

LA STORIA PERFETTA

Dalla formazione della Terra alla nostra specie: quattro miliardi e mezzo di anni. Nel disegno: le tappe principali segnate dalla comparsa di diverse forme di vita e le ere geologiche (i diversi colori) nelle quali sono avvenute.

Mda: milioni di anni

Siamo tutti FIGLI DI LUCA

Un organismo vissuto tre miliardi e mezzo di anni fa. Progenitore unico di piante, animali. E uomini. I biologi riscrivono l'origine della vita

DI GIOVANNI SABATO

**3500 MdA
LUCA
l'antenato
comune**

La scena si sposta indietro. E si fissa sui primi sedimenti fossili di microrganismi vissuti 3,5 miliardi di anni fa; a indicare che la vita è comparsa appena è stato materialmente possibile, quando quell'oceano di magma incandescente che era la Terra neonata si è raffreddato in rocce solide e mari. Da quel momento in poi il nostro pianeta è stato popolato dai esseri viventi. Ed ecco la sorpresa: tutti

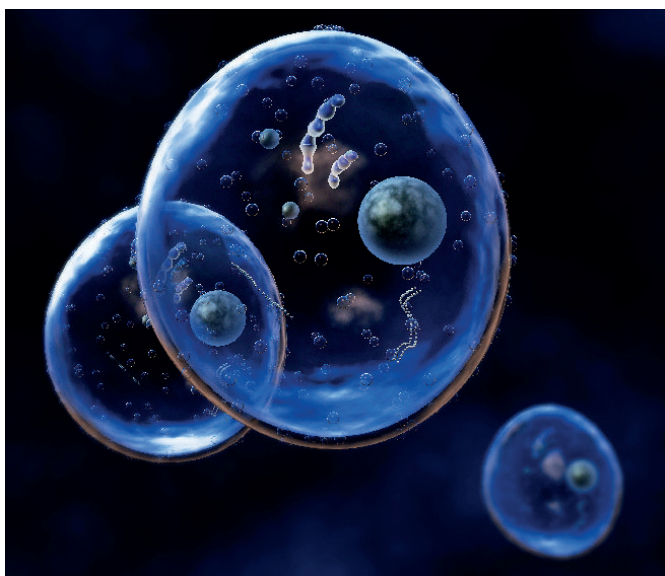
fratelli. Non solo noi umani ma anche gatti e farfalle, funghi e gerani, muschi e batteri. Le somiglianze di fondo fra i viventi mostrano che discendiamo tutti da uno stesso, misterioso progenitore vissuto nella notte dei tempi, che dall'acronimo inglese ha preso il buffo nome di Luca (Last Universal Common Ancestor, l'ultimo antenato comune universale).

Chi era Luca e cosa scorre di lui nel nostro sangue? Per dargli un volto e una storia gli scienziati avanzano su due fronti: dalle origini in avanti, per ricostruire come da un miscuglio di composti chimici siano scaturite le cellule; e a ritroso dal presente, scandagliando fra i geni e i metabolismi degli organismi odierni per figurarsi come era fatto Luca.

Il tema è di una straordinaria complessità, e ci vuole un po' di pazienza. Ma stando a sentire gli uomini e le donne che cercano l'origine della vita si scopre la più sorprendente delle storie. Eccola.

FORMIDABILE QUELL'ANNO

Per la biologia il 1953 fu un anno memorabile. Mentre Watson e Crick svelavano al mondo la doppia elica del Dna, e Frederick Sanger decifrava per la prima volta com'è fatta una proteina (l'insulina), il giovane chimico Stanley Miller bom- ▶



Infografica Giacomo De Paolis
Foto: 3dMedical.com/Corbis

ILLUSTRAZIONE DELLA VITA DI UNA CELLULA. A FIANCO: LE TAPPE CLOU DELLA VITA SULLA TERRA

bardava con potenti scariche elettriche un'ampolla piena di vapore acqueo, idrogeno, metano e ammoniaca. E da questo miscuglio di gas, che simulava l'atmosfera primordiale solcata dai fulmini, vide formarsi gli aminoacidi che compongono le proteine, e altre molecole tipiche dei viventi. Per la prima volta si vedeva come, con ordinari processi chimici, la materia inanimata poteva generare i mattoni della vita.

