

---

# ELS MATERIALS PRIMIGENIS I

---

## L'EVOLUCIÓ PRE-BIÒTICA (I III)

---

Alfred Giner-Sorolla

Estudiant l'aparició de la vida a la Terra, es debat un problema: com es va passar d'unes molècules relativament simples a unes substàncies més complexes i a les cèl.lules dels primers organismes de fa 3.800 milions d'anys.

Hem discutit fins ara la síntesi pre-biòtica de monòmers, molècules relativament simples, que són els maons en la formació de substàncies més complexes; aquestes comprenen els oligòmers dels aminoàcids o de nucleòtids; les condicions perquè es formin són més restringides a causa, d'una part, de la dilució, cosa que es produeix en una reduïda freqüència d'interacció que donaria lloc a l'oligòmer a partir d'un monòmer, i d'una altra, de la fragilitat dels productes formats. Es presenta, així, la necessitat d'un element protector i accelerador dels processos que trobem en catalitzadors, bé orgànics, com els descrits per Oro (imidazols, cianamida) o bé inorgànics, argiles com la montmorillonita, que adsorbeixen substàncies biològiques com ara l'adenosina o la guanina, i interaccionen

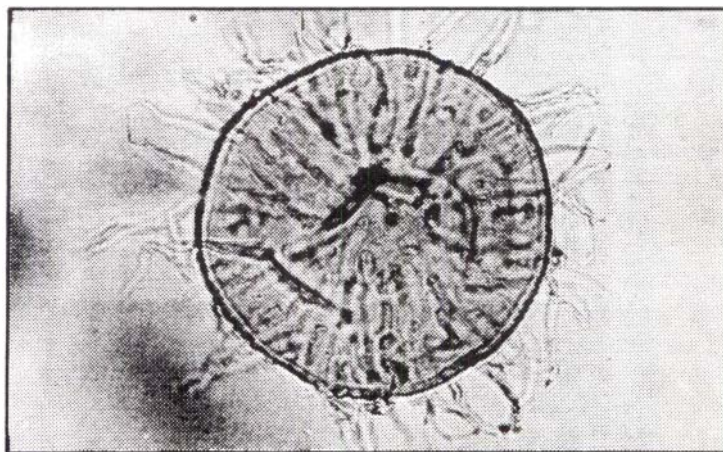
amb altres com els hidrats de carboni, àcids grassos, aminoàcids i proteïnes segons investigacions de diversos autors, entre ells, Steinman.<sup>30</sup> En tot cas, aquests catalitzadors han d'actuar: els orgànics, per una deshidratació selectiva, i els inorgànics, com a patrons per a l'alineació de monòmers formant polímers, i aquests, alhora, han de posseir la propietat de deslligar-se del patró. Una de les molècules més essencials per a la biopoesi és l'adenina, no tan sols perquè forma part dels àcids nucleics, sinó també d'enzims i per damunt de tot com a component de l'ATP, el trifosfat d'adenosina, el portador de l'energia en tots els éssers vius. El perquè l'adenina té aquest paper tan primordial, d'una part deu consistir en l'extremada facilitat de la seva síntesi pre-biòtica; d'una altra, pos-

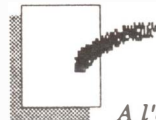
siblement la seva presència en major quantitat que altres bases en el "brou primordial" devia constituir el factor decisiu perquè aquestes reaccions fossin afavorides amb aquesta molècula. S'ha notat en aquest context la gran facilitat de certes síntesis pre-biòtiques i l'estabilitat de les molècules biogèniques que produeix; totes dues característiques van aparellades, paradoxalment, amb l'extrema fragilitat dels sistemes biològics.

A la qüestió crucial: "qui fou primer, els àcids nucleics o els enzims?", és a dir, ¿com poden formar-se àcids sense catalitzadors del tipus d'enzims com ocorre en la biologia molecular present, i com es pot sintetitzar un enzim sense la presència prèvia d'un àcid nucleic?,



*Microfòssil cambrià d'uns 400 milions d'anys, trobat en un jaciment de prop de Leningrad (URSS). Fins fa uns trenta anys la recerca d'organismes primitius s'aturava a la "barrera" del cambrià (uns 600 milions d'anys), és a dir, no es coneixien microfòssils gaire més antics que aquest.*





A l'esquerra, estructura quaternària d'una proteïna globular oligomèrica.

A la dreta i a baix, model de Watson-Crick de l'estructura del DNA.

Probablement, els enzims i els àcids nucleics es van originar en paral·lel.

la resposta ha de ser: tots dos sorgiren en paral·lel; els catalitzadors presents degueren actuar desenvolupant simultàniament aquesta síntesi, malgrat el grau d'implausibilitat que certs autors, entre ells Bernal,<sup>31</sup> expressen:

“La imatge d'una molècula solitària de DNA en una platja primitiva originant tota l'evolució de la vida, com ha estat proposat, conté un xic menys de plausibilitat que allò d'Adam i Eva al jardí edènic.”

