

Publicat originalment al vol. 39 (1986), p. 15-36

LA VIDA: UNA DE LES FORMES DEL MOVIMENT DE LA MATÈRIA

ALEKSANDR I. OPARIN

Institut A.N. Bakh de Bioquímica de l'Acadèmia de Ciències de la URSS, Moscou

Nat a Uglich, Rússia, el 2 de març de 1894. Mort a Moscou el 21 d'abril de 1980.
Versió catalana de Sílvia Atrian i Ventura, a partir de la versió castellana
de Vana Benda i Antonio Lazcano.

En observar la Naturalesa que ens envolta, és fàcil dividir-la en dues classes: una, el món sense vida, inorgànic, i l'altra, el món dels éssers vius. Aquest darrer és representat per una gran varietat d'animals, plantes i microorganismes. Encara que, aparentment totes aquestes formes de vida són molt diferents entre si, immediatament ens adonem que totes tenen alguna característica comuna, quelcom que les distingeix dels objectes del món inorgànic, quelcom que ens obliga a incloure-les totes sota una única denominació: la d'«organismes vius».

En què consisteix l'essència d'aquest «quelcom»? Quina és l'essència de la vida? Heus ací una qüestió que, en el cas que manqui d'una solució fonamentada científicament, no permetrà la formació d'una concepció racional del món que reflecteixi correctament la realitat objectiva.

D'altra banda, la resposta a aquest problema condiona també l'activitat pràctica de l'home en totes aquelles esferes on estableixi una relació amb d'altres organismes vius, com, per exemple, l'agricultura o la

medicina. En tots aquests casos, les formes en què l'home influeix sobre la natura viva resultaran ésser molt més fructíferes com més profundament ell sigui capaç de penetrar en l'essència de la vida i de comprendre-la correctament.

El món d'allò que és viu sempre ha atret l'interès de la inquisitiva ment humana. No existeix ni un sol sistema religiós o filosòfic, o un sol pensador que no s'hagi preocupat d'una manera pregonera per aquesta qüestió.

Segons les diferents èpoques i cultures, el problema de l'essència de la vida ha generat solucions diverses. Però tota la varietat de criteris, passats i presents, que s'han aplicat a l'estudi de la qüestió poden reduir-se bàsicament a dues grans concepcions que, a la vegada, corresponen a dos camps filosòfics en constant enfrontament: l'idealisme i el materialisme. Els representants de l'idealisme veuen l'essència de la vida en un cert principi etern i supermaterial, impossible d'ésser estudiat per mètodes experimentals. Des de la perspectiva idealista, la matèria, que és una realitat ob-

jectiva del món que ens envolta, resulta ésser per si sola un ens inert i estancat. Serveix únicament de material a partir del qual Déu, o qualsevol altra entitat espiritual, crearà vida. Així doncs, els éssers vius, l'origen de la seva adaptació i el caràcter «propositiu» de la seva estructura resten determinats no tant per les propietats de la matèria mateixa, com per l'impuls d'un Creador que ha engendrat vida.

Per tant, si partim d'aquestes concepcions idealistes, podem estudiar de manera objectiva els organismes i llurs components, però, en principi, és impossible conèixer, mitjançant un mètode objectiu i experimental, l'essència intrínseca de la vida.

Únicament per mitjà del coneixement especulatiu és possible d'atansar-se a la comprensió d'aquest origen diví. Segons aquestes concepcions, tothom duu dins seu les empremtes de l'origen diví i no podem fer res més que contemplar la resta del món viu de manera passiva.

El problema de l'essència de la vida és abordat des de posicions diametralment oposades pel materialisme, el qual, a partir dels resultats obtinguts per les ciències naturals, afirma que tant la vida com tot allò que ens envolta és de naturalesa material; i no invoca, per al seu coneixement, l'acceptació necessària d'un suposat principi espiritual inabastable per mètodes experimentals. Ans al contrari, l'estudi objectiu de la naturalesa circumdant no només és el camí més segur que ens conduirà al coneixement de l'essència pròpia de la vida, sinó que, a més a més, ens permetrà canviar i transformar la naturalesa viva en una direcció determinada, per al benefici de la humanitat.

Trobem aquesta antítesi en les concepcions de la natura i de l'essència de la vida, ja des de les obres literàries més antigues que ens han arribat, escrites en societats de les quals ens separen molts mil·lennis. Així,

i a tall d'exemple, descobrim en el notable poema babilònic titulat «Conversació entre un esclau i el seu amo» (Struve, 1926) una crítica important dels dogmes religiosos que predominaven en aquella època. Una dualitat similar en les concepcions sobre la naturalesa de la vida es manifesta també en els testimonis jeroglífics de l'Antic Egipte (Tulaev, 1936) que han perdurat fins als nostres dies, com és ara la «Conversació d'un desil·lusionat amb el seu esperit» (Lurie, 1939). Els pensadors més destacats de l'Índia també ens han llegat una rica herència filosòfica. En les obres literàries hindús, escrites molts segles abans de la nostra era i que s'han conservat fins avui, per exemple els *Veda* i *Upanishadas* (Lurie, 1953), en les creacions èpiques més antigues del *Mahabarata* (Lurie, 1927) i el *Ramayana* (Lurie, 1952), i també en els vells textos del budisme i del bramanisme, es veuen reflectides tant les concepcions idealistes com materialistes sobre l'essència i origen de la vida. Els antics savis hindús interpretaven aquests fenòmens com el resultat bé d'un acte creador de caràcter sobrenatural, bé com un fenomen natural inherent a la naturalesa mateixa.

De la mateixa manera que va esdevenir-se en altres països de l'Antic Orient, també en la vella Xina el pensament filosòfic es va desenvolupar tant per la via idealista com per la materialista. Els elements d'una i altra concepció del món ja estaven inclosos en les obres de Confuci, per la qual cosa la filosofia xinesa posterior donà lloc a textos estrictament idealistes [Dunchunzhu (Lurie, 1957)] alhora que també materialistes (Van-Hun, 1957).