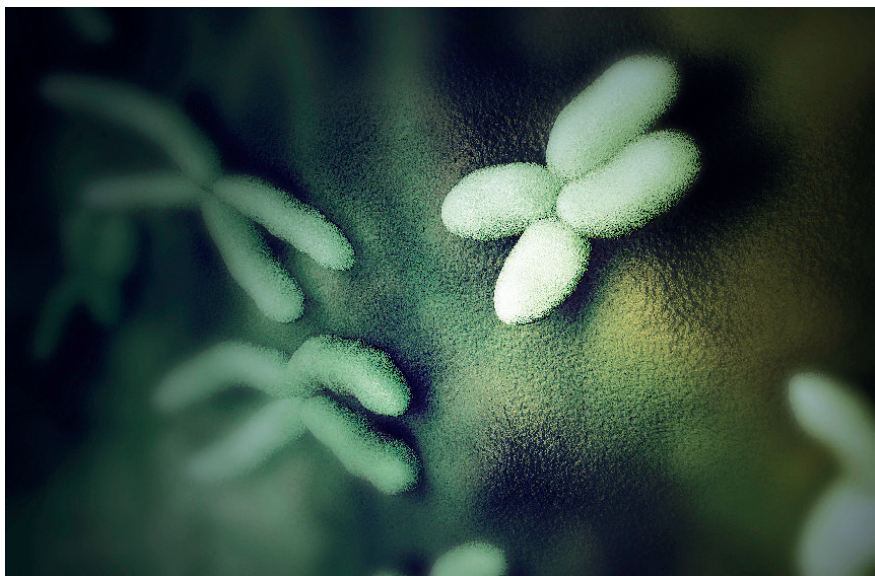
Per quanta eccitazione abbia suscitato Miller, fabbricare i mattoni sembra a noi la parte facile del mistero della vita. Oggi si sospetta che i gas dell'atmosfera primordiale non fossero quelli immaginati all'epoca, ma gli aminoacidi e altre molecole si producono anche in condizioni diverse. E ne piovono a iosa con le 40 mila tonnellate di polvere cosmica che ogni anno precipita a Terra, perché anche lo spazio ne è ricco. Pur con molti dettagli ancora da chiarire, insomma, questo non appare più un ostacolo insormontabile.

«Il grande nodo resta come si sono messi insieme: come dai mattoni si è fatto l'edificio» osserva Pier Luigi Luisi, docente al Politecnico Federale di Zurigo e all'Università di Roma Tre, e autore di «Sull'origine della vita e dalla biodiversità» (Mondadori, 2013). La vita funziona con molecole grandi e complesse: il Dna che contiene le istruzioni genetiche, l'Rna che le trasporta nella cellula, dove vengono lette per fare le proteine, artefici delle funzioni più varie.

Solo molecole così complicate riescono a controllare le delicate operazioni che ci tengono in vita: migliaia di sostanze chimiche si legano all'ossigeno, ma poi se lo tengono stretto; solo l'emoglobina del sangue è capace di accaparrarlo con forza nei polmoni e liberarlo con facilità nei muscoli, nel fegato o nel cervello. Il problema allora è quello dell'uovo e della gallina: oggi la cellula si fabbrica da sé i propri componenti, ma quando le cellule non c'erano, come hanno fatto le prime proteine, Dna o Rna a crearsi e a moltiplicarsi?

RNA, CHI ERA COSTUI?

Un'osservazione cruciale è quella dell'autorganizzazione: varie molecole possono assemblarsi spontaneamente in strutture più complesse. Alcuni grassi nell'acqua si aggregano fra loro formando bollicine cave, simili alla membrana che racchiude ogni cellula. Queste vescicole, inglobando le altre molecole che si stavano accumulando, possono quindi aver creato



Qualcosa piove dallo spazio

La scoperta di innumerevoli pianeti fuori dal sistema solare, alcuni forse ospitali per forme viventi, sta riaccendendo l'interesse sulla vita extraterrestre e con esso il dibattito sulla panspermia: la teoria che la vita sia sorta nello spazio e giunta sulla Terra sotto forma di microbi o di spore, presumibilmente a cavallo di meteoriti precipitati sul nostro pianeta.

Il cosmo è ricco di acqua e anidride carbonica, gli ingredienti primari per la vita, e in comete e asteroidi sono state trovate molecole organiche uguali a quelle terrestri. Non è quindi implausibile che, se ci sono altri ambienti ospitali, la vita sia sorta anche lì. E diversi microbi si sono mostrati in grado di resistere alle radiazioni e alle altre asprezze dei viaggi spaziali, perlomeno nel sistema solare. L'ipotesi, secondo i sostenitori, moltiplicherebbe le occasioni e il tempo a disposizione per la nascita della vita. Inoltre, alcune delle reazioni che si immagina abbiano prodotto i mattoni della vita potrebbero avvenire più facilmente fuori dal nostro pianeta, per esempio nelle condizioni in cui era anticamente Marte.