S'ha tractat també de resoldre el problema de la formació de la membrana cel·lular per la seqüència descrita per Oró, segons el qual, començant per la síntesi del tipus Fischer-Tropsch, s'arriba a l'obtenció d'àcids grassos, i a la del formaldehid, monòmer fàcilment assequible, del qual deriva la glicerina. A partir d'aquesta, amb àcids grassos i amb la cianamida com a catalitzador en diversos estadis, s'arriba a components lípids més complexos, que formen part de la membrana cel·lular.

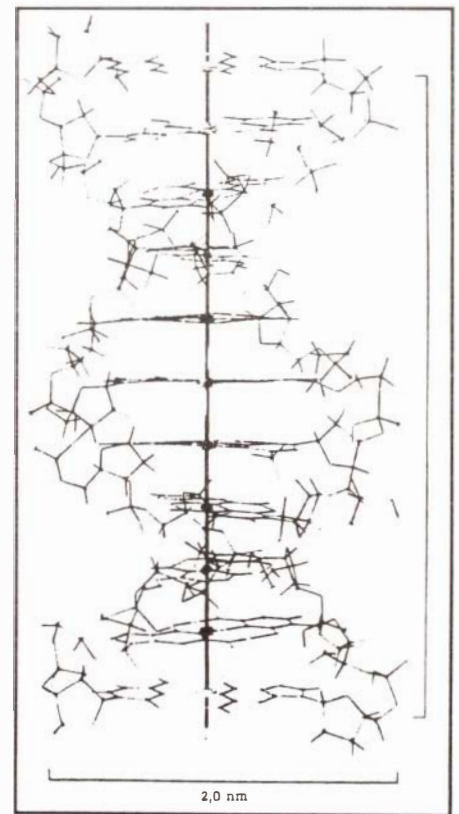
En tots els experiments pre-biòtics de simulació de l'atmosfera i condicions primitives per sintetitzar molècules biogèniques es produeixen constantment totes dues formes de substàncies òpti-

cament actives; és a dir, amb la configuració D i L; a excepció d'alguns casos especials en bacteris, totes les formes dels components dels éssers vius solament incorporen la forma L. S'han avançat diverses teories per explicar per què tan sols una forma d'isòmer òpticament actiu és present en els processos biològics. Es postula, per exemple, que cristalls asimètrics com ara el quarz, podrien actuar com a catalitzadors de superfície, juntament amb la polarització deguda a raigs còsmics o l'efecte Coriolis, resultant de la rotació de la Terra; la prevalença de la forma D sobre la L fóra deguda a una pura casualitat. Bé que al principi tots dos tipus devien coexistir, amb l'evolució un d'ells degué imposar-se per qualsevol dels efectes mencionats.

S'ha investigat intensament la manera de simular la formació de cèl·lules en un ambient pre-biòtic; hi apareixen dos models: el d'Oparrin amb els coacervats<sup>13</sup> i el de Sydney Fox amb els proteïnoids.<sup>28</sup> Diverses combinacions de polímers biològics originen coacervats, com, per exemple, proteïna i hidrat de carboni (histona i goma aràbiga), proteïna amb proteïna (histona i albúmina) i proteïna i àcid nucleic (histona o clupeïna amb DNA o RNA). És natural que aquest tipus de combinacions no puguin ser con-

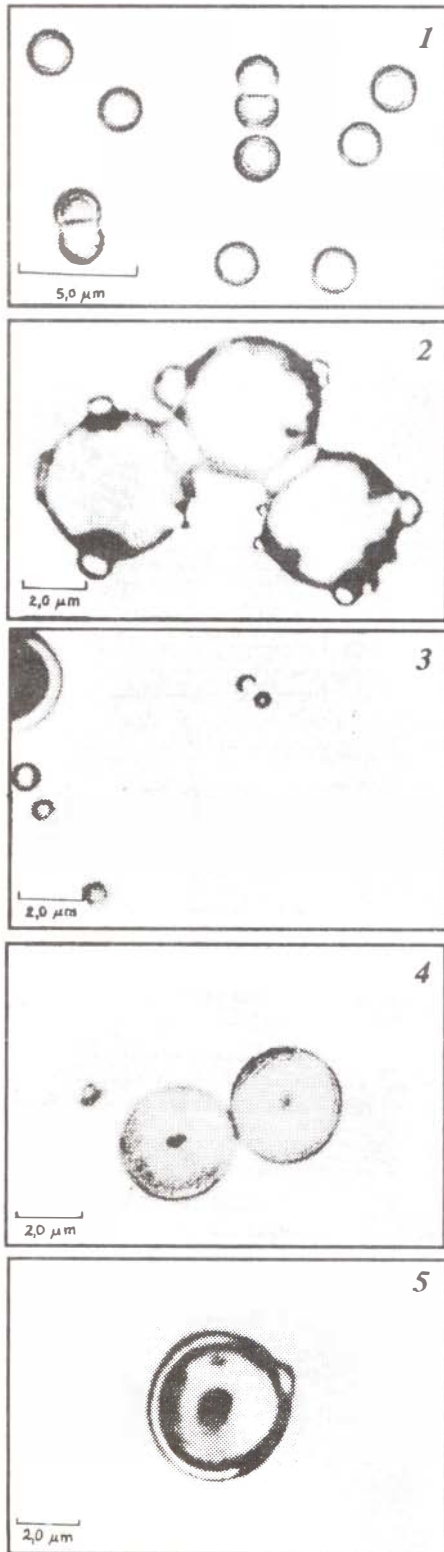
siderades com a protocèl·lules, pel fet d'utilitzar components complexos i ben allunyats dels que devien existir a la Terra primitiva. Els coacervats són petites esferes de pocs microns de diàmetre que semblen embolicades per una mena de membrana; s'hi han dut a terme diversos tipus d'experiments imitant els processos bioquímics de les cèl·lules presents, des de funcions metabòliques fins a divisió.