En els mateixos orígens de la nostra cultura europea, en les obres dels savis de l'Antiga Grècia, topem també amb una lluita entre l'idealisme i el materialisme en el seu afany per comprendre millor la naturalesa. Els primers filòsofs grecs, que vi-

vien a l'Àsia Menor, eren els hereus ideològics de la civilització que va construir els canals mesopotàmics (Makovelski, 1918). Tales, el més antic d'aquests pensadors grecs, ja havia abordat el problema de l'essència de la vida des de posicions poètiques i materialistes. El seu principi fonamental fou el reconeixement de l'existència objectiva de la matèria a la qual la vida li és pròpia. Més tard, Demòcrit (Deborin, 1924-1925) expressà unes idees anàlogues i, amb els seus ensenyaments, el materialisme antic es va elevar al punt culminant de la seva evolució. D'acord amb les seves idees, la base de tot allò que té existència és la matèria, la qual es compon d'una gran quantitat de partícules petitíssimes, els àtoms, que estan separades entre si per espais buits, i que es troben en constant moviment. Aquest moviment mecànic dels àtoms constituïa, per a Demòcrit, una propietat inalienable de la matèria, que era la que determinava la formació de tots els cossos individuals. En particular, Demòcrit creia que la vida mateixa no era el producte d'un acte de creació divina, sinó el resultat d'una combinació d'àtoms que, malgrat el seu caràcter casual, restava absolutament definida pel seu constant moviment mecànic. Cent anys després, Epicur, un altre notable pensador de l'Antiga Grècia, ocupava les mateixes posicions filosòfiques.

És així com bastants segles abans de la nostra era, la naturalesa de la vida fou considerada ja per moltes de les antigues escoles filosòfiques des de posicions materialistes. Però el desenvolupament posterior de les idees sobre l'essència de la vida va entroncar, no amb la línia materialista de Demòcrit, ans al contrari, amb la línia idealista de Plató.

Plató (Simplicius, 1952), el deixeble de Sòcrates, és considerat, i amb justícia, el representant més destacat de l'idealisme

antic. Plató afirmava que «l'existència real» estava determinada per un món d'idees immaterials, eternes i invariables, i que els objectes mutables i sensibles que podem percebre no són sinó ombres d'aquell món.

En total correspondència amb les seves posicions filosòfiques globals, Plató afirmava que, per si mateixa, la matèria vegetal i animal no era viva, ja que només podia adquirir vida si s'hi introduïa una ànima immortal.

Les idees de Plató sobre l'essència espiritual de la vida arribaren a exercir una gran influència sobre el desenvolupament posterior del problema que estem discutint. En els segles següents, abans de la nostra era, i també en els seus inicis, les idees de Plató suposaren la base teòrica per a l'escola dels estoics, que va dominar molt en aquella època, i per a d'altres tendències idealistes en la filosofia de Grècia i l'Antiga Roma.

L'obra d'Aristòtil posseeix un significat excepcional en la història del desenvolupament de les idees sobre l'essència de la vida. Pels seus mètodes de recerca, Aristòtil pot ésser considerat en gran mesura com a materialista. Nogensmenys, els seus ensenyaments filosòfics tenen un doble caràcter, ja que contenen tant concepcions materialistes com idealistes.

D'acord amb Aristòtil, la Naturalesa és un conjunt d'objectes que posseeixen un substrat material que es troba en moviment constant. El món material sempre ha existit i sempre existirà. Per comprendre'l, no ens cal el món hipotètic d'idees postulat per Plató. Per a Aristòtil, el coneixement de la veritat és, abans de res, el coneixement dels fenòmens naturals. Malgrat això, en desenvolupar les seves idees sobre la unitat i la relació mútua entre la matèria i la forma, Aristòtil afirmà que cada fenomen de la Naturalesa conté en si mateix una força orientada cap a una finalitat, que li

dóna vida i la preserva. Els éssers vius, així com els altres objectes concrets (ens), contenen la «matèria» primària i la «forma». La forma és, per als éssers vius, el principi vital, «l'entelèquia del cos», l'ànima. S'ha de remarcar que el significat que Aristòtil atribuïa a la paraula *ànima* era completament diferent d'aquells que, més tard, li donarien els representants de les idees religioses i vitalistes. Segons Aristòtil, l'ànima, que posseeixen també plantes i animals, és material, però no pot existir sense la matèria. Aquesta ànima dirigeix segons una orientació per a menar a un objectiu preestablert. Així, la variada activitat dels éssers vius no és sinó un reflex de la seva aspiració per a atènyer finalment el seu benestar.

Els primers segles de la nostra era estan caracteritzats per un enorme predomini de les concepcions idealistes de la naturalesa de la vida, que varen trobar la seva expressió més clara en el segle III, amb les doctrines neoplatòniques. Plotí (Meyer, 1914), el representant més notable d'aquesta escola filosòfica, fou qui primerament formulà la idea de la «força vital», que ha arribat als nostres dies gràcies a les teories dels vitalistes moderns.

Les autoritats teològiques de finals del segle IV i principis del segle V, els anomenats «Pares de l'Església», combinaren les llegendes bíbliques amb els ensenyaments dels neoplatònics, i sobre aquesta base desenvoluparen una concepció mística de l'essència de la vida que va imperar sense excepció en la ment de la humanitat durant tota l'edat mitjana.

En el segle XIII, les doctrines de St. Tomàs d'Aquino (Steckl, 1912) tingueren una significació important en la formació de les concepcions idealistes sobre la naturalesa de la vida; concepcions que, fins avui, són considerades com l'única filosofia vertadera per part dels teòlegs catòlics neotomistes (Blandino, 1969).

D'acord amb St. Tomàs d'Aquino, Déu és l'origen de tot allò que existeix. Ell va crear-ho tot, de manera que les propietats característiques de cada objecte ocupen un lloc secundari. Així doncs, tots els fenòmens, tant del món físic com dels éssers vius, transcorren segons aquestes lleis. Però el caràcter «prepositiu», aparentment finalista, de tot allò que és viu no pot ésser reduït únicament a fenòmens físics. Aquest caràcter està determinat per la presència, en els éssers vius, d'un «principi vital» especial, que posseeix un origen primari i que dirigeix totes les activitats de l'organisme cap a una sola finalitat.

