'hemicel·lulosa, la lignina i la quitina (els compostos orgànics més abundants a la Terra). Si no fos per la degradació microbiana, tota aquesta matèria orgànica s'acumularia en els boscos i sediments. A més, els microorganismes són els principals responsables de la degradació de compostos químics tòxics derivats de l'activitat antropogènica, com ara els bifenils policlorats (PCB), les dioxines, els plaguicides, etc. Els microorganismes, a més, tenen un paper fonamental en el reciclatge dels gasos atmosfèrics, i són, per exemple, els responsables de l'efecte «hivernacle». Per tant, per una banda sustenten la vida al nostre pla-





Il·lustració: CARLES PUCHE

«En uns 5.000 milions d'anys més a partir d'ara, el nostre Sol es convertirà en una estrella gegant vermella, expandint-se i cremant tots els planetes al seu voltant»

neta, però, paradoxalment, per l'altra són la causa de l'augment global de la temperatura, amb la qual cosa posen en perill la vida (dels eucariotes).

De microorganismes procariotes n'hi ha per tot arreu. La ubiqüitat dels procariotes es basa en cinc característiques principals que s'han perdut en l'evolució posterior: (i) la mida petita, que els permet una gran capacitat de dispersió; (ii) la variabilitat, que els permet ocupar nínxols ecològics molt diversos; (iii) la flexibilitat metabòlica, que els permet tolerar condicions ambientals desfavorables i adaptar-se ràpidament a altres condicions; (iv) la plasticitat genètica (o gran capacitat de transferència horitzontal de gens), que els permet recombinar i recol·lectar els caràcters favorables; i (v) la capacitat d'anabiosi o «letargia» (transformant-se en formes no actives, però que continuen vives), que els permet persistir durant molt de temps (fins a milions d'anys en alguns casos), tot esperant que tornin les condicions ambientals adequades.

Tots els éssers vius depenen de la vida procariota. Els procariotes són presents en tots els llocs on la vida pot existir, en una extensa varietat de condicions ambientals, des de les «ideals» (ideals, òbviament des del punt de vista dels «macroorganismes») a ambients extrems (impensables per als animals, els fongs i les plantes). Sense el coneixement dels microorganismes tindriem una visió limitada de la biologia: no coneixeríem que la vida es pot estendre a condicions extremes de temperatura, salinitat o pH; només coneixeríem la fotosíntesi aeròbia i oxigènica (quan, en realitat, es va originar en els procariotes com a anaeròbia i anoxigènica), i creuríem que els éssers vius més longeus són, per exemple, les sequoies, que no superen els 1.000 anys, però que, en realitat, són unes «joventes» comparades amb les endòspores de *Bacillus*.

La Terra és una gran roca en l'espai, però una roca viva amb múltiples canvis de forma. En uns 5.000 milions d'anys més a partir d'ara, el nostre Sol es convertirà en una estrella gegant vermella, expandint-se i cremant tots els planetes al seu voltant, igual com li va passar a la seva estrella predecessora. Ni els bacteris, que han habitat el nostre planeta des de l'origen de la vida i han sobreviscut més de 30 extincions massives, podran escapar a la catàstrofe. O sí? Alguns científics pensen que les endòspores o altres formes de resistència bacteriana han escapat de la Terra en petits fragments despresos per impactes violents d'asteroides. Des de llavors, aquests polissos microbians vaguen per l'espai exterior buscant nous planetes per habitar i «conquerir». ☺

Ricard Guerrero. Membre de l'Institut d'Estudis Catalans i director acadèmic de la Barcelona Knowledge Hub de l'Academia Europaea.

Mercé Berlanga. Professora agregada interina del departament de Microbiologia i Parasitologia. Universitat de Barcelona.

Carles Puche. Il·lustrador, Barcelona.