Els proteïnoids, ja descrits prèviament, tendeixen a formar esferes amb una estructura similar a la dels coacervats, i s'hi observen fenòmens similars als que ocorren en cèl·lules: formació de brots (com pseudopodis de certs microbis), presència d'una membrana, divisió en esferes filles i certes funcions bioquímiques. És una qüestió encara no resolta, de saber si tant els models dels coacervats com el dels proteïnoids serveixen per explicar el primer microorganisme com un “pont” dels polímers pre-biòtics. Els pròxims paràgrafs seran dedicats a descriure breument els microfòssils del pre-cambrià que constitueixen el límit inferior de la biopoesi.



## EL LÍMIT INFERIOR DE LA BIOPOESI: EL PRE-CAMBRIÀ

Els avenços experimentals de més rellevància que s'han efectuat en l'estudi de l'origen de la vida han estat les síntesis pre-biòtiques iniciades els anys cinquanta que inten-



ten d'explicar el procés de biopoesi, i el descobriment, els anys seixanta, de l'existència d'organismes en el pre-cambrià. No hi havia fins aleshores cap indicació que hi hagués formes de vida enllà de la "barrera" del cambrià, fa uns 600 milions d'anys; es creia, així, que la vida s'havia iniciat, d'una forma sobtada i explosiva, al període cambrià, a causa de la total absència de formes fòssils abans d'aquest temps. El panorama, però, canvià radicalment quan, els anys seixanta, uns grups de paleontòlegs, primer a Harvard i més tard a la Universitat de Califòrnia, anunciaren el descobriment sensacional de fòssils microscòpics en roques de sediments arcaics que es remuntaven al pre-cambrià. Aquesta era, que fins aleshores havia estat un "desert paleobiològic" es convertí en una època amb una diversitat de vida que abasta, per les dades més recents, roques del paleozoic, d'uns  $3,8 \times 10^9$  anys a diversos indrets del Canadà, Transvaal i dels Estats Units i que contenen microorganismes fòssils fins a formacions més joves, com a Austràlia. Es descobrí que formacions d'algues fòssils, estromatòlits, que es trobaven en roques d'uns  $3 \times 10^9$  anys d'edat, contenien diversos tipus de microorganismes fossilitzats. S'observà, fins i tot en algues unicel·lulars d'uns sediments amb uns  $10^9$  anys d'edat, la presència de nuclis i el fenomen de divisió cel·lular.



S.W. Fox considera que els proteïnoids són la clau per explicar com es van formar les cèl·lules. De dalt a baix: (1) microsfères de proteïnoids d'uns 1,9 microns de diàmetre, (2) brots sobre microsfères, (3) brots separats, (4) microsfères que han crescut a partir d'un brot central tenyit de negre; (5) microsfèra de segona generació amb un brot.

No tan sols s'han descobert en el pre-cambrià formes microscòpiques de vida, sinó que, a mitjan decenni dels seixanta, a Ediacara, Austràlia, es trobà tot un conjunt de flora i fauna de metazous i plantes marines que dataven d'uns 700 milions d'anys, evidència d'una connexió (*link*) entre els organismes cel·lulars pre-cambrians i la flora i fauna del cambrià.

Causa una certa estranyesa que aquesta "era de la vida microscòpica" que fou el pre-cambrià no fos descoberta sinó recentment, malgrat els progressos tan importants de la Paleontologia -com també de l'Astronomia- a les universitats nord-americanes des del final del segle XIX; les raons n'eren que les investigacions de microfòssils havien absorbit l'atenció dels paleontòlegs, a causa de la riquesa dels camps fossilífers de l'Oest Mitjà i de l'Oest dels EUA, i a més, de la manca de les eines apropiades per a altres investigacions. Fou amb la introducció de noves tècniques microscòpiques desenvolupades per a l'estudi de pol·len i espores fòssils, els anys cinquanta, que es procedí a l'estudi de sediments arcaics. No és que els paleontòlegs "badessin": eren ben conscients, hi tenien un gran interès a esbrinar com i quan es devia iniciar la vida; hi ensopegaven, com ha estat mencionat, amb la barrera del pre-cambrià. La situació canvià radicalment des del 1965 amb els paleontòlegs Barghoorn i Schopf,<sup>32</sup> quan, fent servir tècniques microscòpiques especialitzades, pogueren trencar la "barrera". Començant amb l'estudi dels estromatòlits, hem anat eixamplant les anàlisis, arreu del món i eixamplant constantment l'antiguitat de les troballes fins al límit actual dels  $3,8 \times 10^9$  anys per al pre-cambrià, i s'ha deixat doncs un interval de 700 milions d'anys per al període biopoiètic, formació de la vida a partir de la matèria inerta.

