

# ÉS LA VIDA UN IMPERATIU CÒSMIC?

## REFLEXIONS SOBRE LA RECERCA I LES EXPECTATIVES

Susanna C. Manrubia

A començament del segle XVII, el gran astrònom Johannes Kepler havia acabat d'escriure la que avui es considera la primera novel·la de ciència-ficció. *Somnium*, publicada pòstumament l'any 1634, relata el viatge de Duracotus i la seva mare Fiolxhilde a la Lluna. Quan Duracotus torna a casa després d'haver estat deixeble de Tycho Brahe, Fiolxhilde li proposa de fer el singular viatge per conèixer en primera persona el que ha estudiat a distància. La travessa esdevé possible gràcies als tractes de la mare amb savis esperits capaços de transportar-la a qualsevol lloc de la seva elecció. A la fi, el relat del viatge és una excusa de Kepler per explicar com ell imaginava la superfície lunar, com es podria viure sotmès a les estacions del nostre satèl·lit, com es devien veure els astres des d'allà. Tot i que la descripció va quedar envoltada en imaginació i poesia, Kepler va mostrar una notable intuïció en diferents aspectes, entre els quals quin podria ser l'efecte de la radiació solar durant el viatge, la trajectòria corba d'aquest, o la relació entre l'ambient i la vida. A diferència de tants altres que van escriure abans i després sobre l'aspecte de la vida selenita, Kepler va recrear animals i plantes diferents dels terrestres, condicionats per l'hostilitat del medi i, en particular, per les altes temperatures diürnes.

### ■ LA TERRA JOVE

La història de la vida no es pot entendre sense conèixer la història de la Terra. Un dels pilars de la teoria evolutiva desenvolupada per Charles Darwin és la visió gradualista del canvi geològic proposada per Charles Lyell, que Darwin va traduir i aplicar a la biologia. L'evolució requereix una matèria primera adient, però també necessita d'un llarg temps per a donar lloc a química complexa. La història de la Terra, d'altra banda, és la història de l'univers mateix, de com fa 13.700 milions d'anys es va originar la matèria que coneixem, i

com a través del temps astronòmic s'ha anat organitzant en estrelles, planetes, compostos químics complexos, molècules que es repliquen, metabolismes i organismes. Tenim fortes evidències que aquests processos han tingut lloc tant al nostre Sistema Solar com arreu de l'univers, així que comencem estudiant el que tenim a prop i intentem extrapolar el coneixement als sistemes planetaris als quals, de moment, no podem accedir més que indirectament.

Fa cinc mil milions d'anys, la Terra que avui habitem era un ardent i informe conglomerat de roques foses, gas i pols, una petita part del disc de matèria que estava formant el nostre Sistema Solar. Uns cinc-cents milions d'anys més tard, ja diferenciada de la resta de planetes, l'activitat volcànica era intensa i la superfície es trobava sotmesa a un bombardeig constant pels fragments de matèria remanent. Era una Terra hostil a qualsevol intent d'organització química, i així es va mantenir, creiem, durant cinc-cents milions d'anys més. Tanmateix, avui debatem en quin precís moment les primeres cèl·lules van deixar la seva empremta fòssil a les roques

més antigues. Sabem que va ser almenys fa 3.500 milions d'anys, potser fins i tot 3.800. La conclusió que se'n deriva és clara: un cop la temperatura de la superfície terrestre havia baixat prou per permetre que certes molècules complexes fossin estables i l'aigua líquida esdevingué un element comú, la vida va aparèixer i ràpidament va colonitzar el planeta. Aparentment, el pas de matèria inerta a matèria viva es va produir en uns pocs centenars de milions d'anys, en una forma o formes que encara no hem descobert ni imaginat. És ben possible que la Terra no fos l'únic món on s'han dut a terme aquestes transformacions.