No fou fins a l'època del renaixement que va començar a trontollar el predomini absolut de les concepcions idealistes sobre la naturalesa de la vida i quan novament sorgiren temptatives d'aproximació a l'estudi de l'essència de la vida des d'una perspectiva materialista. Aquestes tingueren una expressió especialment brillant en l'obra del gran filòsof francès René Descartes (Descartes, 1838). En forta contradicció amb els ensenyaments teològics que dominaven en la seva època, i també amb les tendències antropocèntriques de la física medieval, Descartes tractà de reduir tota la varietat qualitativa dels fenòmens naturals de la matèria i el seu moviment. Des d'aquesta posició, els organismes vius poden ésser entesos sense necessitat de lleis especials o d'una «força vital». Així, per a Descartes, l'organisme és vist com una màquina extremament complexa, però totalment comprensible a partir de la seva estructura, i el moviment de la qual depèn, en exclusiva, de la pressió i les col·lisions de petites partícules de matèria. Aquest moviment fóra semblant al dels engranatges dels grans rellotges de les torres.

Els últims anys del segle XVII i els primers del XVIII es caracteritzen per la florida de la recerca experimental i objectiva

sobre la natura viva. Per exemple, encara que durant molts segles es va acceptar la falsa creença sobre l'origen espontani dels animals complexos a partir de diferents substàncies en descomposició, els experiments de Francesco Redi (1668) la desmentiren de manera clara i Anton van Leeuwenhoek (1695) descobrí el món dels microbis, que fins aleshores havia restat invisible. Tot això va representar un enfortiment de les posicions que defensaven una interpretació materialista de la naturalesa viva. Mes les interpretacions idealistes de l'essència de la vida no s'havien debilitat. Citarem, per exemple, que el descobriment de la ubiqüitat dels organismes més petits quedà reflectit en la Teoria de Leibnitz (1908) sobre les mònades que, segons aquest autor, eren els centres de força espiritual que constituïen el principi elemental de tot allò que existeix; que es trobaven dispersos per tot arreu i que es caracteritzaven per la seva simplicitat absoluta i per la seva indivisibilitat. Ja que, segons Leibnitz, la matèria és passiva, les mònades representarien la substància espiritual de l'ànima perquè només l'esperit té la propietat de l'activitat ininterrompuda.

Els continuadors de la línia materialista de Descartes i de les seves doctrines sobre la naturalesa dels éssers vius són els filòsofs francesos de la «Il·lustració» del segle XVIII. El seu materialisme, però, va evolucionar cap a unes posicions mecanicistes més accentuades encara que les de Descartes mateix. Aquest fet s'explica si hom té en compte que durant aquest període l'única de les ciències naturals que va tenir un desenvolupament prou poderós va ésser precisament la mecànica.

Un bon exemple el trobem en les idees de Julien Geoffroy de la Mettrie (1925), que, en el seu llibre *L'home màquina*, publicat de manera anònima, analitzà —al contrari que Descartes— no només els animals

sinó també l'ésser humà com a «màquines summament sàvies». La Mettrie creia que en la base de tots els fenòmens naturals, el pensament inclòs, s'hi trobava la matèria, a la qual suposava dotada de capacitat d'extensió i de moviment.

El representant dels enciclopedistes francesos Denis Diderot (1941) refusà de manera decidida la dualitat de l'esperit i el cos, i acceptà també la matèria com a base única de tots els fenòmens naturals. Els elements de la vida eren, per a ell, les molècules i, fins i tot, arribà a afirmar que les diverses partícules de les substàncies orgàniques estaven vives.

En oposició amb els materialistes francesos, els representants alemanys de la *Naturphilosophie*, del final del segle XVIII i el principi del XIX, desenvoluparen una concepció estrictament idealista de la naturalesa de la vida. Immanuel Kant (1970) refusà categòricament la possibilitat de conèixer l'essència de la vida a través d'un camí materialista, i en la seva obra *Crítica de la raó pura* escrigué que «és indubtable que ni les substàncies orgàniques ni la seva essència interna poden ésser explicades ni sotmeses a estudi a partir d'uns principis mecànics de la naturalesa». Aquesta opinió era compartida per d'altres seguidors alemanys de la *Naturphilosophie*, com H. Hegel (1934), F. Schelling i L. Oken (1843).

Aquest breu resum de la història de les concepcions sobre la naturalesa i essència de la vida ens demostra com, durant molts segles, aquest problema ha estat un dels més importants camps de polèmica entre l'idealisme i el materialisme. Cap a finals del segle passat i principis del nostre, la lluita va adquirir un caràcter especialment dur. Aproximadament en aquella època es va generar una contradicció, en aparença sense sortida, entre el vitalisme i el mecanicisme. Tanmateix, l'aparent inevitabilitat d'aquesta contradicció no era sinó el resul-

tat de la manca de comprensió de la dialèctica de la naturalesa viva.

La *Naturphilosophie* i el corrent idealista en la biologia —el vitalisme— adquiriren llur desenvolupament més ostentós des de mitjans del segle XVIII. En aquell temps, els coneixements sobre la vida eren tan limitats que semblava del tot impossible explicar els processos fisiològics i de formació dels organismes sense recórrer a la suposada acció d'una «força vital» peculiar i immaterial. Però a finals del segle XVIII, assistim a una poderosa onada de grans descobriments en els camps de la física i la química. Sobre aquesta base fou concebuda la possibilitat d'aplicar l'experimentació a la biologia. A través d'un camí purament materialista es podia comprendre tota una sèrie de processos vitals, basant-se en lleis que també s'aplicaven al món inorgànic. Des d'aquesta època, el vitalisme començà a sofrir una desfeta darrere una altra. El vitalisme s'havia exhaurit a si mateix, sobre tot durant l'últim quart del segle passat. Semblava com si el concepte de «força vital» fos enterrat per sempre més, es va convertir en quelcom totalment inútil, i fins i tot constituí un obstacle en el camí de la marxa triomfal del coneixement científic de la natura.