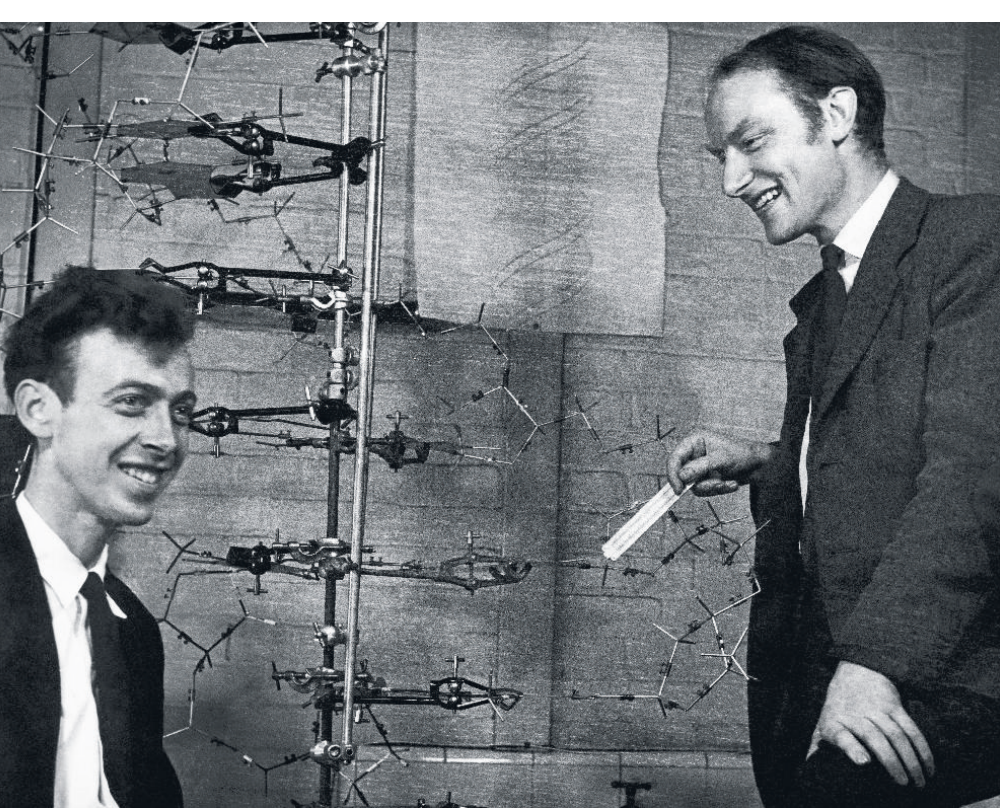
Molti ricercatori, però, faticano ad appassionarsi all'ipotesi. Di certo affascinante sul piano filosofico, ma inconcludente da un punto di vista scientifico: spostare il problema in posti sconosciuti e sotto condizioni sconosciute non ci aiuta a risolverlo.

le prime protocellule, primitive simil-cellule capaci di realizzare, pur in modo impreciso, alcune funzioni basilari, prima fra tutte quella di duplicarsi.

«In passato abbiamo prodotto vescicole capaci di replicarsi sotto l'azione di normali forze ambientali, mostrando come le protocellule potevano duplicarsi pur in assenza di un macchinario biochimico complesso, e ora abbiamo trovato vescicole che si duplicano sotto il controllo di semplici reazioni chimiche interne, mostrando quindi una via in cui una protocellula può aver acquisito il controllo della propria proliferazione» spiegava nel 2012

su "Pnas" il premio Nobel Jack Szostak, del Massachusetts General Hospital di Boston

Un'altra scoperta che ha cambiato le carte in tavola è che l'Rna, prima ritenuto una sorta di vassallo del Dna, ha in realtà capacità strabilianti: non solo contiene l'informazione genetica, come il Dna, ma sa anche catalizzare reazioni chimiche, come quelle che portano alla formazione delle proteine. Di qui l'ipotesi di un mondo regolato dall'Rna che ha preceduto quello odierno. Con l'evoluzione, la vita semplice delle reazioni regolate dall'Rna avrebbe poi ceduto il passo al nostro mondo governato dalle performance del Dna. L'ipotesi



JAMES WATSON E FRANCIS CRICK (NELLA FOTO SULLA DESTRA) COL PRIMO MODELLO DELLA DOPPIA ELICA DEL DNA. A FIANCO: RAPPRESENTAZIONE DEI CROMOSOMI

per cercare quei tratti comuni a tutti, probabile eredità del genoma originario.

