

# QUI VA CUINAR LA SOPA?

## L'EXPERIMENT DE MILLER I L'INICI DE LA QUÍMICA PREBIÒTICA

Juli Peretó i Antonio Lazcano

### ■ L'ESTUDI CIENTÍFIC DE L'ORIGEN DE LA VIDA EN EL MARC DEL PENSAMENT EVOLUCIONISTA ÉS RELATIVAMENT RECENT

El bioquímic rus Aleksandr I. Oparin va publicar en 1924 un opuscle on proposava la idea d'evolució química. Així solucionava la tensió generada dins la teoria darwinista pels experiments de Louis Pasteur sobre la impossibilitat de la generació espontània. Si els organismes devien aparèixer per causes naturals, segons els seguidors de Charles Darwin, i la generació espontània de microorganismes no era possible, com havia demostrat contundentment Pasteur, com emergiren les primeres cèl·lules a la Terra primitiva? Afirmava Oparin que l'evolució biològica havia estat precedida d'una etapa d'evolució química i que el planeta primitiu albergava les condicions físiques i els ingredients químics necessaris per a iniciar la vida. De forma independent, el bioquímic britànic John B. S. Haldane proposà el

1929 unes idees similars. Va introduir la idea d'una sopa prebiòtica, formada pels compostos orgànics dissolts en els mars, com a matèria primera per a la formació dels primers éssers vivents: quelcom semblant als virus actuals.

### ■ LA DISCRECIÓ DE DARWIN, L'ESTRIDÈNCIA DEL PROBLEMA

Darwin mai no va voler discutir ni explicar en públic les seues idees sobre l'origen de la vida. Davant la qüestió sempre adoptava una posició prudent i cautelosa, al·legant la immaduresa del coneixement químic i biològic per atacar el problema. Tanmateix, podem llegir en la correspondència privada i en els diaris les seues reflexions. Per una banda, la coherència del seu pensament quan imaginava que un "bassalet temperat" amb els components químics adients hauria pogut ser el bressol del naixement natural de la vida. D'una altra, la lamenta-

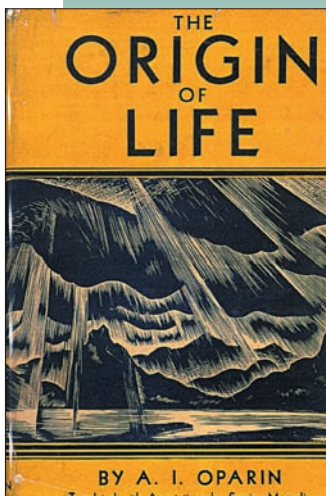
«LES IDEES D'OPARIN  
OBRIREN UN MARC  
INTEL·LECTUAL MOLT  
FÈRTIL PER A DISSENYAR  
EXPERIMENTS»



Aparell de Miller en funcionament. Durant l'experiment, explica Miller, l'aigua del matràs es tornà rosada el primer dia. Al final de la setmana la dissolució era d'un roig intens.



## LES OBRES QUE INSPIRAREN MILLER



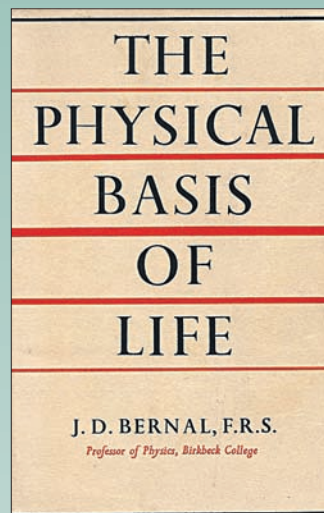
**THE ORIGIN OF LIFE**  
ALEKSANDR I. OPARIN  
(Versió de Sergius Morgulis),  
Nova York, Macmillan, 1938,  
270 pp.

