

Un planeta creatiu

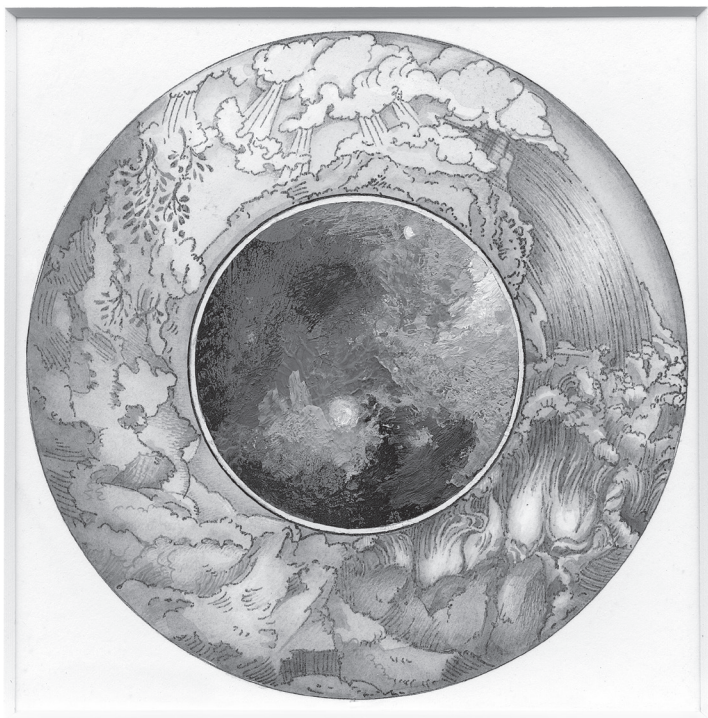
Juli Peretó

Un planeta creatiu

Com va començar la vida a la Terra
i com la fabricarem en el laboratori

Il·lustracions de Manuel Boix

Un poema inèdit de Carlos Briones



institutió
alfons el magnànim
centre valencià
d'estudis i d'investigació



COL·LECCIÓ URÀNIA

Direcció editorial: Vicent J. Martínez

Aquesta edició ha rebut el suport de la Secció de Ciències
Biològiques de l'Institut d'Estudis Catalans.

© 2022, Juli Peretó

© 2022 de les il·lustracions de coberta i interiors: Manuel Boix

© 2022 del poema «Pude no ser»: Carlos Briones

© 2022 d'aquesta edició:

Institució Alfons el Magnànim –

Centre Valencià d'Estudis i d'Investigació

Diputació de València

Corona, 36 – 46003 València

Tel. +34 963 883 169

magnanim@dival.es

www.alfonselmagnanim.net

Disseny de la col·lecció i maquetació: Javier Pérez Belmonte

Correcció lingüística: Ofèlia Sanmartín

Tipografia: IBM Plex Serif, de Mike Abbink i Bold Monday. Bulo

Rounded, de Jordi Embodas. En l'interior, paper Coral Book

Ivory de 90 grams, i en la coberta, Creator Silk de 350 grams

Impressió: Mundo Gráfico, Serv. Integrales de Impresión, S.L.

ISBN: 978-84-7822-325-1

Depòsit legal: V-3086-2022

*A la memòria de mon pare, que va nèixer el mateix
any que Aleksandr I. Oparin va publicar l'opuscle
Proiskhozhdenie zhizni.*

*A la salut de ma mare, que encara pot llegir-me.
Pel futur de Mar i Laila.*

«M'alleuja molt saber que l'univers és definitivament inexplicable. Començava a pensar que era culpa meua».

Woody Allen

«Continuaran produint-se saludables desacords sobre el tema, però els científics veuen aquests debats com a desafiaments, no com a excusa per abandonar la raó o les dades. El fet de poder reconstruir l'aparició de la vida, ni que siga amb una precisió imperfecta, hauria de ser motiu de celebració: un èxit intel·lectual de primer ordre en donar tanta llum sobre una de les qüestions fonamentals de l'existència».