Les primeres cèl·lules que van aparèixer són les que anomenem procariotes, cèl·lules sense nucli que en l'actualitat es classifiquen en els dominis *Bacteria* (eubacteris) i *Archaea* (arqueobacteris). Quasi amb certesa, la

«LA TROBALLA  
D'ORGANISMES  
EXTREMÒFILS HA  
ESFONDRAT LA NOSTRA  
CONCEPCIÓ DEL MEDI QUE  
ÉS HABITABLE, I HA OBLIGAT  
A REPLANTEJAR QUINS  
SÓN ELS REQUERIMENTS  
AMBIENTALS MÍNIMS QUE LA  
VIDA NECESSITA»

vida va començar a l'aigua líquida, potser en una zona de costa o aigües somes, o potser en una regió càlida del fons oceànic. Hi ha indicis que la vida pot haver tingut un origen termòfil o hipertermòfil, és a dir, que les primeres cèl·lules es van formar en ambients notablement càlids. Tot i que no hi ha acord sobre aquesta possibilitat, s'han trobat fòssils d'organismes hipertermòfils de 3.200 milions d'anys d'edat, el que avala si més no una aparició primerenca. En l'actualitat s'investiga els diversos ecosistemes i la varietat de reaccions químiques que poden tenir lloc en el fons oceànic, una regió on s'ha trobat una gran quantitat d'organismes adaptats a altes temperatures.

## ■ VIDA EXTREMA

En les darreres dècades del segle xx hem estat testimonis del descobriment i la caracterització de formes de vida excepcionals: els organismes extremòfils. La major part pertanyen al domini *Archaea*, tot i que també coneixem força eubacteris i fins i tot alguns animals capaços de viure en el que, des del nostre punt de vista antropocèntric, anomenem condicions extremes. Alguns extremòfils suporten l'alta pressió de les fosses oceàniques, el fred permanent dels deserts de gel o la sequera de les regions més àrides de la Terra. Aquestes troballes han esfondrat la nostra concepció del medi que és habitable i han obligat a replantejar quins són els requeriments ambientals mínims que la vida necessita.

De fet, aigua líquida, nutrients i una font d'energia en són prou. Els organismes psicròfils creixen en minúsculs grans de pols atrapats al gel, al voltant dels quals hi ha petites quantitats d'aigua líquida. Alguns hipertermòfils habiten les proximitats de xemeneies submarines, llocs on la calor de l'interior de la Terra i l'alta pressió mantenen l'aigua líquida ben per sobre dels 100°C. El rang de temperatures que la vida tolera va des d'uns -20 °C fins als 120°C, i creiem que aquest interval no és definitiu. A la superfície, els termòfils donen color a les zones d'aigües termals, on al fang en ebullició s'uneixen compostos de sofre que són la seva font d'energia: la imatge més característica d'aquestes regions, sovint espectaculars, està representada pel Grand Prismatic Spring del Parc Nacional de Yellowstone. Els microorganismes halòfils necessiten altes concentracions de sals a l'aigua i resisteixen la dessecació. Ells són responsables del color rosat que



**Mons de gel: l'Antàrtida.** Així és la platja de la badia Almirallat a l'illa del Rei Jordi (illes Shetland del sud, Antàrtida). El color vermellós és degut a la presència d'hidroxids de ferro que provenen del continent. L'aigua és àcida i el fred intens, però aquí hi viu una notable diversitat d'organismes extremòfils que utilitzen certes formes de ferro com a font d'energia.

**«MART ENS HA FASCINAT  
DES QUE ELS PRIMERS  
TELESCOPIS VAN PERMETRE  
QUE FOS IDENTIFICAT  
COM UN PLANETA AMB LA  
DIVERSITAT SUPERFICIAL  
QUE ABANS S'HAVIA  
RECONEGUT A LA TERRA  
I A LA LLUNA»**

veiem en moltes salines. Altres microorganismes s'han adaptat a una dosi de radiació milers de vegades superior a la letal per a un ésser humà.

La vida, a la fi, floreix en ambients àcids, semblants a rius de vinagre, i en llacs alcalins comparables a dissolucions de sabó. Fins i tot l'interior de les roques és ple de vida: existeix una biosfera càlida i profunda, amb una biomassa superior a la de totes les plantes i animals que viuen a la superfície terrestre. El subsòl és un dels ambients prioritaris en l'exploració d'altres mons, ja que protegeix eficientment de la radiació. Radiació, gravetat inferior a la terrestre i baixes temperatures són tres situacions habituals fora de la Terra. Però la vida que coneixem pot suportar grans variacions en totes elles.