L'anàlisi dels sediments arcaics contenint microfòssils ha

revelat, per estudis de Calvin,<sup>33</sup> Schopf, Kvenvolden i Barghoorn,<sup>34</sup> la presència d'aminoàcids, hidrocarburs, porfirines i àcids grassos, és a dir "fòssils moleculars". Això suggereix una similitud dels processos bioquímics amb els dels organismes de l'actualitat i indica una continuïtat del procés evolutiu.

Per bé que aquestes troballes han omplert el gran espai, el "desert paleobiològic" del pre-cambrià, encara hi ha qüestions sense resposta com ara: si la vida existia fa 3.800 milions d'anys i no es troben formes intermèdies fòssilitzades o fòssils moleculars abans, ¿indica això que realment el període de biopoesi devia tenir lloc durant l'interval de 700 milions d'anys a partir de la formació de la Terra? Tenint en compte la impossibilitat de trobar formes fòssils de molècules o de protoorganismes, cal limitar-se a l'experimentació i a l'especulació. Si aquest camí pot conduir a resoldre la incògnita de com es formà el primer mi-

croorganisme, és una qüestió difícil de predir. I predir, com va exclamar Niels Bohr, "és una cosa summament difícil, sobretot quan es tracta del futur".

### ÉS ÚNICA A L'UNIVERS, LA VIDA A LA TERRA?

Fins ben endins del segle XX, es considerava que la nostra galàxia, la Via Làctia, comprenia tot el conjunt de l'univers; es creia que les "nebuloses" que existien arreu del firmament i que havien estat catalogades al segle XVIII per Messier, eren cossos de matèria difusa tots ells situats dins la Via Làctia. No fou fins el 1925 que Hubble,<sup>35</sup> utilitzant nous mètodes de mesurament de distàncies estel·lars, determinà que un d'aquests cossos difusos, la nebulosa Andròmeda, era una galàxia semblant en magnitud a la nostra Via Làctia, un "univers-illa", ben fora d'ella, a uns dos milions

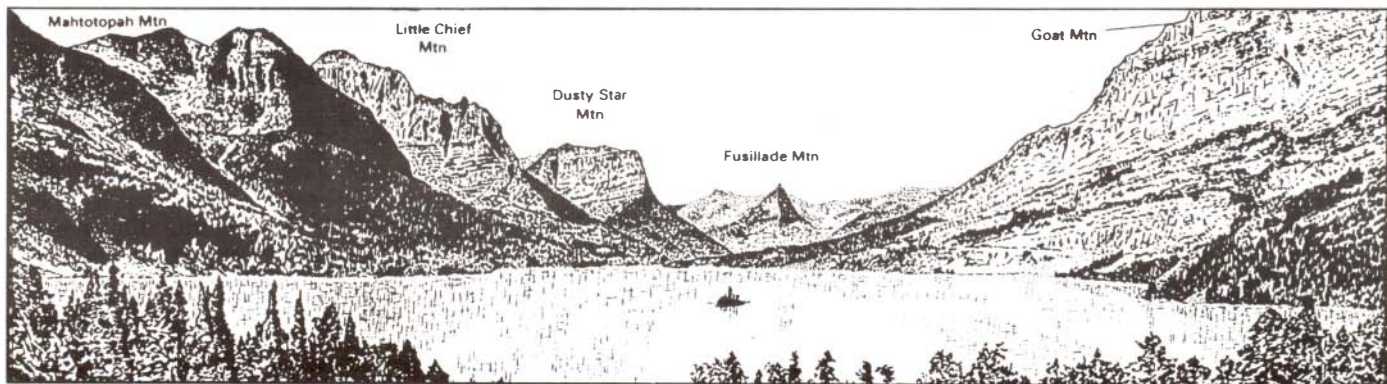
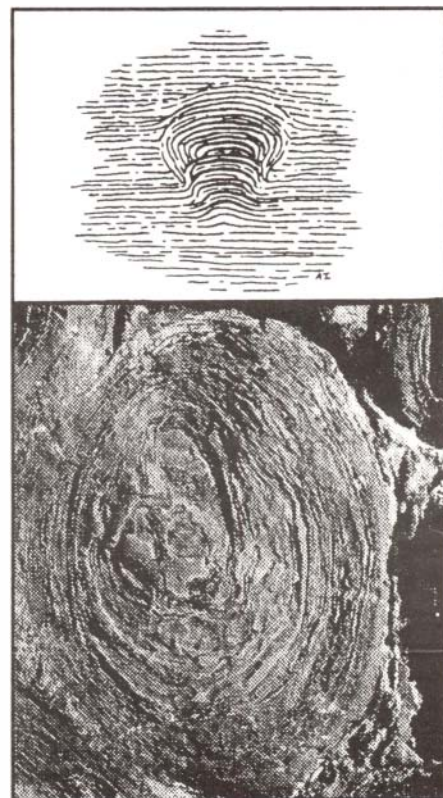
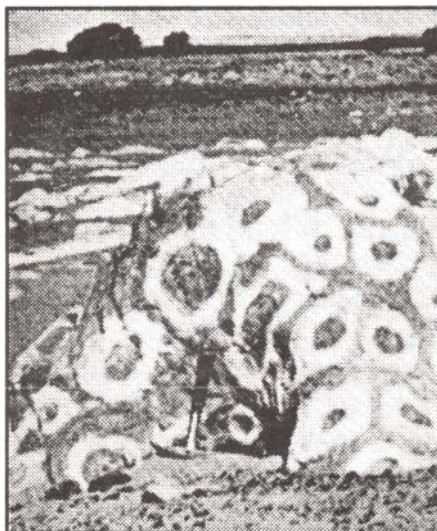
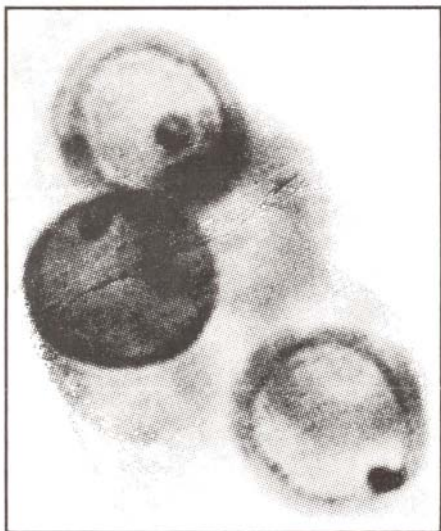


