

UNIVERSITAT DE LLEIDA

Lliçó inaugural del curs 2023-2024

Dimecres 20 de setembre de 2023

L'albada química de la vida

Juli Peretó

Universitat de València

Deixeu-me començar amb un agraïment extraordinari cap al rector de la Universitat de Lleida i els seus col·laboradors pel gran honor que em fan cedint-me la càtedra per llegir la lliçó inaugural del curs 2023-2024. He de fer-vos una confessió personal que pot explicar, en part, els meus sentiments en aquest moment. Durant els anys de celebració del 5è centenari de la Universitat de València, vaig tenir el privilegi de gaudir de la confiança del rector Pedro Ruiz-Torres i ostentar el càrrec de vicerector de Cultura. Com a tal em corresponia la tasca de coordinar un equip audaç que executaria els actes de celebració, incloent-hi congressos, exposicions, concerts o publicacions. Entre aquestes hi havia l'edició crítica dels facsímils dels nostres documents fundacionals: les Constitucions aprovades pels jurats de la ciutat el 30 d'abril de 1499, la butlla pontifícia atorgada el 1501 pel papa Alexandre VI, Roderic de Borja, i, finalment, el privilegi reial signat per Ferran d'Aragó el 1502. Però el que em cal recordar, ara i ací, és que els prohoms valencians redactors de les Constitucions fundacionals de la meua universitat, en el seu capítol LV demanaven al papa Borja la «gràcia o butlla de fer doctors i batxillers i donar qualsevols graus com es fa hui en la ciutat de Roma, en l'Estudi de Bolonya i en el de Lleida». És a dir, els valencians de finals del XV s'emmirallaven en l'Estudi General de Lleida que portava ja dos segles en funcionament. Per això em resulta tan gratificant prendre avui la paraula en aquesta universitat.

Enguany és el centenari de Joan Oró, un científic lleidatà amb ressonàncies internacionals. M'han suggerit que us parle sobre l'origen de la vida, un camp d'estudi en el que Oró va excel·lir. Ho faig des de la meua vivència d'haver estudiat durant més de tres dècades una pregunta clàssica i profunda: *d'on venim?* Però també us parle des del respecte, l'admiració i l'amistat que vaig gaudir amb Joan Oró. Això també explica en part el que jo prenga la paraula avui ací.

La transició evolutiva de la matèria inerta a la viva no l'hem d'imaginar com un canvi nítid, una frontera definida. De fet, les fronteres ben traçades i inviolables són un invent recent de les relacions geopolítiques. 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 prou més rica que el concepte reduccionista actual.

Moltes fronteres són, de fet, processos borrosos. Penseu per un moment en la transició de la vida a la mort. La definició de la mort d'una persona és un territori de debat, si més no, neurocientífic, clínic, bioètic i jurídic. Ara mateix està en plena discussió als EUA com harmonitzar la legislació per tal d'evitar la situació paradoxal que algú puga estar mort a Califòrnia i viu a New Jersey. No és cap banalitat. De la definició de mort cerebral depèn tot el sistema de transplantament d'òrgans. Les fronteres difuses són més importants del que sembla i representen un desafiament intel·lectual per al pensament platònic i escolàstic.

Hem de veure la frontera entre l'inert i el viu no com una divisió estricta sinó com un procés ple de matisos. Com la transició de la nit al dia, a través de tota una escala contínua de tonalitats subtils i atenuades. Els extrems els tenim clars: la foscor de la química planetària al principi, la claror de les comunitats de microorganismes al final. El diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans defineix «albada» com el temps que transcorre des de trenc d'alba fins a la sortida del sol i per suggerir aquesta imatge de transició he titulat aquesta *lectio* com «L'albada química de la vida», una albada esfumada, poblada per sistemes de complexitat intermèdia entre la geoquímica i la bioquímica.

El problema de l'origen de la vida és inseparable del problema de l'evolució de la vida. L'estudi de la història de la vida terrestre estaria incomplet si no ens ocupàrem de com va començar tot. En una ocasió, Aleksandr I. Oparin –el bioquímic rus iniciador en la dècada de 1920 de l'estudi científic de l'emergència de la vida– en referir-se a *L'origen de les espècies* va dir que «Darwin va escriure el llibre, però li faltava el primer capítol». Cal remarcar que Ernst Haeckel fou el primer en adonar-se d'aquesta incompletesa. Aquest naturalista alemany va afegir una nota a peu de pàgina en la seua monografia sobre els radiolaris per assenyalar que Darwin, en eludir el problema de l'origen de la vida, no era sincer, ni consistent. Però ara sabem que Darwin era plenament conscient d'aquesta deficiència i que va deixar de banda el tractar en públic l'origen de la vida perquè pensava que mancava dels fonaments científics adequats. Per a ell, era una pregunta prematura.