## ■ MART, EL NOSTRE BESSÓ

Mart ens ha fascinat des que els primers telescopis van permetre que fos identificat com un planeta amb la diversitat superficial que abans s'havia reconegut a la Terra i a la Lluna. Mart és semblant en molts aspectes a la Terra, però mai no ha deixat de sorprendre'ns. La topografia marciana suggereix que fa milers de



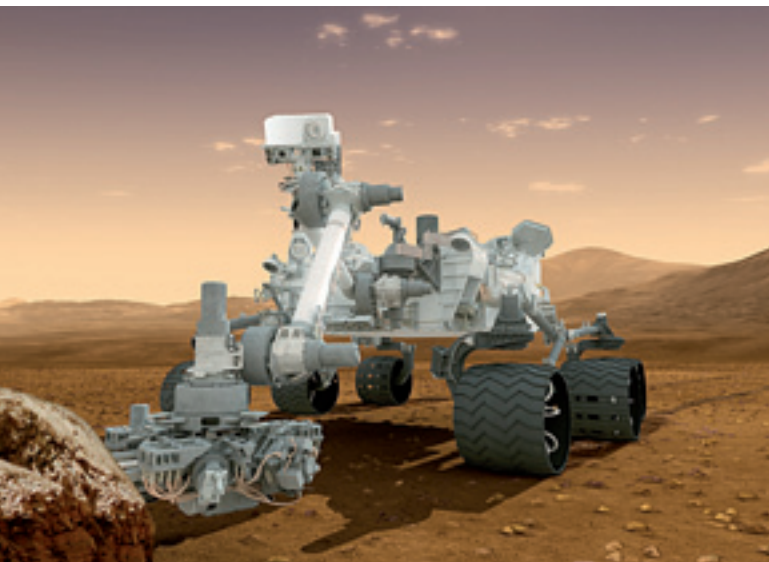
© NASA/JPL-Caltech



© Angeles Aguilera

milions d'anys, quan la seva atmosfera potser era més densa i el clima més càlid, el planeta podia haver estat parcialment cobert per un gran oceà en el seu hemisferi nord. Actualment Mart té una atmosfera tènue, composta en la major part per diòxid de carboni. La seva morfologia és espectacular: amb la meitat del radi de la Terra i menys d'un terç de la seva superfície, trobem a Mart la muntanya més alta del Sistema Solar (Olympus Mons, de 21 km d'alçada) i el canyó més profund i extens (Valles Marineris).

L'alternança de les estacions sumeix cadascun dels hemisferis en períodes de foscor que es perllonguen per mig any marcià, o un any terrestre, aproximadament. Quan la llum del sol no arriba a la superfície, aquesta es cobreix usualment per gel de CO<sub>2</sub>, el que vol dir que la temperatura es troba per sota dels -128 °C. Amb l'arribada de la primavera a cada hemisferi, la temperatura augmenta, el diòxid de carboni passa a la fase gasosa i una gran quantitat de gel d'aigua en forma de permafrost queda parcialment exposat a la superfície. Els models detallats del clima marcià prediuen que, en els períodes més càlids de l'any, la temperatura en alguns llocs supera els 0 °C. Mesures directes preses amb l'instrument THEMIS (*Thermal Emission Imaging System*) a bord de la nau *Mars Odyssey* indiquen que, fins i tot a altes latituds, la temperatura és prou elevada per permetre la presència d'aigua líquida durant algunes setmanes cada any. En aquestes



**Vehicle tot terreny Curiosity.** El 6 d'agost de 2012, el *Curiosity* es va posar al cràter Gale, 5° 24' S 137° 48' E. És el vehicle més gran que hem enviat fins ara a l'espai, pesa 400 kg i té una alçada de més de dos metres. Entre els seus instruments es troba la REMS (*Rover Environmental Monitoring Station*), desenvolupada al Centre d'Astrobiologia (INTA-CSIC). La pàgina de la NASA <[mars.jpl.nasa.gov/msl/](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/)> ofereix informació actualitzada sobre la missió.