Aleksandr I. Oparin va publicar en anglès el seu llibre sobre l'origen de la vida, aparegut en rus dos anys abans. Aquesta obra es divideix en nou capítols, dels quals els tres primers revisen els coneixements anteriors sobre l'origen de

la vida, en particular les teories de la generació espontània i les de la continuïtat o eternitat de la vida (panspèrmia). La resta del llibre exposa de forma ordenada i clara les idees d'Oparin sobre l'existència d'una etapa d'evolució química prèvia a la d'evolució biològica: síntesi de compostos orgànics en les condicions de la Terra primitiva, formació dels primers polímers proteínics, l'origen dels sistemes col·loïdals ancestrals i dels organismes més primitius, i la seua evolució metabòlica posterior. Oparin dóna una importància especial a la formació dels *coacervats*, gotetes col·loïdals que serien els precursors de les cèl·lules primitives. La proposta d'Oparin, per tant, és que la cèl·lula i el metabolisme anaeròbic fermentador foren els caràcters més ancestrals de la vida. Tot i reflectir el grau d'immaduresa bioquímica de l'època, tant en la terminologia emprada com en la manca de detalls estructurals i funcionals cel·lulars, el llibre es considera avui un clàssic de la ciència perquè el marc intel·lectual que va introduir continua vigent. Va permetre, ni més ni menys, d'iniciar l'estudi científic rigorós d'un problema complex com el de l'origen de la vida, encetant la via de la simulació experimental. Considera Oparin: "Ens trobem davant d'un problema colossal, com és la investigació de cadascuna de les etapes del procés evolutiu esquematitzat ací [...]. El camí que tenim al davant és pesat i llarg, però sens dubte ens condueix vers el coneixement definitiu de la natura de la vida". D'aquesta obra cabdal d'Oparin es va publicar una versió en espanyol als anys 1940 a Argentina (Buenos Aires: Losada; la tercera edició és de 1947).

**THE PHYSICAL BASIS OF LIFE**  
JOHN D. BERNAL  
Londres, Routledge and Kegan Paul, 1951, 80 pp.

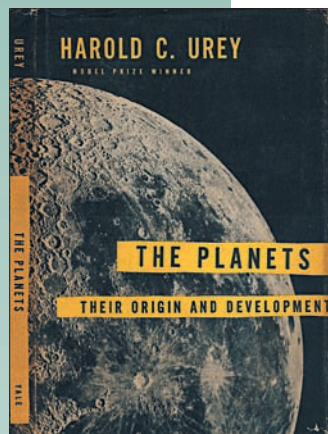
El cristal·lògraf britànic John D. Bernal havia difós les idees d'Oparin i Haldane en la 31a Conferència Guthrie, impartida el 1947 davant la *Physical Society*. Dos anys després el text aparegué publicat als *Proceedings* de l'esmentada societat i finalment veié la llum en forma de llibre el 1951. Bernal reconeix en el pròleg que la seua aportació té poc d'original i és especulativa però que pagava la pena donar a conèixer a un públic ampli les idees més recents sobre un tema de tant d'interès com el de l'origen de la vida. "La publicació es justificarà –afirma Bernal gairebé de forma profètica– si fa que la gent en parle o encara millor faça experiments per tal de subministrar coneixement segur allà on jo només puc aportar conjectures". El títol ja és de per si molt significatiu: es fa ressò de la famosa conferència de Thomas H. Huxley donada a Edinburg el 1868 (*On the physical basis of life*), per bé que Bernal confessa que no l'havia llegida fins després de donar-ne la seua. Huxley havia resumit el coneixement d'aleshores sobre la composició química de la vida partint de la idea central que no hi ha una discontinuïtat entre la matèria inert i la viva. A més, Huxley remarcava la unitat d'aquesta composició de cap a cap de la biosfera. Bernal considera que vuitanta anys d'acumulació de coneixements bioquímics i fisiològics no fan més que refermar l'admirable proposta de Huxley, a la qual ell aporta una explicació evolucionista. El llibre de Bernal arribà a les mans d'Urey just quan es trobava elaborant les seues idees sobre la composició de l'atmosfera primitiva.



## THE PLANETS. THEIR ORIGIN AND DEVELOPMENT

HAROLD C. UREY  
New Haven, Yale University Press,  
1952, 245 pp.