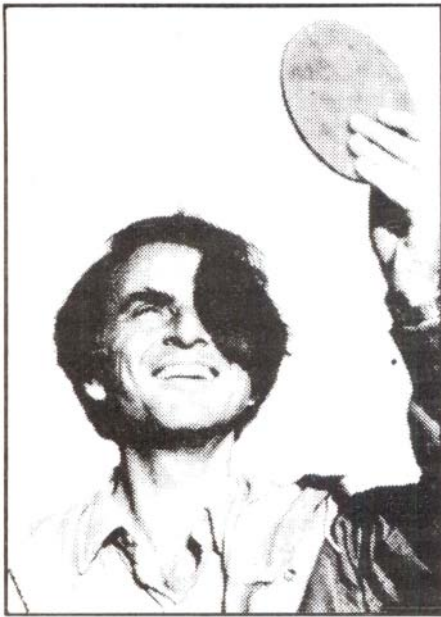
A l'esquerra microfossils de la formació Gunflint del llac Superior (Canadà) d'uns 2.700 milions d'anys (2.500 augments).

Al centre, roques pre-cambrianes del Sàhara central.

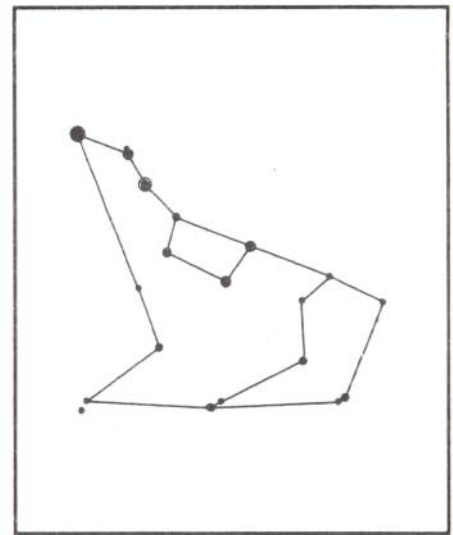
A la dreta, estromatòlits de la formació Siyeh del Glacier National Park (EUA-Canadà)

A baix, St. Mary Lake. La formació Siyeh s'estén per tota la base de les muntanyes de l'esquerra del llac.





A l'esquerra, l'astrònom nord-americà Carl Sagan. A la dreta, constel·lació de l'Ossa Major. Els anys vint els soviètics van planejar la manera d'enviar un senyal intel·ligible per als habitants d'un altre món encenent set grans fogueres que reproduïssin la configuració de l'Ossa Major.



d'anys de llum de distància. Hubble, així, pot ser considerat un nou Galileo pel fet d'haver romput l'esfera d'un univers reduït a la nostra galàxia. A aquest descobriment seguien el de nombroses galàxies llunyanes tot a mesura que es disposava de millors instruments òptics; el mateix Hubble<sup>35</sup> observà que les galàxies, com més llunyanes eren, posseïen una major velocitat que les feia distanciar-se les unes de les altres. Això donà lloc a la troballa de l'expansió universal i a les teories cosmològiques basades en el "gran esclat" com a inici de la creació de l'univers.

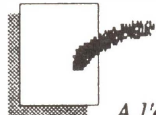
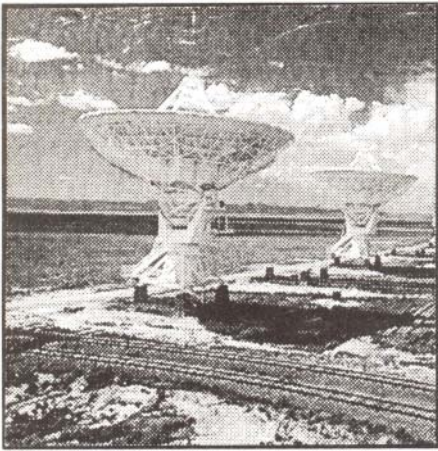
Essent l'univers tan immens i mostrant una unitat tant de materials com de fonts d'energia i dinàmica, ¿podem concebre que l'evolució còsmica, de l'àtom primordial a la formació de galàxies i de sistemes solars, arribant a l'evolució química, biològica i cultural -a més de la tecnològica- tan sols s'esdevingués a la nostra Terra? Aquesta possibilitat que la vida s'hagi originat en altres mons de forma similar a la de la Terra divideix l'opinió dels científics en dues bandes: els que -com Hopkins- creuen que la vida és un fenomen únic i el més extraordinari en la història de l'univers i que tan sols es dona a la Terra, i la tendència oposada, com l'expressada per l'astrònom Sagan,<sup>36</sup> que es-