Antonio Lazcano

Índex

<i>Pude no ser, de Carlos Briones.....</i>	13
<i>De què va aquest llibre i per què l'he escrit?</i>	15
1 Com enfocar el problema de l'origen de la vida....	25
Planeta Vida	27
L'origen de la vida és l'origen de l'evolució.....	31
De l'especulació a l'experiment.....	36
La superació de les dicotomies.....	44
Vida complexa a partir de vida simple	52
Biologia constructiva	58
2 Què és la vida (en realitat)	65
De què estan fets els éssers vius?.....	66
Desconstruir la vida.....	69
La unitat bioquímica.....	79
La bioquímica terrestre és una entre moltes?.....	83
Tots som parents	91
3 Què és la vida (en teoria)	97
Un físic busca la resposta on no és	100
Per a què preguntar-se què és la vida?	107
Teoritzant sobre la vida.....	114
La vida individual i la col·lectiva.....	124
Estar viu i ser un ésser viu	129

4	Les arrels químiques de l'arbre de la vida	133
	Els tres pilars de la química prebiòtica	138
	Manca un quart pilar de la química prebiòtica	141
	Fòsfor i sofre	145
	A través de l'espill.....	148
5	Interludi: «L'experiment de ma vida»	155
6	Venim d'una química difusa.....	179
	Una química ni massa complicada ni massa simple ...	180
	El 18è camell	186
	Prefiguració prebiòtica del metabolisme	196
	Paisatges químics del passat	201
	La vida és química organitzada	209
7	Per les sendes de la complexitat	217
	Vida procariòtica	220
	Coevolució de la vida i el planeta	228
	Vida eucariòtica	232
	Més enllà del mitocondri.....	241
	Un arbre de la vida sempre ufanós.....	246
	Simbiosis recents	250
	Gaia i Medea	255
8	Cap a una biologia prometeica	265
	L'ideal de l'enginyeria en biologia	272
	Imitar la vida	275
	Ciència i ideologia en la creació de vida	281
	Crònica d'una vida sintètica anunciada	289
	Viatjar per l'infinit de Darwin	300
	Cercant el metabolisme que no fou	303
	La síntesi total de protocèl·lules.....	308
	<i>Apunts imperfectes sobre la creativitat</i>	<i>315</i>
	<i>Bibliografia.....</i>	<i>323</i>

Pude no ser

Pude no ser, lo sabes,
no haber surgido nunca.

Pudieron agua y rocas,
atmósfera, energía
–y aquellos mensajeros llegados del espacio
en un tiempo sin rumbo y sin memoria–
construir escenarios
que no fueran pisados
por actores que dudan y se abrazan.
Pudo un silencio oscuro
envolver las butacas del teatro.

Pude no ser, mas fui:
no sé cómo, ni dónde,
ni cuántas veces tuve que inventarme.

Quizá emergí como la consecuencia
de un planeta propicio,
cada vez más complejo,
o tal vez fue el azar
quien levantó el telón sin proponérselo.

Y comenzó esta obra
sin guion, sin sentido, sin un final escrito.

Crecí como la luz que crece como un árbol
de intrincadas raíces:
dos ramas, luego tres,
después miles, millones, enlazándose...
Y en una de ellas tú,
fruto reciente,
orgulloso *Homo sapiens*,
tratando de entender
nuestros orígenes.

No serías si yo no hubiera sido.
Y cuando ya no seas
sabes que yo, sin ti,
seguiré siendo.

Carlos Briones, 2022

De què va aquest llibre i per què l'he escrit?

Aquest és un llibre sobre l'origen de la vida. Però la primera cosa que hem de deixar clara és que no sabem exactament com va passar aquest procés en el planeta primitiu. Ni ho sabrem mai. En aquest punt es podria acabar el llibre i aspirar al rècord de l'obra sobre l'origen de la vida més breu de la història. La resta de pàgines que segueixen les he escrit per a convèncer-vos que podem raonar amb profit sobre un tema que desconeixem i no arribarem a conèixer mai del tot.

Avui no queda cap testimoni directe dels fets que ocorregueren a la ciutat de València el 9 d'octubre de 1238. Tanmateix, *sabem* que aquell dia Jaume I, els seus aliats feudals i les tropes cristianes que els acompanyaven entraren en la ciutat musulmana després de cinc mesos de setge i rere la claudicació de Zayyan ibn Mardanix, el darrer emir de Balansiya, succeïda el 28 de setembre, dia en què fou hissada a la torre d'Alí Bufat la senyera reial d'Aragó i Catalunya. Com ho sabem, tot això? Els historiadors i els arqueòlegs han conjugat documents i materials per a reconstruir els fets i proposar-nos uns relats més o menys convincents. Però la seua tasca va molt més enllà de la mera descripció dels fets, cal explicar per què van passar com van passar aquests fets. Ens calen contextos, motivacions, anhels i tota classe de raona-

ments en revisió permanent perquè la història mai s'acaba d'explicar del tot. El treball de l'historiador sempre parteix de les qüestions i preocupacions del seu present, sempre és una mirada des de la pròpia època.