No obstant això, no és estrany que a finals del segle passat i a principis d'aquest es produís un resorgiment del vitalisme, o de l'anomenat neovitalisme, que no era res més que una reacció a la simplificació mecanicista de la interpretació holista del procés viu. En la seva forma més ortodoxa, el neovitalisme trobà la seva expressió en la doctrina de H. Driesch (1905, 1929) sobre l'autonomia total de l'essència de la vida. D'acord amb Driesch, els processos que tenen lloc en l'organisme viu no són el resultat de factors físics o químics, ni de la seva combinació. Així doncs, per comprendre els fenòmens vitals, hauríem d'admetre l'e-

xistència d'un factor immaterial en l'organisme que dirigís tota l'activitat dels éssers vius (activitat vegetativa inclosa). Aquest factor hipotètic fou designat per Driesch amb el terme aristotèlic d'«entelèquia», però li assignà un contingut diferent.

És obvi que el valor de qualsevol recerca objectiva del món dels organismes que pretengui conèixer l'essència de la vida queda qüestionada si admetem la prioritat de l'entelèquia sobre els factors fisicoquímics a l'hora d'establir la direccionalitat del procés vital. És per aquesta raó que les idees de Driesch no tenen avui dia partidaris, no només entre els naturalistes, sinó tampoc entre els teòlegs i altres representants extremistes del camp idealista. Per exemple, encara que els seguidors actuals de Tomàs d'Aquino, els neotomistes, accepten la crítica que Driesch fa del materialisme, consideren, però, que la «força vital» o l'«entelèquia» no pot dirigir de manera constant i voluntària tots els processos vitals, com faria un xofer amb el seu automòbil. Amb l'excepció de l'ànima humana, per als neotomistes tots els aspectes de l'organització dels éssers vius i tots els processos vitals estan determinats per lleis físiques i químiques invariables. Per tant, els podem estudiar i, fins i tot, els hem d'estudiar pel camí experimental materialista, però, d'acord amb el seu punt de vista, tots els fenòmens de la vida i tot llur desenvolupament estan dirigits envers un pla diví de creació (Blandino, 1969).

Opinions finalistes anàlogues són compartides, no solament pels teòlegs, sinó també per altres teòrics que treballen en la solució de problemes biològics generals. Per exemple, Russel, en el seu llibre *El comportament dels animals* (1962) cita que, encara que ell no cregués en les bases místiques de la vida, reconeixia com a indispensable l'existència d'una certa orientació genesiaca del desenvolupament biològic

que determinés el caràcter racional de l'organització de tot allò que és viu.

A finals de la primera meitat del segle xx tingueren àmplia difusió entre molts filòsofs i biòlegs les teories que sovint es reuneixen sota la denominació comuna d'organicismes o holistes (del grec *holos*, 'tot').

Sorgiren com una reacció lògica, fins a cert punt, en contra de l'aspiració dels mecanicistes de conèixer l'ésser viu simplement com la suma de les seves parts, és a dir, contra la temptativa, parlant en termes simplistes, de desmuntar els organismes com si fossin rellotges en els seus cargols i engranatges, i sobre la base de l'estudi d'aquestes parts, penetrar en el coneixement de l'essència mateixa de la vida.

D'acord amb una afirmació que encara s'atribueix a Plató, el tot és quelcom que sempre és més gran que la suma de les seves parts. És només aquesta afirmació correcta del predomini del tot sobre les seves parts que uneix els partidaris de l'holisme, perquè alguns comparteixen punts de vista extremament idealistes, mentre que d'altres, al contrari, tracten de donar un sentit a la visió integral de l'ésser viu partint d'idees materialistes, com Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1928, 1949) i A. Novikoff (1945). El punt bàsic en aquesta relació és el problema de la diferència fonamental del tot respecte a la suma de les seves parts, i de la seva essència i origen.

La majoria dels holistes desenvolupen una concepció molt propera al neovitalisme, encara que critiquin «l'entelèquia» de Driesch. Així, per exemple, Meyer-Abich (1948) parteix de la idea que és impossible explicar l'origen d'allò que és complex a partir d'allò que és més simple; per a deduir més tard el concepte de la «casualitat holística» i del «camp holístic», l'essència interna del qual s'interpreta com un enigmàtic «coneixement immaterial» de la vida.

Una posició semblant fou adoptada per Y. Smuts (1938), un altre dels holistes d'orientació idealista. Segons ell, l'organisme sempre serà un enigma si el pretenem explicar emprant únicament la seva estructura, percebuda mitjançant els nostres sentits. La solució a aquest problema es pot trobar només en el camp immaterial. Així, segons Smuts, un camp de naturalesa intangible organitzat estructuralment resulta ésser el portador de totes les propietats d'un ésser viu.

Segons això, els representants del camp idealista, tant dels segles passats com del present, varen veure, i veuen, l'essència de la vida en un cert àmbit etern i sobrenatural, impossible de comprendre per via experimental. Es tracta de la «psique» de Plató, de «l'entelèquia» d'Aristòtil, de l'ànima immortal o de la partícula divina de les diferents creences i doctrines religioses; «el principi actiu intern» de Kant, la «força vital» dels vitalistes o d'altres conceptes equivalents. En particular, els vitalistes són els que s'han sentit més atrets per l'origen diví de l'essència de la vida, amb tal d'explicar una de les propietats més característiques de tot allò que és viu: l'excepcionalment «perfecta» adaptació de tota l'organització dels éssers vius al medi que els envolta, així com de les diferents parts que l'integren (molècules, orgànuls i òrgans) a les funcions que hi realitzen; és l'anomenat caràcter racional de l'estructura dels éssers vius.