El nord-americà Harold C. Urey, guardonat amb el premi Nobel de química de 1934 per la descoberta del deuteri, desenvolupa al llarg de set capítols tot un seguit d'idees originals sobre la formació del Sistema Solar. La primera part exposa com es degué formar el sistema Terra-Lluna i la resta de planetes interiors. En la segona part, basada en les conferències Silliman de la Universitat de Yale impartides per ell, fa un repàs dels processos químics que es degueren esdevenir durant la formació dels planetes, el balanç tèrmic de la Terra i l'explicació de les abundàncies dels elements i els components químics del Sistema Solar. El llibre es complementa amb una magnífica fotografia desplegable de la superfície de la Lluna, la veritable passió d'Urey, amb tot luxe de detalls dels accidents geològics esmentats al text. Les propostes d'Urey constituïen una base molt sòlida i elaborada a les idees sobre evolució química d'Oparin. Diu Urey: “[Oparin (1938)] ha suggerit de forma fascinant la manera com els compostos orgànics es poden haver polimeritzat i donat compostos col·loïdals i esdevenir organitzats en forma d'organismes vius primitius. La història química de la formació de la Terra que he suggerit ací subministra de forma perfectament natural les condicions que ell postula”. Urey també va publicar part dels seus resultats a la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* (“On the early chemical history of the Earth and the origin of life”, vol. 38, pp. 351-363, 1952). La mescla de perspicàcia científica i tossuderia del jove Miller feren la resta.



ció per haver-se rendit a les opinions crítiques i haver usat la “paraula del Pentateuc”, és a dir, “Creació”, per referir-se a l’origen de la vida. En 1862 Ernst Haeckel es refereix al problema de l’origen de la vida com el gran absent de l’obra de Darwin i acusa el naturalista anglès d’incoherent i poc sincer. Evidentment, Haeckel desconeixia aleshores els escrits privats de Darwin. El fet és que molts autors, començant pel mateix Haeckel, es trobaven davant la disjuntiva de l’acceptació dels postulats darwinistes i dels resultats incontestables de Pasteur i John Tyndall sobre la generació espontània.

### ■ OPARIN, LA CIÈNCIA DE L’ORIGEN DE LA VIDA

El treball d’Oparin de 1924 no es va publicar en anglès fins 1967. Mentrestant l’autor rus elaborava la seues idees en un text més documentat i extens del 1936, aparegut als Estats Units dos anys després. Les idees d’Oparin foren ben rebudes entre alguns biòlegs, però el més important és que generaren un marc intel·lectual molt fèrtil no sols per a l’elaboració d’hipòtesis sinó també per a dissenyar experiments. Per primera vegada es podia plantejar un intent rigorós de simulació de condicions i processos rellevants per a la nostra comprensió de l’origen de la vida. La posició eclèctica d’Oparin es va reflectir en l’abundosa documentació i informació que va fer servir de l’astronomia, la geologia, la física, la química o la biologia. Amb això va tractar d’imaginar com seria la Terra primitiva i quin encadenament de processos portarien de la matèria exànime a les primeres cèl·lules, quelcom semblant als actuals bacteris anaeròbics fermentadors de matèria orgànica. Precisament, la presència d’aquesta matèria orgànica prebiòtica era un punt fort de la seua proposta i calia esbrinar quines podrien ser les fonts principals d’aquests materials. Potser les síntesis orgàniques en una atmosfera encara sense oxigen?

### ■ LA VIA DE LA SIMULACIÓ EXPERIMENTAL

El 1951 el grup de Melvin Calvin en Berkeley va publicar els resultats d’experiments de reducció de CO<sub>2</sub> emprant radiació ionitzant. Aquest enfocament experimental fou possible tant per la disponibilitat de carboni marcat radioactivament (<sup>14</sup>C), que permetia el seguiment dels productes, com de bones fonts d’energia en ciclotrons. Calvin i els seus col·legues, però, obtingueren molt pocs compostos i d’escàs interès biològic. Al mateix temps, Harold C. Urey, en el seu



estudi de l'origen dels planetes, considerava que l'atmosfera de la Terra primitiva devia ser reductora (és a dir, rica en materials com l'hidrogen molecular o el metà) i que aquestes condicions serien rellevants per a l'origen de la vida, com Oparin havia suposat.