Ens podem aproximar a la qüestió de l'origen de la vida formulant preguntes amb una base científica sòlida. Aquesta peculiaritat –no sabem, ni sabrem, *com va passar*, però podem estudiar *com podria haver passat*– és pròpia de les ciències històriques i, sens dubte, la biologia és una disciplina històrica. Les ciències de la vida estudien objectes –els éssers vius– derivats d'un procés desplegat en el temps –l'evolució. Podem estudiar la vida interrogant-nos sobre el seu funcionament actual, a escala individual o ecològica. Però també, i això és extraordinàriament important, ens podem preguntar per les causes històriques d'aquest funcionament. Estudiar el fenomen evolutiu és la manera definitiva de comprendre per què la vida és com és. En física ens podem preguntar per què hi ha res en lloc de no res. En biologia podem estudiar per què tal o tal estructura o funció és com és i no d'una altra manera possible: en la vida les coses són com són per raons històriques. Són la conseqüència d'un accident històric, d'una contingència imprevisible que va canviar el curs dels esdeveniments? O el resultat inevitable d'unes determinades condicions físiques o químiques? Contingència i determinisme, atzar i necessitat, són dos ingredients, en proporcions molt sovint desconegudes, de la vida tal com la coneixem.

La vida és un fil històric que abasta, sense interrupció, més de les quatre cinquenes parts de l'existència del planeta Terra. Ens podem preguntar com va ser que, al planeta acabat de formar-se, en unes condicions molt diferents de les actuals, es donaren les situacions adequades perquè el joc del que era químicament possible donara accés a uns

sistemes químics complexos que feien una cosa mai vista: créixer, reproduir-se i canviar en el temps, com fan davant els nostres ulls fins els bacteris més simples. Volem saber com es pogué donar la transició de la cosmoquímica i la geoquímica a la bioquímica. El repte és fabulós, només comparable a preguntar-se com pot emergir la consciència a partir del diàleg entre neurones no conscients. Els biòlegs, com els historiadors, interroguen el passat des del present, i el tipus i profunditat de les preguntes estan condicionats pel coneixement actual de la vida. I de nou hem de reconèixer el pes de la història: ningú estava allà per a observar el fenomen en directe, com tampoc queden testimonis vius d'uns fets del segle XIII, però així i tot el podem reconstruir en una narració coherent i compatible amb tot el coneixement científic. Una narració inacabada i inacabable.

A l'historiador Miquel Batllori li agradava remarcar el caràcter agnòstic de la història perquè aquesta «no pot arribar normalment a una veritable certesa». L'escassetat de documents i, si en tenim, l'abundància dels testimonis contradictoris en limiten l'abast. Els fets històrics són únics, però la versió que ens donen diverses fonts poden ser discrepants i, com hem dit, s'han de sotmetre a una permanent revisió. No ens expliquen el mateix la Crònica de Jaume I o els poetes andalusins a l'exili, ni tampoc els diversos historiadors que en diferents èpoques i contextos ideològics i polítics ens ho han volgut reconstruir. Deia l'historiador Philip D. Jordan que la història és un agregat de «veritats, mitges veritats, semi-veritats, faules, mites, rumors, prejudicis, narratives personals, xafarderies i prevaricacions oficials. És un quadre sobre el qual milers d'artistes a través del temps han esquitxat les seues concepcions i interpretacions d'un dia i d'una era. Alguns motius són grotescos i alguns són magnífics».

La meua modesta ambició és compondre un llenç que no us semble ni grotesc ni magnífic, sinó versemblant. Recopilem dades i informacions, de vegades poc coherents, que ens ajuden a reconstruir com podria haver ocorregut l'emergència de la vida, dins de les demarcacions de les lleis naturals, de la física i de la química, dels condicionants còsmics i geològics, d'unes condicions ambientals planetàries canviants, dels ingredients químics a l'abast, dels límits i possibilitats de l'emergència de sistemes químics complexos, amb capacitat de créixer, propagar-se, evolucionar i esdevindre més complexos..., i podem, fins i tot, preguntar-nos si totes aquestes condicions foren molt extraordinàries o, al contrari, podrien ser freqüents en altres llocs del sistema solar o més enllà.