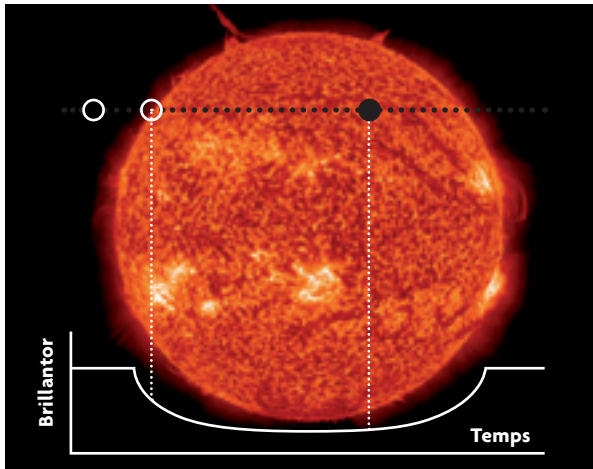
condicions no seria impossible que alguns organismes similars als terrestres poguessin sobreviure en aquests microclimes, alternant un estat de creixement i reproducció durant els breus períodes de bonança amb un estat letàrgic, inactiu, la resta de l'any.

En els darrers cinquanta anys hem enviat més de quaranta missions al planeta vermell i hem intentat uns quinze amartitzatges. L'última va deixar la Terra el novembre de 2011, i en aquests moments el rover *Curiosity* ja es desplaça per la superfície de Mart, on va aterrar el passat 6 d'agost. Aquesta missió ens proporcionarà una bona quantitat de dades sobre les condicions climàtiques de Mart, la seva geologia i habitabilitat, i establirà quins són els punts d'interès per a properes missions. Potser al llarg de la dècada vinent serem capaços d'enviar-hi una missió que torni a la Terra amb mostres del planeta, un requisit previ a considerar possibles missions tripulades. Aquestes, malauradament, no semblen viables fins la segona meitat del segle XXI, així doncs, de moment ens haurem de conformar amb la ficció.

#### ■ ELS SATÈL·LITS DE GEL JOVIANS

A mesura que ens allunyem de la Terra es fa progressivament més difícil obtenir informació completa sobre els cossos del nostre Sistema Solar. Un grup molt interessant i que actualment atrau l'atenció i els esforços dels investigadors és el format pels satèl·lits de gel de Júpiter. Europa, Ió, Ganimedes i Cal·listo van ser descoberts l'any 1610 per Galileo Galilei gràcies a un nou telescopi de 30 augmentos. Són les quatre llunes més grans del Sistema Solar.

Ió, el més proper a Júpiter, es veu afectat per forces de marea tan violentes que deformen la superfície del satèl·lit i el mantenen en contínua activitat volcànica. Cal·listo, el més llunyà, és també el menys afectat per l'escalfament que produeixen les forces de marea. Té un nucli sòlid i, probablement, un petit oceà sota una superfície complexa i molt crateritzada. Europa està totalment cobert de gel d'aigua. La superfície està en constant renovació, i sota aquesta hi ha un oceà actiu que cobreix tot el satèl·lit. No podem descartar que Europa sigui un món viu. Les enormes esquerdes de colors vermellosos i ocres que travessen la seva superfície semblen indicar la presència de compostos de carboni que emergeixen de l'interior. Els quatre satèl·lits galileans ens plantegen moltes preguntes i prometen, tal i com ha fet Mart a mesura que l'hem anat coneixent, descobrir-nos un ventall de nous processos geològics i químics, i qui sap si també biològics. Fa uns pocs mesos es va aprovar la missió JUICE (*JUpiter ICy moons Explorer*), que s'espera que estigui llesta per sortir cap



© NASA's Solar Dynamics Observatory spacecraft. Muntatge: S. Manrubia

**Mètode del trànsit per a la detecció de planetes extrasolars.** Quan un planeta passa pel davant de l'estel que orbita, produeix un descens en la quantitat de llum que ens arriba. Quan aquest canvi es pot detectar amb precisió suficient i és regular tenim fortes evidències que es tracta d'un planeta. Així es poden obtenir dades com el període orbital o el radi. La imatge correspon al trànsit de Venus del passat 5 de juny.

al sistema jovian l'any 2022. Hi arribarà després d'un viatge de més de set anys i, a partir del 2030, ens enviarà dades de qualitat sense precedents sobre l'atmosfera de Júpiter i sobre les condicions d'habitabilitat dels seus satèl·lits, especialment Cal·listo i Europa.