Stanley L. Miller, després dels seus estudis de llicenciatura a la Universitat de Califòrnia, a Berkeley, arribà a la Universitat de Chicago a realitzar la tesi doctoral al setembre de 1951. Poc després va escoltar un seminari d'Urey on aquest exposava la seua idea que l'atmosfera de la Terra primitiva es devia assemblar a la dels planetes exteriors del sistema solar: és a dir, devia estar formada per metà, amoníac, hidrogen molecular i vapor d'aigua. Urey pensava que, en presència de fonts d'energia adients, aquesta atmosfera era un medi favorable per a les síntesis orgàniques, i que això devia ser, en principi, susceptible d'assajar-se experimentalment. En un article de 1952 on Urey desenvolupà aquestes idees es pot llegir: "Em sembla que seria profitós realitzar experiments de producció de compostos orgànics a partir d'aigua i metà en presència de llum ultraviolada amb una distribució espectral similar a la del Sol. També pagaria la pena de provar els efectes de les descàrregues elèctriques sobre les reaccions ja que és raonable suposar l'existència de tempestes elèctriques en l'atmosfera reductora".

Miller va visitar Urey al setembre de 1952 i li va demanar de treballar en la simulació de les síntesis abiòtiques que ell havia proposat en la seua conferència. Malgrat les reticències inicials d'Urey, Miller el va convèncer de provar uns mesos amb el compromís que canviaria de tema de tesi si fracassava en l'intent. Urey li va demanar que llegís un article que acabava de publicar sobre composició d'atmosferes, un text de bioquímica i el llibre d'Oparin *The Origin of Life*, que Urey considerava que era el treball més rellevant publicat sobre aquest tema.

### ■ L'EXPERIMENT DE MILLER

Després d'alguns preparatius, decidiren emprar les descàrregues elèctriques com a font d'energia. Miller dissenyà l'aparell de vidre que ara és mundialment famós i es disposà a fer-lo

funcionar. En només una nit obtingué resultats positius. En poques setmanes repetí l'experiment, analitzà els productes i preparà un manuscrit per a la revista *Science*, en el qual Urey, en un gest de generositat extraordinària, renuncià a figurar com a coautor.

Finalment, malgrat algunes vicissituds amb l'editor de la revista, el 15 de maig de 1953 aparegué l'article que inaugurava la química prebiòtica com un nou enfocament experimental de l'estudi científic de l'origen de la vida. Aquell mateix any, James Watson i Francis Crick van publicar el seu model de la doble hèlix del DNA i, pocs anys després, els dos camps, la química prebiòtica i la biologia molecular, convergiren gràcies als treballs de Joan Oró. La seua aportació més notable fou la síntesi d'adenina (un component universal dels àcids nucleics, DNA i RNA) a partir d'àcid cianhídric (un compost relativament abundant a l'univers) realitzada a finals de 1959.

### ■ UN CAMP D'ESTUDI NOU

Després de cinquanta anys d'estudi sabem que potser les condicions postulades per Urey no siguen les més representatives de l'atmosfera primitiva, encara que les simulacions de Miller ens subministren un bon model de síntesi orgànica en els cossos parentals dels meteorits, com revela la composició química d'aquests objectes romanents de les etapes més primitives del Sistema Solar. D'altra banda, el laboratori de Miller, fundador de la química prebiòtica com a via d'estudi de l'origen de la vida, no ha cessat de donar dades que abonen la idea que en la Terra primitiva abundaven els compostos orgànics. Un dels més recents (*Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, vol. 99, p. 14.629, 2002) és l'observació que s'obtenen bons rendiments de síntesi orgànica en atmosferes de CO bombardejades amb protons, que simulen la radiació còsmica. ☺

**Juli Peretó.** Departament de Bioquímica i Biologia Molecular, Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València.

**Antonio Lazcano.** Catedràtic d'Origen de la vida a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), president d'ISSOL (International Society for the Study of the Origin of Life).



### LECTURA RECOMANADA: HOMETATGE A STANLEY L. MILLER

L'opuscle editat amb motiu de l'homenatge de la Universitat de València a Stanley L. Miller conté un capítol de reminiscències personals sobre els inicis de la química prebiòtica, una reproducció facsímil de l'article de 1953 i una revisió actualitzada dels coneixements sobre evolució química (escrita en col·laboració amb Antonio Lazcano).