La qüestió de l'origen de la vida formulada sobre una base científica sòlida és com qualsevol altre problema de caire històric: no sabem, ni sabrem, *com va passar*, però podem estudiar *com podria haver passat*. Això no té res d'especial si recordem que 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. 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. Darwin va preferir no respondre. Durant el darrer segle, tanmateix, hem estat en millors condicions de fer-ho.

L'enyorat historiador Miquel Batllori remarcava el caràcter agnòstic de la història perquè aquesta, deia, «no pot arribar normalment a una veritable certesa». Els fets històrics són únics, però la versió que ens donen diverses fonts poden ser discrepants i s'han de sotmetre a una permanent revisió. Llegint l'aclamada biografia del físic J. Robert Oppenheimer de Kai Bird i Martin J. Sherwin, sobre la qual es basa la pel·lícula que tant d'èxit està tenint, ens adonem de les fabuloses dificultats en la reconstrucció d'uns fets històrics a partir dels testimonis divergents dels diferents protagonistes. El director científic del laboratori de Los Álamos, un físic teòric brillant adaptat a la gestió de la complexitat, va fer possible el disseny i construcció de la bomba atòmica en un temps rècord. Fou Oppenheimer una peça insubstituïble en l'engranatge del projecte Manhattan destinat a que els EUA posaren fi a la Segona Guerra Mundial? Fou un traïdor perquè era partidari de facilitar informació sensible als soviètics? Fou la víctima d'una conspiració de l'aparell militar i industrial que el veia com un obstacle perillós, gairebé insalvable, per als propòsits de proliferació d'armament nuclear durant la postguerra?

Les respostes a aquestes i d'altres preguntes són plenes de matisos en funció de qui les formule fins al punt que podem trobar versions divergents d'un mateix fet.

Amb l'origen de la vida ens passa una cosa semblant i explicar com va aparèixer la vida al nostre planeta és problemàtic, perquè no tenim una versió única del que va succeir. Aquesta pregunta fonamental quedaria fora del domini de la ciència si l'origen de la vida hagués estat el resultat d'un fenomen altament improbable, irrepetible, gairebé un miracle. Si fora així, perdríem 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.

Hem de convenir, doncs, que el tipus de resposta que cerquem està forjat per la naturalesa històrica de la pregunta. Els 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 l'ambient fisicoquímic de la Terra de finals de l'Hadeà – el temps més remot del planeta, els 500 milions d'anys posteriors a la seua formació, fa 4.500 milions d'anys –, sinó, essencialment, perquè aquesta naturalesa històrica del problema inclou fenòmens emergents difícils de reduir a la pura física i química, que requeriran altres marcs explicatius.

Els textos d'Oparin i del biòleg britànic John B. S. Haldane publicats en la dècada de 1920 constitueixen, en retrospectiva, les contribucions pioneres més significatives de l'inici de l'estudi científic de l'origen de la vida. Amb tot, la seua aportació més perdurable no fou tant els detalls concrets de les hipòtesis sinó la proposta d'un veritable

programa de recerca experimental que incloïa la síntesi artificial de vida, un aspecte que ressona amb els corrents actuals de la biologia sintètica. Amb ells, per tant, acaba l'era especulativa –científica, metafísica o religiosa, tant se val– i entrem en una etapa experimental, la química prebiòtica, la química que va precedir la vida.

El primer èxit de l'exploració empírica d'aquestes idees en un laboratori el va protagonitzar el 1953 un estudiant de doctorat de la Universitat de Chicago, Stanley L. Miller, ajudat pel seu director de tesi, el premi Nobel Harold C. Urey. En demostrar la síntesi d'aminoàcids –els constituents de les proteïnes– a partir de gasos simples, que simulaven l'atmosfera primitiva, sotmesos a descàrregues elèctriques, Miller va inaugurar tot un camp d'estudi. En pocs anys, diversos grups de recerca repartits per tot el món emprengueren la via experimental marcada per ell. Un d'aquells laboratoris amb contribucions destacables fou el liderat per Joan Oró a la Universitat de Houston.

Des de l'inici de la dècada de 1960, Oró va fer aportacions importants a la química prebiòtica, començant per la demostració de la síntesi d'adenina a partir de cianur d'hidrogen –una molècula simple formada per un àtom de carboni, un de nitrogen i un d'hidrogen, present en l'espai interestel·lar i produït en els experiments de descàrregues elèctriques com el de Miller. L'adenina és una base nitrogenada constitutiva dels àcids nucleics, el DNA i l'RNA, i és una de les quatre lletres de l'alfabet genètic. A banda, també forma part de molècules essencials en el funcionament de la vida, com l'ATP, la moneda universal d'intercanvi energètic cel·lular. L'experiment pioner d'Oró connectava la química prebiòtica amb l'origen dels constituents dels polímers genètics i, gràcies a ell, l'adenina és ara una molècula més popular, present en llibres infantils (com el publicat fa poc per la Fundació Joan Oró) o en l'escut d'armes del marquesat d'Oró.