tima el nombre de planetes que poden mostrar vida a la nostra galàxia, en un milió; si considerem que s'han comptat aproximadament més de  $10^{11}$  galàxies a l'univers observat fins ara, resulta un total de  $10^{17}$  planetes amb possibilitat de vida arreu de l'univers, càlcul que no es desvia sinó d'una unitat logarítmica del total calculat amb la suposició que tan sols 1 de cada  $10^9$  estels conté planetes amb possibilitat de suportar vida.<sup>37</sup>

Les condicions per a l'origen i manteniment de la vida similars a les que es donen a la Terra, poden molt bé existir en altres sistemes solars; creure el contrari és simplement un cas de xovinisme geocèntric. Podem considerar com a condicions perquè la vida aparegui en un planeta que: 1) aquest estigui situat en un sistema solar on l'estel central es trobi en fase de desenvolupament estable i prolongat, de 8.000-10.000 milions d'anys, per possibilitar l'aparició del procés de biopoesi; 2) el planeta en qüestió ha de ser a una distància del sol que comporti una quantitat de radiació i temperatura que permetin l'origen i desenvolupament de les reaccions biopoètiques; 3) l'òrbita del planeta a l'entorn del sol ha de ser quasi circular; si fos el·líptica amb excentricitat elevada s'hi produirien canvis bruscs de temperatura, desfavorables per a l'existència de la vida; 4) el planeta ha de contenir

una atmosfera reductora i amb el líquid vector de reaccions biopoètiques, l'aigua. En tot el sistema solar, tan sols la Terra té aquestes condicions; aquestes, juntament amb la presència de carboni en l'atmosfera, com a possible dipòsit de cossos espacials (meteorits, cometes), converteixen la vida en un fenomen inevitable i que sorgeix en qualsevol lloc on es presenten les condicions esmentades.

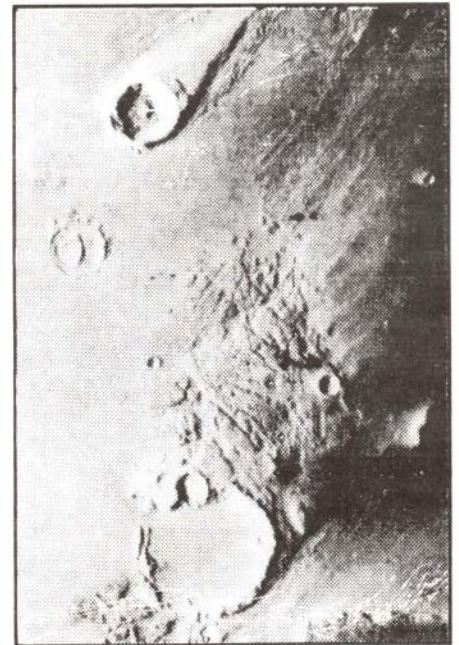
La possibilitat d'existència de vida en altres mons amb civilitzacions tecnològiques similars o superiors a la nostra és un tema ben apassionant. Com es pot arribar a saber si existeixen? Des de fa molt s'ha debatut aquesta qüestió; així s'han estudiat diversos sistemes per comunicar amb altres mons, des del que fou ideat per la Unió Soviètica els anys vint i que consistia a plantar set grans fogueres a Sibèria, molt distanciadades entre elles i reproduint la configuració de l'Ossa Major, per tal de veure si a Mart -que aleshores es creia habitat- podrien respondre amb un dispositiu similar. Més recentment també ha sorgit un projecte amb un mètode curiós, el de Von Neumann<sup>38</sup> d'enviar amb un vehicle espacial un gran rètol d'uns mil quilòmetres de llargària amb l'anunci *drink Coca-Cola*, cercant altres planetes enllà del sistema solar... A part d'aquests i molts altres sistemes més o menys fantàstics i



A l'esquerra, radiotelescopis que es desplacen sobre vies de tren, a New Mexico (EUA).  
A la dreta, "illes" en forma de llàgrima a Mart, originades per antics torrents. Llavors, ¿ hi va haver doncs condicions favorables per a la vida a Mart?  
A baix, reconstrucció d'un fons marí de fa 700 milions d'anys, a partir de les troballes que es van fer a Ediacara (Austràlia).

A la pàgina següent i a dalt, la Terra vista des del Viking I.

A baix, A. Giner-Sorolla durant l'entrevista que (ciència) li va fer en 1983.