En canvi, a partir de finals del segle passat, el materialisme va abordar, primer sota la seva forma mecanicista, l'estudi de l'essència de la vida des de posicions contràries al vitalisme. Molts científics del segle passat, així com els investigadors contemporanis que ocupen les posicions de l'estudi mecanicista de la vida, varen refusar i refusen les diferències qualitatives que existeixen entre els organismes i els cossos

inerts. Ignorant el procés de desenvolupament de la matèria com a camí per al sorgiment de noves qualitats abans inexistents, consideren que no hi ha, ni pot haver-hi, lleis específicament biològiques. Segons ells, les lleis fisicoquímiques que governen la naturalesa no viva són les mateixes que les que governen tots els fenòmens que es duen a terme en els organismes. Els mecanicistes consideren que l'acceptació de qualitats especials pròpies únicament d'allò que és viu equival al reconeixement d'un origen sobrenatural, és a dir, de l'existència de la «força vital», i s'obliden que les formes d'organització i moviment de la matèria poden ésser molt variades i que el reconeixement de les peculiaritats específiques de la vida no està necessàriament relacionat amb la negació de la seva naturalesa material.

Per als mecanicistes, la solució del problema del coneixement de l'essència de la vida està en l'explicació de tots els fenòmens biològics en termes físics i químics, és a dir, en la reducció de tots els fenòmens vitals a processos fisicoquímics: el reduccionisme. Per descomptat, l'anàlisi detallada de les substàncies i els fenòmens característics dels éssers vius és de summa importància i absolutament indispensable per al correcte coneixement de la vida. Els fascinants èxits de la bioquímica i la biofísica contemporànies en són la prova evident. Però, per més profundament i plena que s'arribi a conèixer les substàncies, estructures i processos que es localitzen en la base de l'organització dels éssers vius actuals, no es podrà, a partir únicament d'això, respondre la pregunta: per què aquesta organització és precisament així com és?, i, en particular: per què posseeix aquest caràcter racional, o sigui, aquesta organització de totes les seves parts que està tan ben adaptada a les funcions que hi duen a terme i, al mateix temps, l'organisme, com un tot, està

tan ben adaptat a l'existència sota unes condicions determinades de l'ambient?

Totes les doctrines religioses veuen l'origen d'aquest caràcter racional en la voluntat d'un creador, que generà la vida d'acord amb un pla determinat, orientant el seu desenvolupament progressiu cap a un objectiu final, que és la perfecció. Aquest punt de vista és compartit també pels representants d'altres doctrines idealistes —com els holistes, els finalistes i els organicistes. Veuen la causa de la perfecció i del caràcter racional de la vida, no en les propietats de la matèria, sinó en la revelació de l'origen espiritual que crea la vida.

Tret de l'analogia entre els organismes i les màquines, els mecanicistes no tenen quasi cap argument per a explicar aquest caràcter racional. Segons ells, la construcció i organització internes estan sempre adaptades al compliment d'un treball específic per a una màquina determinada; de la mateixa manera, la composició de les parts d'un organisme viu està adaptada al compliment de les funcions indispensables per a la vida. Fora de la vida, una adaptabilitat d'aquesta mena només existeix en les màquines. Ultra això, la feina de qualsevol màquina es pot reduir fàcilment i completament a fenòmens físics i químics. Per tant, segons els mecanicistes és precisament en la identificació dels éssers vius amb les màquines on sembla trobar-se l'únic camí per a salvar les ciències naturals de l'entelèquia mística dels vitalistes.

Sobre aquesta base, ja des dels temps de Descartes, i fins als nostres dies, ha existit la tendència a explicar l'organisme com una espècie de mecanisme molt complex. L'únic factor que anava variant en diferents èpoques era la formulació material d'aquesta tendència, cosa que reflectia l'estat del desenvolupament de la ciència i de la tècnica. En la segona meitat del segle XVII, i a principis del segle XVIII, el «se-

gle dels rellotges», la base de tot allò que existeix fou situada en el moviment mecànic, en el moviment de translació dels cossos en l'espai, realitzat d'acord amb les lleis de Newton. La vida fou tractada també des d'aquestes posicions, és a dir, únicament com un moviment mecànic molt complex, similar al funcionament dels rellotges de les torres.

Durant aquest període, l'anatomia ocupava un lloc excepcionalment important en el coneixement de la vida. Tanmateix, en el període següent de desenvolupament de la ciència, en el segle de «la màquina de vapor», des de finals del segle XVIII i tot el segle XIX, aquest paper va començar a ésser cobejat per la fisiologia, i el paper que havia tingut la mecànica en el coneixement de la vida va ésser traspassat a l'energètica. El prototipus dels éssers vius no era ja el rellotge, sinó els motors tèrmics. L'analogia entre la respiració i la combustió, enunciat per Lavoisier, va obtenir un ampli desenvolupament. Segons això, l'aliment és només el combustible que aboquem al foc del nostre organisme, per la qual cosa, el seu valor pot ésser expressat del tot en calories. Els principis essencials del coneixement de la vida durant aquest període foren les lleis de la conservació de la matèria i l'energia i la de l'augment de l'entropia, és a dir, la Primera i Segona Lleis de la Termodinàmica.

En la nostra època, s'esdevé la transició del segle de «la màquina de vapor» al segle de la «comunicació i direcció». El prototipus mecanicista actual de l'ésser viu ja no és una màquina tèrmica, sinó una computadora electrònica: la doctrina de l'alimentació deixa lloc a la fisiologia de l'activitat nerviosa superior; i l'energètica és substituïda per la cibernetica, una ciència sobre els procediments d'interpretació, transmissió, elaboració i utilització d'informació per part de dispositius de comandament, inde-

pendentment de la naturalesa material concreta d'aquests dispositius, siguin de metall o de carn, és a dir, siguin màquines o organismes (Wiener, 1958).

D'aquesta manera veiem com la temptativa de descriure la vida segons una analogia amb les màquines existeix des de temps immemorables. Però aquesta analogia no ens explica precisament allò que hauria d'explicar: l'origen del caràcter racional de l'organització dels éssers vius. Les màquines, en condicions naturals, no sorgeixen per si mateixes. El caràcter racional de la màquina i l'adaptació de la seva construcció al compliment d'una feina determinada no poden ésser deduïts de l'acció mútua d'algunes lleis del món inorgànic, ans al contrari, és el fruit de l'activitat creadora de l'home, dels seus esforços de creació.