El nostre planeta, amb tots els seus processos geoquímics, alberga la vida en una successió continua des de fa potser quatre mil milions d'anys. Els humans, amb tot el coneixement acumulat, podran crear vida en un laboratori, i això serà una demostració definitiva que la química té el potencial de generar sistemes capaços de construir-se ells mateixos, fer-ne còpies i colonitzar l'ambient.

En aquest llibre explore el passat de la vida emergida en un planeta químicament creatiu i suggeresc una perspectiva futura d'una vida sintetitzada per la ment creativa dels humans. El llibre està pensat perquè els capítols siguin autocontinguts, cosa que permet llegir-los de manera independent i, fins i tot, prescindir d'algun si us sembla difícil. Això té l'inconvenient que reitere alguns conceptes o idees, però crec que és un defecte menor en benefici de la tria personal que cadascú pugui fer de quina part llegir primer. El capítol 1 és una presentació general del problema de l'origen de la vida, les seues arrels històriques i cap a on van les recer-

ques actuals. El capítol 2 indaga sobre els trets compartits pels éssers vius en un intent d'arribar a una sèrie de característiques universals que puguin també servir de referent als intents de generar una teoria sobre la naturalesa de la vida. Aquesta darrera qüestió es tracta en el capítol 3, on revise els esforços, aparentment inútils, en teoritzar sobre la vida. El capítol 4 és una introducció a la química prebiòtica, els orígens químics de la vida estudiats en el laboratori. Segueix després un interludi amb un text que dramatitza l'experiment de Miller en el seu context acadèmic i històric. Es tracta d'un exercici arriscat de presentar d'una manera original un episodi cabdal de la història de les idees sobre l'origen de la vida. El capítol 6 és un resum de l'actual aproximació de la química de sistemes, una superació dels debats clàssics en l'estudi experimental de l'origen de la vida que ens convida a pensar en una química primordial més borrosa. Les etapes de complexitat creixent, des de les cèl·lules més simples fins a la simbiosi que va donar lloc a la cèl·lula eucariòtica s'exposen en el capítol 7, on també tracte aspectes de la coevolució de la vida i el planeta. Finalment, al capítol 8 oferesc una visió personal de la biologia sintètica i de la qüestió de la fabricació de vida amb una perspectiva històrica. Crec que els anhels i l'actitud d'alguns biòlegs sintètics contemporanis ja estaven presents en científics de fa un segle. Acabe amb una breu reflexió sobre els processos creatius en l'evolució biològica i cultural.

Segons Joan Fuster, «l'única manera segura d'entendre un pròleg és llegir-lo després del llibre». Per a ell, un pròleg és un epíleg mal ubicat i només es justifica en obres, en aparença, mancades d'unitat, per la necessitat d'explicar-ne la tria dels continguts. Jo no he escrit, ara i ací, un tractat compresiu sobre l'origen de la vida a la Terra i la fabrica-

ció de vida en el laboratori. He fet una recopilació, personal i esbiaixada, de pensaments sobre qüestions que m'han interessat –de vegades, obsessionat– des de fa temps. Durant anys, més de tres dècades, he intentat plantar la llavor del dubte i la il·lusió per saber més sobre l'origen de la vida en el cervell de milers de joves, primer a través del curs de doctorat «Bioquímica comparada i evolució cel·lular» i l'assignatura de llicenciatura «Evolució química i bioquímica», i ara, amb la col·laboració del meu amic i col·lega Carlos García-Ferris, amb les seues descendents en els estudis de grau: «Evolució molecular i bioquímica» i «Principals transicions evolutives». En alguns casos, aquella llavor ha germinat en forma de científics i docents molt competents dels quals ara soc jo el que aprèn. Aquest és un cicle meravellós que perpetua i fa avançar la ciència. El meu primer agraïment va per a aquests estudiants.

El 1994 vaig publicar el meu primer text sobre l'assumpte: *Orígenes de la evolució biològica*. Els amics bioquímics Paco Montero i Fede Morán en foren els instigadors, i sempre els estaré agraït. Quan feia deu, quinze, vint anys d'haver-lo escrit, sempre em plantejava actualitzar i reescriure aquell llibret. Vint-i-cinc anys després, ha estat un altre amic, l'astrònom Vicent Martínez, el responsable d'espantar-me cap a la pantalla en blanc i tractar de donar estructura escrita a una muntanya d'idees. Li dec les gràcies perquè, emocionalment, també necessitava escriure aquest llibre en aquest moment de la meua vida.