Il ritratto che emerge, secondo i più, è di un microrganismo non troppo primitivo, che forse sarebbe difficile distinguere dai batteri odierni. L'antenato comune quindi è giunto in una fase già abbastanza avanzata dell'evoluzione della vita, al termine di tutto un fiorire di chissà quanti esperimenti di pre-vita e di bizzarri microbi primordiali, che utilizzavano forse molecole e processi biochimici esotici di cui oggi, non avendo lasciato fossili né discendenti, non resta traccia.

Luca possedeva già una membrana e il macchinario per fabbricare le proteine come le cellule attuali, ma non quello per duplicare il Dna: con ogni probabilità, quindi, è vissuto al crepuscolo del mondo a Rna, nell'epoca in cui il Dna lo stava soppiantando.

In definitiva, il percorso dalla materia inanimata ai mattoni della vita sembra agevole, mentre come questi si siano assemblati nelle grandi molecole resta oscuro, e le vie che da queste molecole possono aver portato alle cellule sono persino troppe. Anche quando le lacune saranno colmate, comunque, non avremo risolto appieno il mistero: avremo capito le possibili vie alla vita, ma non quale fu davvero seguita.

«Le grandi molecole possono formarsi in molti modi diversi» osserva Luisi. «Quando decine di aminoacidi si legano uno dopo l'altro a formare una proteina, possono unirsi in innumerevoli combinazioni, e quella che prevale dipende dalle circostanze del momento: la temperatura, la salinità, l'irraggiamento e così via. Dipende cioè dalla cosiddetta contingenza». Poiché non possiamo conoscere le precise circostanze di ogni singola reazione che portò alla vita, è impossibile riprodurre in laboratorio la via esatta che la natura seguì. Per questo, conclude Luisi: «Sarebbe già tanto dimostrare che ci sono alcune vie plausibili, pur non sapendo se una di esse sia quella che la natura ha effettivamente percorso». ■

ha generato un ricco filone di ricerche che hanno trovato Rna in grado di montare e smontare vari tipi di molecole biologiche e di moltiplicarsi in abbondanza.

GUERRE PRIMORDIALI

Ma questa è solo una delle teorie sulla vita primordiale. E gli scienziati combattono aspre battaglie a colpi di reazioni chimiche per trovare la via maestra che ha condotto alla vita. Oggi le polemiche tendono un po' a rientrare, nel riconoscimento che molti processi devono aver contribuito insieme a creare le prime cellule: l'Rna dovrà pur aver interagito con altre molecole, essere stato inglobato in una vescicola, e via dicendo.

Le ipotesi, insomma, sono tante. Forse troppe. Come osserva su "Science" Andrew Ellington, specialista di biologia sintetica all'Università del Texas ad Austin:

**MIGLIAIA DI SOSTANZE
CHIMICHE. CHE SI
SONO MESSE INSIEME.
PER FORMARE DNA,
CELLULE. IL MISTERO
È QUANDO E COME. DI
CERTO, IN PRINCIPIO
FU IL LAST UNIVERSAL
COMMON ANCESTOR**

«L'origine della vita resta un mistero frustrante non tanto perché ne sappiamo troppo poco, ma perché stiamo scoprendo sempre più possibili meccanismi che possono averla prodotta. Meccanismi maldefiniti, tutti altrettanto plausibili e tutti altrettanto improbabili».

Questa sovrabbondanza di possibilità, tuttavia, poggia su un'ignoranza di fondo. «A luglio al Congresso internazionale sull'origine della vita che si terrà a Nara, in Giappone, organizzerò una sessione sulle grandi domande che restano aperte» dice Luisi: «La prima è un quesito tanto fondamentale quanto – sorprendentemente – mai affrontato: come sono nate le grandi molecole. Il mondo a Rna e gli altri filoni su cui tutti lavorano sono affascinanti, ma è come fare una casa partendo dal tetto: partono tutti da proteine, Rna e altre molecole già fatte. E ci hanno allontanato dalla domanda di fondo: come si sono formate? Su questo restiamo nel buio».

A RITROSO

Ma c'è un altro fronte di studi, che procede a ritroso per capire come era fatto Luca, l'antenato di tutti i viventi. «Tutto il mondo vivente usa le stesse molecole. Con un morso di mela ingoio 10mila composti e tutti sono compatibili col mio organismo. Il nostro codice genetico è lo stesso dei batteri. C'è una tale omogeneità che è difficile pensare a origini diverse», spiega Luisi. Per dargli un volto, genetisti e bioinformatici confrontano le centinaia di genomi ormai sequenziati nelle specie più varie