Els enemics de les idees materialistes opinen irònicament que un tros de ferralla no pot convertir-se, ell sol, en una limusina, per molts milers de milions d'anys que transcorrin. És molt característic el fet que quan tracten d'explicar l'adaptació interna dels organismes, és a dir, «llur caràcter racional» a partir de l'analogia amb les màquines, arribin, sense voler-ho, a les mateixes conclusions que els idealistes: a l'acceptació de la voluntat d'un creador.

Un exemple molt significatiu n'és el llibre d'un dels més grans físics del segle XX, Erwin Schrödinger, *Què és la vida? L'aspecte físic de la cèl·lula viva* (Schrödinger, 1947). En la seva introducció, l'autor es planteja la necessitat d'explicar l'essència de la vida sobre una base purament materialista. A la vegada, aborda la solució de la pregunta plantejada des de posicions mecanicistes pures i considera que l'organització de la vida està basada en el principi del «mecanisme de rellotgeria». Malgrat tot, Schrödinger, en la conclusió de la seva obra, es veu obligat a caracteritzar la vida dient que «[...] no és el resultat del barroer

treball humà, sinó la més fina i precisa obra mestra aconseguida per la mecànica quàntica del Senyor». D'aquesta manera, i a pesar que inicia l'obra amb una anàlisi materialista de la qüestió de l'origen de la vida, arriba inevitablement a l'irracionalisme.

El mecanicisme en general, i més tard també el reduccionisme, tot i haver aconseguit molt en l'estudi dels éssers vius, es veuen impotents i aturats davant del problema de l'origen de la vida. Els naturalistes mecanicistes de la segona meitat del segle passat, que veieren en l'autogènesi espontània i sobtada dels microbis l'única via possible a la solució del problema de l'origen de la vida, varen caure en una pregona desillusió després dels irrefutables experiments de Pasteur (1860a, 1860b, 1861, 1862, 1863) que desmentiren la possibilitat d'aquest tipus d'autogènesi, i ja no varen dedicar-se a tractar de resoldre el «maleït» problema sinó a buscar raonaments que demostrassin que aquest era irresoluble. Amb aquesta base va sorgir, segons expressió de J. D. Bernal (1969), la «pràctica de subterfugis», que no tractava res més que eludir la solució real del problema de l'origen de la vida. Dues d'aquestes hipòtesis han arribat fins als nostres dies. Una d'elles parteix de la suposició que la vida mai no va sorgir de la matèria no viva, sinó que ha existit eternament. Mes, ja que el nostre mateix planeta no és etern, es tracta d'explicar l'aparició dels organismes terrestres argumentant que els gèrmens de la vida provenien d'altres mons i arribaren al nostre en meteorits o en partícules de pols còsmica (Richter, 1865, 1870). Aquesta darrera possibilitat fou plantejada pel notable físic i químic suec Svante Arrhenius (1912a, 1912b, 1925), amb la denominació d'hipòtesi de la *panspèrmia*.

A finals del segle passat, Frederic Engels (b) va sotmetre la hipòtesi de l'eternitat de

la vida a una crítica precisa i enderrocadora. Va demostrar que aquesta tancava dos conceptes completament diferents: a) l'eternitat de la vida, on aquesta és «quelcom» que mai no va ésser originat i que es transmet de manera successiva d'un organisme a un altre i b) un sorgiment constant i «etern» de la vida com a forma peculiar del moviment de la matèria, que apareix de nou en totes aquelles parts on es donen les condicions adequades. Podem pensar que el nostre planeta no és l'únic indret amb vida, sinó que en d'altres cossos celestes de l'Univers on hi ha hagut unes circumstàncies adequades d'aquesta forma de moviment de la matèria, ja va sorgir o sorgirà. Però des d'aquest punt de vista, i encara que es descobrís que la introducció dels gèrmens en la Terra realment va tenir lloc, no s'aportaria res al problema de l'origen de la vida, perquè la seva aparició hagué d'haver transcorregut en algun altre cos celeste. La hipòtesi de l'origen extraterrestre de la vida continua, a pesar de tot, figurant en la literatura científica, encara que no compti amb cap fonament teòric sòlid (Crick i Orgel, 1974). Les múltiples temptatives de descobrir en els meteorits alguns gèrmens vius o, com a mínim, les seves restes mortals, no han donat resultats positius, de la mateixa manera que no n'ha donat la hipòtesi de la panspèrmia. Malgrat el grau d'avenç de l'exploració espacial aconseguit per la Humanitat, no es compta amb cap prova irrefutable de l'arribada a la terra de microbis extraterrestres.

La segona de les hipòtesis que hem mencionat afirma que l'aparició del primer ésser viu, o de la «molècula primigènia viva» a la Terra no va ésser un esdeveniment determinat per alguna llei natural, sinó una raríssima «casualitat afortunada» que va poder ocórrer en el nostre planeta una sola vegada durant tot el temps d'existència de la Terra, que constitueix un fet totalment

irrepetible i que no pot ésser verificat experimentalment. Aquesta hipòtesi va trobar un públic propici entre els genetistes, a causa de l'èxit en l'estudi del paper de l'àcid desoxiribonucleic en els processos de l'herència. Des d'abans de la Segona Guerra Mundial, H. Muller (1947, 1955) va desenvolupar la teoria de l'aparició a la Terra, de manera totalment casual, d'una «molècula genètica viva», amb estructura molecular interna, que es va anar transmetent sense canvis substancials a través de tot el desenvolupament de la vida en el nostre planeta. Posteriorment, les nucleoproteïnes del virus del mosaic del tabac es convertien en el prototipus d'aquesta suposada molècula viva, encara que ara se sap que els virus no poden ésser considerats com a etapes intermèdies en el camí de l'origen de la vida. De fet, primerament ha de sorgir la vida i després els virus, no a l'inrevés.

Malgrat tot, la idea d'aparició primària casual de l'àcid desoxiribonucleic està àmpliament difosa en la literatura científica, i va arribar a introduir-se àdhuc en alguns manuals de biologia (Lehninger, 1974), encara que la probabilitat d'un esdeveniment d'aquest tipus no sigui més gran que la que un simi arribi a escriure *Hamlet* mentre juga amb les tecles d'una màquina d'escriure.