### ■ PLANETES EXTRASOLARS

Giordano Bruno va intuir que els estels havien de ser astres similars al Sol i, per tant, i segons el model heliocèntric de Nicolau Copèrnic –aleshores recent–, haurien de ser orbitats per mons com la Terra. Aquesta visió es va poder confirmar gairebé quatre-cents anys després que Bruno morís cremat a la foguera (l'any 1600), amb el descobriment incontrovertible del primer planeta extrasolar orbitant un estel de la seqüència principal. Era l'any 1995, i es tractava de 51 Pegasi b. Aquest planeta completa una òrbita al voltant de l'estel 51 Pegasi en quatre dies terrestres, té una temperatura a la superfície de més de mil graus celsius i una massa aproximadament igual a la meitat de Júpiter.

Des d'aquesta primera descoberta s'ha identificat un total de 777 planetes extrasolars (a 15 de juliol de 2012). La major part són de tipus Júpiter, més fàcils de detectar gràcies a la seva massa, i de moment només tenim un grapat d'exemples semblants a la Terra. Aquesta estadística esbiaixada es podrà corregir gràcies a nous avenços tecnològics i a missions dedicades a la cerca de

planetes de tipus Terra, com el telescopi Kepler. De tots els planetes identificats, trenta han estat fotografiats directament (els altres els coneixem a través dels seus efectes), i es creu que només quatre són potencialment habitables. Malgrat les esperances que tant la ciència-ficció com un coneixement insuficient de les dificultats que els viatges interestel·lars presenten ens han fet concebre, és impensable que aquests es puguin dur a terme amb la tecnologia actual. Hem de tenir en compte que calen més de set anys per arribar a Júpiter, un viatge que la llum fa en dues o tres hores. I 51 Pegasi b es troba a 50,9 anys-llum de nosaltres.

### ■ UN CAMÍ APASSIONANT

La fascinació per altres mons és certament molt antiga, però només en els darrers cinquanta anys hem començat a construir una imatge fidel de l'aspecte d'alguns d'ells i de la possibilitat que la vida existeixi en altres llocs de l'univers.

De moment, el nostre coneixement sobre els planetes extrasolars és massa escàs per determinar-ne l'habitabilitat. Però tenim l'exemple d'Europa i Mart, dos mons propers on alguns extremòfils terrestres podrien sobreviure fins i tot sense necessitat d'adaptacions addicionals. La vida és resistent, plàstica i imparabile: la simple supervivència d'una espècie implica la generació de variants que, no en

tenim dubte, són capaces de colonitzar ambients veïns. Només hem de donar-li temps. Els límits a l'adaptació els posa la nostra capacitat d'imaginar solucions creatives, precisament allò que l'evolució ha fet de forma tan eficient des que la vida és vida.

Tenim poques certeses, moltes preguntes i un munt de respostes incompletes: ens queda un apassionant camí per fer. ☺

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTÀRIA

- DAVIES, P., 2006. *El quinto milagro. En busca de los orígenes de la vida*. Crítica. Barcelona.
- GIMÉNEZ-CAÑETE, Á. et al., (coord.), 2011. *Astrobiología. Sobre el origen y evolución de la Vida en el Universo*. CSIC. Madrid.
- GROSS, M., 2001. *Life on the Edge: Amazing Creatures Thriving in Extreme Environments*. Plenum Press. Nova York.
- LUQUE, B. i Á. MÁRQUEZ, 2004. *Marte y vida: ciencia y ficción*. Equipo Sirius. Madrid.
- NEAL IRWIN, L. i D. SCHULZE-MARUCH, 2010. *Cosmic Biology: How Life Could Evolve on Other Worlds*. Springer. Nova York, Dordrecht, Heidelberg, Londres.
- YAGOUB, T., 2011. *Exoplanets and Alien Solar Systems*. New Earth Labs. Baltimore.

**Susanna C. Manrubia.** Cap del Grup de Sistemes Evolutius, Centre d'Astrobiologia (INTA-CSIC). Madrid.