Com deia Robert Shapiro en el seu excel·lent *Orígenes*, «els prestatges de les biblioteques cruixen sota el pes dels llibres sobre l'origen de la vida», i el repte sempre és oferir-ne un altre que aporte alguna visió nova. Aquest text no és una mera actualització del meu llibre de 1994 perquè el camp ha avan-

çat de maneres que aleshores no es podien sospitar i perquè jo no soc el mateix, i la meua visió del problema també ha evolucionat força. En català no s'ha publicat res sobre aquest tema en els darrers anys, i això em dona un cert marge a l'hora de presentar les diverses facetes de la qüestió. En castellà sí que hi ha alguna aportació significativa molt recent que em deslliura de tractar l'assumpte de la vida fora de la Terra: es tracta de l'esplèndida exposició que ha fet l'amic Carlos Briones en *¿Estamos solos? En busca de otras vidas en el Cosmos* (editorial Crítica, quarta edició actualitzada, abril de 2022). Un llibre molt recomanable per a reflexionar sobre la possibilitat de vida extraterrestre i la història de la seua exploració. Gràcies a Carlos, d'això no me n'ocuparé.

Aquest llibre està fet de lectures i de relectures –l'única manera seriosa de llegir, Fuster *dixit*. Lectures literals acumulades durant dècades, d'articles científics i de llibres –ai, els llibres, aquest vehicle indispensable de la transmissió reposada del coneixement científic. Lectures particulars de les visions, conceptes o teories, escoltades o llegides, i deixades decantar. Vivències aplegades al llarg dels anys, que manifesten el caràcter social de l'empresa científica i que fan sorgir de vegades un cert to assagístic, *opinionated*, esbiaixat, vetat per complet en la literatura sense estil que és la bibliografia científica primària. No és només, com deia l'enyorat John Maddox, una investigació de l'origen de la vida a través de la lectura. Hi trobareu, també, un pòsit viscut i personal. Per a bé o per a mal, no hi ha res com escoltar en directe autors que has llegit, perquè descobreixes també la persona que hi ha al darrere. He tingut la immensa sort d'haver conegut una diversitat de persones involucrades en la recerca sobre l'origen i la naturalesa de la vida, sobretot a través dels congressos d'ISSOL (International Society for

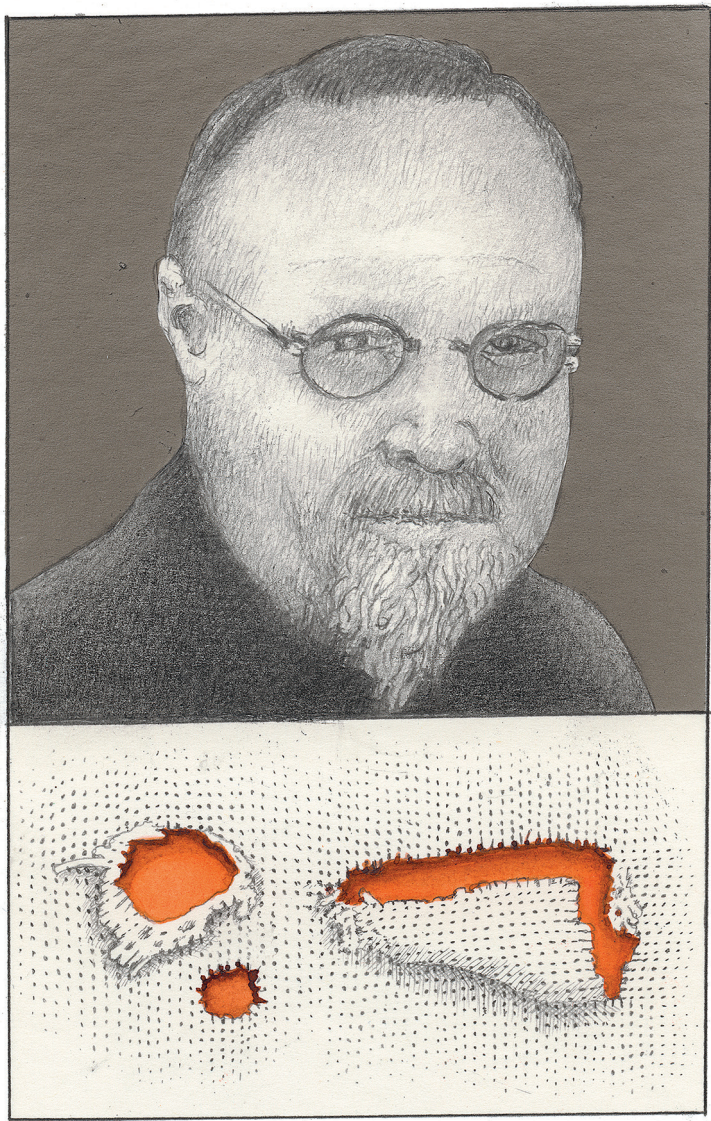
the Study of the Origin of Life) i altres encontres científics internacionals memorables com els organitzats per l'ELSI (Earth-Life Science Institute) de Tòquio. He conegut i parlat amb científics admirables dels quals he après molt, més enllà dels seus textos. Per les seues personalitats i perquè alguns d'ells han tingut mostres de generositat intel·lectual cap a mi, podria dir molts noms, però només hi citaré aquelles persones que lamentablement ja no hi són: Pere Alberch, Sydney Brenner, Josep Casasdesús, Mercè Durfort, Christian de Duve, Mario Ali Fares, Ricardo Flores, Alfred Giner-Sorolla, François Jacob, José María López-Piñero, James Lovelock, Ramon Margalef, Lynn Margulis, Stanley Miller, Joan Oró, Fernando Sapiña, Dan Tawfik, Jorge Wagensberg...; d'entre els vius, destacaré per damunt de tot l'amistat i col·laboració científica amb Antonio Lazcano, amb qui sempre estaré en deute.