En la seva obra *L'atzar i la necessitat*, Jacques Monod, a partir de la suposició que està molt lluny d'ésser provat que l'aparició de la vida a la Terra pugui donar-se en més d'una ocasió, considera aquest esdeveniment com a casual, és a dir, no determinat per cap llei natural. «Això significa», va escriure Monod, «que la probabilitat *a priori* d'aquest esdeveniment és pràcticament igual a zero».

Durant aquests darrers anys, s'han publicat a l'estranger un gran nombre d'articles i llibres en els quals llurs autors, ene-

mics de la concepció materialista de l'essència de la vida, i basant-se en els intents estèrils dels mecanicistes per resoldre el problema de l'origen primari del món, tractaren de demostrar que, en principi, la qüestió de l'origen de la vida és mancada de solució si no s'admet la intervenció d'un poder espiritual (Monod, 1976; Wilder-Smith, 1970).

Però l'origen del cul-de-sac on es troben els mecanicistes no es troba en l'existència del problema en si —com pretenen expressar els representants del camp idealista—, sinó a atacar-lo amb una metodologia errònia que ignora els processos de l'evolució de la matèria i refusa l'existència de qualsevol diferència qualitativa entre els organismes i els objectes de naturalesa inorgànica.

En contraposició del mecanicisme, el materialisme dialèctic considera la vida com una forma qualitativament peculiar de l'organització i el moviment de la matèria, que va sorgir com a resultat d'una sèrie de processos naturals en una etapa determinada de la història de la Terra —i potser d'altres cossos celestes—, en el procés de desenvolupament evolutiu de la matèria.

Podem estudiar la matèria, aquesta realitat objectiva que observem directament, mitjançant experiments, i comprendrem cada vegada més com és en moviment constant. Aquest moviment no és quelcom d'aliè a la matèria, sinó que està íntimament relacionat amb la seva essència mateixa, fet que és característic de tots els tipus de moviment. El moviment, va escriure Frederic Engels (c), examinat en el sentit més ampli de la paraula, o sigui, entès com una forma de moviment de la matèria, com una propietat inherent de la matèria mateixa, abraça tots els canvis i processos que tenen lloc en l'Univers, començant pel simple desplaçament dels cossos, i acabant pel pensament. D'aquesta manera, el moviment de la matèria no pot

ésser considerat únicament com el desplaçament d'objectes materials en l'espai. El desplaçament mecànic d'aquesta naturalesa representa només un —i a la vegada el més simple— tipus de moviment. Perquè endemés són pròpies a la matèria altres formes de moviment més complexes, que sorgeixen en el procés de llur desenvolupament com a qualitats noves.

Les qualitats noves que apareixen durant el sorgiment de la vida són absolutament materials, però no existien abans de manera oculta en el món inorgànic, sinó que, en realitat, apareixen en un estadi determinat del desenvolupament de la matèria com a noves —ja que abans eren absents— propietats i lleis, com a formes de moviment més complexes, més variades i més diferenciades. El sorgiment de tot allò que és nou en el procés de desenvolupament de la matèria no és causa de l'atzar, sinó el resultat inevitable de les lleis naturals. Allí on els mateixos cossos naturals es desenvolupen sota les mateixes condicions és sempre inevitable que sorgeixin les mateixes qualitats noves, les formes anàlogues de moviment.

Al mateix temps, les formes anteriors del moviment, igual que les lleis precedents, es conserven sens dubte en els nous objectes, però llur significat per al desenvolupament posterior d'aquests objectes és realment molt reduït. Llur destí posterior, quant a objectes naturals qualitativament nous, restarà aleshores bàsicament determinat per llurs propietats particulars i per les noves lleis objectives, no reduïbles per la simple anàlisi a formes anteriors més primitives. Qualsevol intent sobre una reducció d'aquest tipus equival de fet a una negació del veritable desenvolupament, tergiversa la realitat i és incompatible amb la veritable dialèctica de la naturalesa (Engels, 1963).

En els temps de Newton, el món apareixia davant dels ulls dels científics com un

grandiós mecanisme, format a la vegada i per sempre segons les regles de les lleis de la conservació de la massa i energia. Semblava que en aquest mecanisme tot resta invariable, i que tots els fenòmens que tenen lloc es realitzen en cicles tancats, i tornen constantment a la seva posició inicial. A causa d'això feia la impressió que tot, en el món, podia ésser fàcilment calculat i fins i tot, predit, de la mateixa manera com podem predir el cicle de les estacions, o que la nit seguirà al dia, fenòmens la base dels quals està en el moviment de la Terra al voltant del Sol o de la seva rotació sobre l'eix terrestre, respectivament.

Però, actualment, aquesta certesa sobre la invariabilitat de tot allò que existeix ha estat substituïda en la consciència humana per un altre principi, ja proclamat per Heraclit d'Efes, el gran dialèctic de l'antiga Grècia, quan afirma que «*panta rei*»: que tot flueix (Heraclitus of Ephesus, 1953).

Nosaltres habitem un món on tot canvia, tot evoluciona. Aquest procés de desenvolupament evolutiu té un caràcter progressiu i crida a l'aparició de formes de vida noves i sempre superiors a les preexistents. Però aquest procés no pot tenir lloc al mateix temps i de la mateixa manera a tot arreu. En diferents punts de l'Univers, en els diferents cossos de la nostra galàxia, el desenvolupament evolutiu de la matèria es va realitzar i es realitza segons diferents camins i ritmes diferents. Per això, si volem imaginar gràficament aquest procés no l'hem de veure com una recta única i ininterrompuda sinó més aviat com un feix de camins diversos de desenvolupament, les diferents ramificacions del qual poden conduir a formes molt complexes, perfectes però profundament diferents entre si, d'organització i moviment de la matèria.

No en sabem res, sobre moltes d'aquestes formes d'organització i moviment de la

matèria, i de moltes d'altres ni tan sols en sospitem l'existència. Però no hem de considerar a la bestreta cap d'aquestes formes com una classe especial de vida només a causa de la seva complexitat i perfecció.