Però el fill petit dels forners de la pastisseria La Ràdio —emigrat als EUA en busca de la ciència dels orígens i fugint d'una postguerra sòrdida—, va fer una altra contribució significativa, poc després de la síntesi abiòtica d'adenina. Segons ell, els cometes serien portadors d'aigua i d'ingredients fonamentals per a l'origen de la vida. Ja se sabia que certs asteroides contenien materials orgànics i Oro va formular una hipòtesi agosarada, explorada intensament en les dècades següents: els materials orgànics extraterrestres, aportats per cometes, asteroides i partícules de pols interestel·lar, haurien contribuït a l'inventari de matèries primeres en l'origen de la vida. Oro inaugurava així una nova disciplina: la cosmoquímica orgànica.

La química prebiòtica no és només una derivada intel·lectual de les propostes d'Oparin i Haldane, sinó també un producte de la Guerra Freda. L'inici de la carrera de Miller va estar marcat pel destí de científics participants en el projecte Manhattan, així com per les tensions polítiques entre els EUA i la Unió Soviètica. El llançament de l'Sputnik el 1957 desencadenarà l'any següent la creació de l'agència espacial nord-americana (la NASA), que de seguida considerarà com una de les seues missions donar suport als estudis sobre l'origen de la vida i la cerca de vida fora de la Terra. En bona mesura, el desenvolupament inicial de la química prebiòtica es va finançar amb fons de la NASA i el laboratori d'Oro en fou beneficiari, sobretot amb la seua participació en els programes Apollo i Viking.

L'omnipresència dels compostos de carboni en la vida és una manifestació eloqüent del fet que, com deia Oró, l'univers és essencialment orgànic. La vida terrestre és cel·lular, i està basada en una química del carboni organitzada de manera peculiar i sorprenent. Però la matèria viva, en què es diferencia d'una mescla complicada de compostos orgànics en aigua líquida? Com passem d'una sopa rica en components similars o iguals als que usen les cèl·lules a un sistema amb capacitat d'autoconstruir-se i fer còpies d'ell mateix? Aquest és un dels grans reptes actuals: com aconseguir un nivell mínim d'organització, emulador de les coses que fan molt bé les cèl·lules. Per això ens caldrà comprendre no sols l'origen de determinats tipus de molècules sinó, sobretot, l'emergència d'una organització molecular complexa, d'un sistema amb una dinàmica pròpia.

L'enfocament actual és el de la *química de sistemes*, que no busca la síntesi robusta d'uns pocs components —com en les reaccions clàssiques de Miller i Oró—, sinó estudiar el comportament col·lectiu de sistemes més complexos i heterogenis. Una diversitat de laboratoris avancen en l'exploració experimental i computacional de químiques possibles, antecedents més probables del metabolisme. En les darreres dues dècades s'han obert camins prometedors en la comprensió de la química que pogué precedir la bioquímica.

La sopa prebiòtica es cuinà amb un punt just de confusió química. Ni massa ni massa poc. La química de sistemes així ho suggereix. Es tracta d'estudiar mescles complexes que paradoxalment donen productes relativament nets en lloc d'un quitrà intractable. La química de sistemes prebiòtics explota la *cooperació molecular* mitjançant la reactivitat, les interaccions catalítiques i el comportament físic de les

molècules dins de sistemes químics intricats, i ens guia cap a altres veïnats químics que potser foren avantpassats evolutius de les solucions adoptades per la bioquímica, però que ara no en formen part.

Heus ací un aspecte epistemològic notable. La recerca clàssica en evolució prebiòtica ha estat influïda per hipòtesis arrelades en la biologia coneguda: quin seria l'origen dels aminoàcids presents en les proteïnes, dels precursors de l'RNA, dels lípids constituents de les membranes cel·lulars... Aquesta extrapolació de la bioquímica cap al passat, en cerca dels seus antecedents prebiòtics, pot haver desenfocat la investigació, desviant la mirada sobre el possible protagonisme d'altres molècules primitives que, per les raons que siguen, són absents en la bioquímica evolucionada. Permeteu-me agafar prestada una metàfora proposada pel químic Ram Krishnamurthy per a il·lustrar la transició mental, ideològica en podríem dir, en la manera actual de fer química prebiòtica.