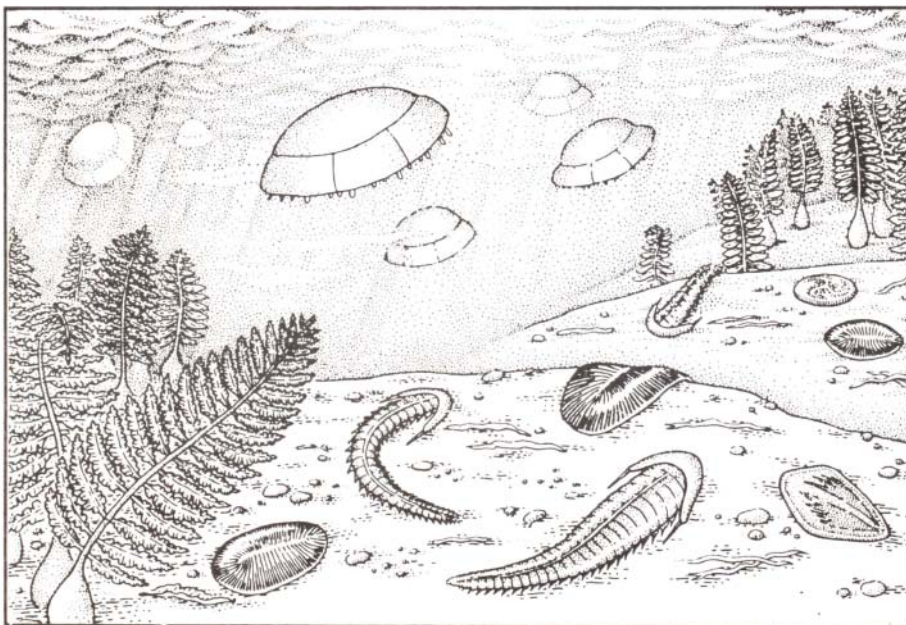
anecdòtics, existeixen dues possibilitats raonables d'establir contacte amb altres civilitzacions: per captació de missatges de ràdio, i mitjançant vehicles interstel.lars. S'ha intentat, en diversos projectes, tant l'un sistema com l'altre, sense cap resultat, fins ara, que denoti l'existència d'altres mons habitats.

La vida sorgí a la Terra, o procedeix d'un altre indret de l'univers? Els partidaris de la panspèrmia en les diverses formes actuals prediquen que un procés tan complex com és el salt de la matèria inerta a la viva, no és possible que es realitzés, segons ells, en un període tan reduït com el que va des de la formació del planeta fa 4.500 milions d'anys fins a l'aparició del primer microfossil i de fòssils moleculars, fa 3.800 milions d'anys. Així ho

creuen investigadors com Shaw, Brooks<sup>39</sup> i Hoyle,<sup>8</sup> entre altres. Argumenten que, per consideracions de termodinàmica, la possibilitat de formar-se un microorganisme amb la complexitat que mostra la cèl.lula, requeriria un període de biopoesi molt més prolongat, unes 10 vegades més, que el proposat per a la biopoesi terràquïa. Per a això caldria la presència d'un estel amb un període de radiació estable molt més prolongat que el del Sol; en tals condicions es podria arribar a l'aparició d'un microorganisme autotoreplorable. Per explicar l'existència de vida a la Terra, aquests

autors recorren a la panspèrmia còsmica en forma d'espores transportades a la Terra per radiació o bé, essent aquesta forma de transport i possible evolució ben improbable, recorren a la visita d'uns OVNI's, que degueren deixar gèrmens dels quals s'inicià el procés biopoètic, i per a final, consideren que el primer microorganisme fou originat, per un mecanisme "desconegut", en altres mons i que -per un sistema que no poden explicar- fou tramès a la Terra.<sup>39</sup> Això no és sinó una admissió de creacionisme.

Contra aquesta tesi, els partidaris d'un origen autòcton de la vida -que són la gran majoria dels científics d'aquesta especialitat- consideren que les reaccions orgàniques posseeixen una gran tendència a formar compostos de major complexitat que els de partença, a causa de l'extraordinària plasticitat de l'àtom de carboni. La gran diversitat d'experiments de síntesi orgànica en condicions pre-biòtiques i que han duplicat virtualment tots els materials biogènics, demostren la plausibilitat d'un origen autòcton de la biopoesi. Per a proponents de l'evolució química a la Terra, com Oro i Kenyon, n'hi hauria prou amb un període d'uns milers d'anys, a la Terra primitiva, per donar lloc al primer organisme; ho afirmen ba-