En el procés creatiu del text he estat acompanyat per la conversa amb l'artista i amic Manuel Boix, autor de les il·lustracions que precedeixen els capítols i de la coberta. Amb Boix enraone des de fa més de vint anys, amb un diàleg iniciat a Manhattan i continuat a l'Alcúdia. La seua curiositat intel·lectual i l'interès per la ciència ha marcat una part de la seua obra gràfica i escultòrica. Quan Vicent Martínez em va indicar la possibilitat d'il·lustrar el text, no vaig pensar en gràfics i taules. De fet, aquest llibre no conté fórmules, ni figures, ni esquemes. En una obra científica és arriscat fer-se entendre sense imatges, i ací només el lector té el veredict. La proposta de l'editor la vaig interpretar com una invitació a fer una cosa diferent. En el text ho he intentat –com ara, la dramatització de l'experiment de Miller. I per a les imatges era quasi obligat per a mi tractar de convèncer Boix d'embarcar-se en el projecte. Va ser molt amable d'acceptar de

seguida, i també serà el lector qui jutge el resultat. La idea fou treballar sobre els retrats de nou autors que m'han influït, bé a través de la lectura, bé a través de la conversa i la coneixença personal: Aleksandr I. Oparin, Antonio Lazcano, Álvaro Moreno-Bergareche, Joan Oró, Stanley L. Miller, Ram Krishnamurthy, Lynn Margulis, Jack W. Szostak i Charles R. Darwin. Tots ells representatius de les diferents facetes i perspectives abordades en el text.

El llibre també s'ha enriquit amb el poema inèdit de Carlos Briones *Pude no ser*, qui amb una mostra de generositat i amistat extraordinària ha accedit a que hi aparega publicat.

Diverses persones han accedit a llegir alguna part o la totalitat del manuscrit. Els estic molt agraït per les observacions i correccions, tot i que no se'ls pot fer responsables de les errades o defectes que hi puguen romandre. En el capítol dels agraïments és inevitable fer referència a la família, que sofreix el rigor i la disciplina del treball en termes d'hores furtades, molt en especial la meua estimada Merxe. He escrit aquest llibre perquè ho necessitava, i si només a una persona li desperta més interrogants dels que tenia abans de llegir-lo, ja em donaré per satisfet.



Aleksandr I. Oparin

1

Com enfocar el problema de l'origen de la vida?