Es tracta de *la llegenda dels dèssset camells i els tres fills*, un enigma matemàtic que forma part d'una tradició oral, didàctica i recreativa, popular en el món islàmic i, des del segle XIX, prou estesa per Occident. Un home deixa dèssset camells en herència als seus tres fills. Segons el seu testament, el fill gran rebrà la meitat dels camells, el segon un terç i el més jove un novè. Els tres fills es troben enmig d'una situació estranya perquè no saben com repartir els dèssset camells sense sacrificar-ne un per ajustar les proporcions, una solució contrària a la voluntat del pare. Al final, decideixen consultar un vell savi que els proposarà afegir a l'herència un camell de la seua propietat. D'aquesta manera es podran repartir díhuit camells de la següent manera: nou el fill

gran, sis el segon i dos el tercer, i en sobrarà un, que recuperarà el savi que ha solucionat un problema aparentment insoluble.

Divertiment aritmètic a banda, la faula del dihuité camell ens posa davant de la paradoxa d'un objecte alhora prescindible (a llarg termini) però indispensable (a curt termini). Una essencialitat original absent en el producte final. Reaccions protometabòliques que exploren el veïnat químic de rutes biològiques quasi universals; bases nitrogenades no canòniques com l'àcid oròtic; els depsipèptids precursors dels polipèptids; els híbrids d'àcids nucleics i els seus anàlegs químicament emparentats amb ells; els àcids grassos simples formadors de vesícules: totes aquestes molècules podrien estar parlant-nos de processos prebiòtics abans de les decisions, casuals o no, que originaren la bioquímica universal, un domini químic al qual elles ja no pertanyien.

Si els darrers tres-cents anys ens han omplert de conceptes, de teories, d'idees, de visions encoratjadores i fantàstiques sobre l'univers, la vida i les humans, per què no hem d'esperar encara més sorpreses fascinants? Estic convençut que veurem novetats increïbles sobre possibles paisatges químics primitius que no sols mostraran la seua plausibilitat en el laboratori sinó que, qui sap, casaran bellament amb les dades provinents d'altres objectes del sistema solar que ens donaran pistes sobre el passat més remot del nostre planeta.

L'avanç de la ciència és un relat del desplaçament del protagonisme de l'espècie humana cap a la perifèria de la història. La Terra no és el centre de l'univers i els humans no som la culminació de cap procés evolutiu sinó una branqueta més de l'ufanós arbre de la vida.

Les explicacions antròpiques de l'univers, és a dir, que tot el món físic està ajustat per a l'aparició de la ment humana, són indistingibles dels mites creacionistes. L'univers no té cap direcció cap a la consciència: l'evolució en el planeta Terra és una història dominada pels microbis i nosaltres estem ací per accident, no per a complir cap disseny. Donant-li veu a la vida terrestre, el científic i poeta Carlos Briones li fa dir: *puede no ser*.

Així i tot, és reconfortant saber que som l'única espècie en el planeta –i qui sap si en la galàxia i més enllà–, amb capacitat d'entendre el món que ens envolta i nosaltres mateixos. I que fa coses tan extraordinàries i excelses com cuinar i compartir els aliments. Tanmateix, hem de reconèixer que la nostra actitud amb el planeta i la resta de la biosfera és d'una hostilitat suïcida: el nostre comportament col·lectiu davant la crisi climàtica és lamentable i indigne. Negar i renunciar a tot el que ja sabem pot tenir efectes catastròfics sobre la nostra espècie. D'ací el sentit essencial, vital, del foment de la cultura científica. I, en eixe sentit, les universitats públiques tenim una gran responsabilitat.

Joan Oró era un optimista científic i humanístic, amb una gran confiança en el futur de la ciència. Deixeu-me dir que això l'emparenta intel·lectualment amb un altre lleidatà eminent i lúcida que enguany també celebra cent anys: l'escriptor Josep Vallverdú. En el darrer volum de les seues memòries, *Mosaïc de tardor*, Vallverdú qualifica d'execrable la negació de la ciència, a propòsit de la covardia i la insolidaritat dels antivacunes davant l'èxit mèdic contra la pandèmia que hem viscut. De ser avui ací, Oró també exaltaria el valor i la potència del pensament científic per enfrontar una crisi sanitària com la causada pel coronavirus.

Per a Oró, una vida inserida en l'evolució còsmica, els sers vivents com part integral de la natura, era un concepte ennoblidor, no pas empobridor, per bé que per a ell tot restava obert a perspectives més transcendents. Oró adheria al seu sentiment més íntim sobre el món, la nostra llibertat per dotar la vida del sentit que desitgem. Ell va triar el *Cant espiritual* de Joan Maragall com expressió insuperable de l'exaltació del món que ens envolta, l'expressió d'un científic connectat emocionalment amb el seu objecte d'estudi, un veritable enamorat de la vida:

*Amb quins altres sentits me'l fareu veure,
aquest cel blau damunt de les muntanyes,
i el mar immens, i el sol que pertot brilla?
Deu-me en aquests sentits l'eterna pau
i no voldré més cel que aquest cel blau.*