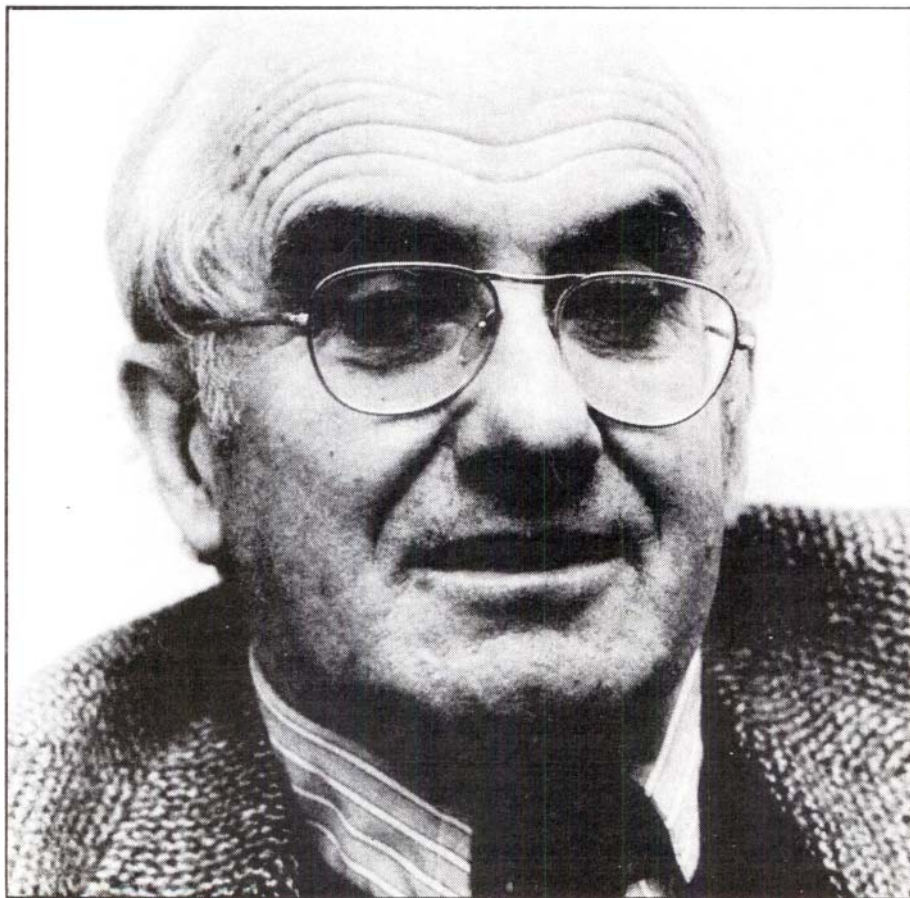




sant-se en experiments de polimerització de cianur d'hidrogen per produir proteïnes. Cal recordar la facilitat amb què el mateix compost es transforma en adenina, component bàsic dels àcids nucleics. És ben raonable de considerar, com ho ha fet Joan Oró, que en un primer estadi les reaccions biopoètiques són molt ràpides, d'uns pocs segons o, com a màxim, hores, i que el segon estadi d'agregació de molècules biogèniques, que requereix una

selecció, exigiria un gran nombre d'intents, un temps més prolongat, d'uns pocs anys -ben distant de la xifra de milers de milions que postulen els partidaris de la panspèrmia còsmica.<sup>40</sup>

Hem esmentat el subterfugi en què es basa la teoria de la panspèrmia còsmica, eludint la resposta a com es formà la primera cèl·lula en termes de l'ambient terraqüi; tan sols cobraria un cert grau de credibilitat si es trobés, per exploracions amb vehicles interstel·lars, o per la caiguda d'un meteorit contenint microorganismes viables, l'existència de vida en altres mons. Com se sap, les exploracions tant de la Lluna com de Mart i de Venus, amb proves espacials, no han proporcionat cap resultat quant a la presència de materials que podrien indicar l'existència d'organismes. A falta d'aquesta validació, hem de concloure que, per ara, la teoria de l'evolució química és la més plausible com a explicació per a l'origen de la vida a la Terra. ■



### Alfred Giner-Sorolla

és professor del departament de Farmacologia en el College of Medicine, Universitat de South Florida, a Tampa (EUA).

### REFERÈNCIES

8. Hoyle, F.: *Astrophys. Space Sci.* 66, 77, 1979.
13. Oparin, A. I.: *The origin of life on the earth.* Academic, Nova York, 1957.
28. Fox, S. W.; Dose, K.: *Molecular evolution and the origin of life.* San Francisco, 1972.
30. Steinman, G.: *Steinman. Science*, 154, 1344, 1966.
31. Bernal, J. D.: citat per R. E. Dickerson, *Scientific Amer.* 239, (9), 70, 1978.
32. Barghoorn, E. S.; Meinschein, W. G. i Schopf, J. W.: *Science*, 148, 461, 1965.
33. Burlingame, A. L.; Haug, P.; Belsky, T. i Calvin, M.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 54, 1406, 1965.
34. Schopf, J. W.; Kvenvolden, K. A. i Barghoorn, E. S.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 59, 639, 1968.
35. Hubble, E.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 15, 169, 1929.
36. Shivoskii, I. S. i Sagan, C.: *Intelligent life in the universe.* Holden-Day, San Francisco, p. 409, 1966.
37. Giner-Sorolla, A.: *Un nou Gènesi.* Edicions 62, Barcelona, p. 58, 1983.
38. Von Neumann, J. *Seti: The Search for Extraterrestrial Intelligence.* NASA, Washington, D.C., 1977.
39. Brooks, J. i Shaw, G.: *Origin and development of living systems.* Academic, Londres, p. 354, 1973.
40. Oró, J.: comunicació personal.

*Aquest article és una comunicació presentada a la V Trobada sobre Recerca Experimental en Física i Química en el camp de la Ciència de Materials. Ha estat editada al Butlletí de les Societats Catalanes de Física, Química, Matemàtiques i Tecnologia, IEC, Barcelona, novembre 1989.*