Explicar com va aparèixer la vida al nostre planeta és problemàtic. Aquesta pregunta fonamental quedaria fora del domini de la ciència si l'origen de la vida fora el resultat d'un fenomen altament improbable, irrepetible, gairebé un miracle. Si fora així, perdriem tota esperança de trobar una resposta racional. Tanmateix, la visió materialista i evolutiva adoptada pels científics contemporanis es fonamenta en el fet que l'origen de la vida és un enigma químic de caràcter històric que, malgrat les seues contingències intrínseques, podem comprendre i, fins i tot, provar experimentalment. És un enigma químic perquè no sabem com va sorgir la vida a partir de la transició de la matèria química inerta –és a dir, la cosmoquímica i la geoquímica– als sistemes bioquímics més primitius: la química de la vida sorgí de la química del planeta. És històric ja que es tracta d'un procés evolutiu, és a dir, una llarga sèrie d'etapes successives i contingents de complexitat creixent, cadascuna dependent genealògicament de l'anterior, que va tindre lloc al nostre planeta en el passat, fa uns 4.000 milions d'anys. Aquesta naturalesa històrica, de transició evolutiva de la química inerta a la viva tampoc l'hem d'imaginar com un canvi nítid, una frontera definida hereva d'una mentalitat platònica que denunciava el pale-

ontòleg Stephen J. Gould. De fet, les fronteres ben traçades i inviolables són un invent relativament recent de les relacions geopolítiques típicament eurocèntriques. Ho explica molt bé, de manera quasi poètica, el periodista Vicent Partal en el seu assaig *Fronteres: aquelles línies que algú ha dibuixat sobre un mapa*. Originalment, la frontera no era un espai físic fix sinó una acció, un procés entre poblacions humanes veïnes, una noció en tot cas molt més rica que el concepte administratiu reduccionista actual. Així és com hem d'imaginar la frontera entre l'inert i el viu: no és una divisió estricta sinó un procés carregat de matisos. Seria més com la transició de la nit al dia, a través de tota una escala contínua de tonalitats subtils. Els extrems estan clars: química planetària al principi, comunitats de cèl·lules vives al final. Ens agrada o no, l'alba de la vida degué ser borrosa, poblada per sistemes de complexitat intermèdia entre la geologia i la bioquímica.

Hem de convindre, doncs, que el tipus de resposta que cerquem per a l'enigma de l'origen de la vida està forjat per la seua naturalesa històrica: no busquem un relat detallat del que va passar exactament en algun lloc de la Terra primitiva. Aquests fets mai els coneixerem amb certesa, no només a causa de l'absència total d'un registre químic dels primers passos de la vida al planeta i de les moltes incògnites sobre les restriccions fisicoquímiques de la Terra de finals de l'Hadeà –el temps més remot del planeta, que va des de la seua formació, fa 4.500 milions d'anys, fins fa 4.000 milions d'anys–, sinó, essencialment, per aquesta naturalesa històrica del problema, incloent-hi fenòmens emergents difícils de reduir a la pura física i química, i que requeriran altres tipus de marcs explicatius. Més que com va ocórrer, busquem una narració el més completa possible de com podria haver ocorregut l'origen de la vida a la Terra primitiva. Necessitem, en

definitiva, una demostració experimental del potencial excepcional de la química per a generar vida, un objectiu considerat, com diu Ram Krishnamurthy, un Sant Greal de les ciències químiques.

Planeta Vida

Abans de Pasteur l'origen de la vida no representava un problema, però per a la majoria dels científics de principis del segle xx el tema s'havia convertit en un tabú. Es respirava una atmosfera intel·lectual derivada d'un cul-de-sac generat pel dilema entre l'aparició natural de la vida i la refutació de la generació espontània, és a dir, l'aparició sobtada de microbis a partir de la matèria inerta. La teoria de Darwin exigia, per pura coherència, un origen natural per a la vida, i així ho entenia el mateix Darwin i molts dels seus seguidors, com el naturalista alemany i gran difusor de l'evolucionisme darwinian Ernst Haeckel. En aquell moment l'única explicació admesa per a l'aparició de la vida era la generació espontània que des de principis del xix amb Jean-Baptiste Lamarck s'associava al problema de l'emergència dels éssers més simples en un context evolutiu. La gran escala dels éssers, la infinita jerarquia dels éssers vius que culminava en la perfecció divina, començava amb els éssers més simples en l'esglaó inferior en contacte directe amb el món mineral. Del fang en podien sorgir cucs i altres éssers insignificants que, segons Lamarck, anirien pujant per l'escala de complexitat. L'escala estàtica es convertia en una escala mecànica que permetia ascendir en complexitat, una escala permanentment alimentada per la generació espontània des de baix: era coneixement comú que la vida sorgia de la matèria en descomposició.