No sempre la vida és el resultat dels múltiples camins seguits pel desenvolupament de la matèria. Són pròpies de la vida tant les seves qualitats específiques com els camins que varen conduir a la seva aparició. La vida terrestre és només el fruit d'un dels molts camins d'evolució de la matèria de què hem parlat. La fecunditat específica d'aquesta branca consisteix primordialment en el fet que en la seva base es trobava l'evolució específica dels compostos de carboni, que anaven esdevenint cada vegada més complexos, i també dels sistemes orgànics polimoleculars que se'n varen formar. En la literatura popular, freqüentment s'expressa la hipòtesi de la possible existència d'una vida no basada en el carboni, sinó en el silici. Aquesta suposició no té cap suport, ni experimental ni teòric, ja que no és admissible des del punt de vista de la química quàntica. Les funcions vitals són impossibles sense la presència d'enllaços conjugats, i aquests són una característica exclusiva del compostos de carboni (Pullman i Pullman, 1964).

Una nova llei, pròpia únicament de la vida, i que no es dona en el món inorgànic, la llei de la selecció natural, determinà segons Charles Darwin (1951) tota l'evolució de la vida a la Terra. Mes ara tenim clar que aquesta llei té les seves arrels en el procés mateix de l'aparició de la vida i condicionà la formació de les noves qualitats que es troben a la base de l'organització de tot el món viu (Oparin, 1957).

Des de la dècada dels anys setanta del segle passat, Frederic Engels (*a*) va assenyalar el desenvolupament evolutiu de la matèria com l'únic camí del sorgiment de la vida, però en aquella època no hi havia

una informació científica concreta a partir de la qual poder fonamentar aquesta posició tan plena de significats profunds.

Els èxits notables assolits actualment per les diferents branques de les ciències naturals ens permeten estudiar els camins que va recórrer la matèria inerta fins arribar a l'aparició de la vida terrestre. Un dels obstacles principals que existien a començaments del nostre segle en el camí de la solució del problema de l'origen de la vida era la convicció categòrica, basada en l'experimentació quotidiana que dominava el pensament científic d'aquella època, en el sentit que els compostos orgànics només podien ésser formats en les condicions naturals actuals, pels éssers vius mateixos. És cert que en aquella època la química orgànica ja sabia com sintetitzar en condicions de laboratori tota una sèrie de substàncies orgàniques complexes, però això no afectava les conviccions esmentades, ja que s'argumentava que l'home, que evidentment és també un ésser viu, és l'únic capaç de seleccionar conscientment la seqüència necessària de reaccions, fet que, per tant, no pot esdevenir en un món inorgànic deshabitat.

Nogensmenys, és completament impossible imaginar-nos un origen sobtat a partir únicament de substàncies inorgàniques (diòxid de carboni, aigua i nitrogen), ni tan sols per als organismes més simples. Aquesta va ésser la raó que va conduir tot el problema de l'origen de la vida a un carter sense sortida.

A principis de la dècada dels anys vint, ja en aquest segle, i en oposició amb les idees generalment acceptades aleshores, jo (Oparin, 1924) vaig tenir l'audàcia d'afirmar que el monopoli biològic de la síntesi de substàncies orgàniques és característic únicament de l'etapa actual de l'existència del nostre planeta. En els seus inicis, la terra era buida de vida, però s'hi duïen a

terme síntesis abiòtiques de compostos de carboni, l'evolució prebiològica dels quals va conduir gradualment a complexitats creixents d'aquestes substàncies que arribaren a formar sistemes polimoleculars individuals amb separació de fase; sistemes que, a la vegada es varen transformar, d'acord amb la selecció natural, en protobionts i, més tard, en els primers éssers vius.

Mercès a nombrosos esforços de científics de diferents països i especialitats durant els darrers cinquanta anys, s'ha aconseguit establir una sèrie de dades d'astronomia, geologia, física, química i biologia que ha confirmat el principi del sorgiment evolutiu de la vida i el coneixement dels processos que constitueixen les vies fonamentals d'aquest procés.

L'evolució dels compostos de carboni que va conduir a la Terra a l'aparició dels primers organismes vius es pot dividir en dues etapes fonamentals: *a)* l'etapa química i *b)* la prebiològica. Els graons de la primera d'aquestes etapes poden ésser descoberts no només al nostre planeta, sinó també en d'altres cossos de l'espai exterior. Les recents observacions radioastronòmiques ens han permès descobrir la presència de diferents compostos de carboni en l'espai interestel·lar. Des de fa ja bastant de temps, s'ha detectat en aquest medi una gran abundància de substàncies de baix pes molecular, com el formaldehid, el cianoacetilè, l'àcid cianhídric i llurs derivats, i moltes d'altres. Més endavant, es va poder comprovar que també existien molts hidrocarburs de baix pes molecular, alcohols, èters, amides i altres compostos orgànics formats en l'espai interestel·lar com a resultat de reaccions de radicals lliures generats per processos fotoquímics. Tanmateix, hom té ara també l'evidència de la presència en el cosmos de compostos de carboni poliatòmics i de pes molecular molt elevat, que es formen en fase sòlida, adsorbits a la super-

fície de les partícules de pols còsmica. D'aquesta manera, hom disposa ja de proves directes sobre la possibilitat de síntesi abiòtica de substàncies orgàniques que, en el passat, s'han d'haver format no solament abans de l'aparició de la vida, sinó fins i tot abans de la formació del nostre planeta (Oparin, 1975).

És molt gran l'aportació que està fent a aquest camp l'estudi dels cossos extraterrestres, com ara els planetes, la lluna, els estels i, en particular, els meteorits. Les substàncies orgàniques que s'hi descobriren aquests darrers anys ens proporcionen un grau considerable de coneixement de l'evolució química que tingueren aquests compostos en temps passats. Però s'ha de considerar que la formació i posterior història dels cossos celestes dels quals hem parlat va diferir de manera essencial de l'evolució de la Terra.

Com s'ha fet evident en els nostres dies, fins i tot Venus i Mart, que són propers a la Terra quant a dimensions i material inicial, han evolucionat de manera diferent del nostre planeta. Aquesta diferència s'incrementa encara més quan la comparem amb d'altres cossos, com la Lluna o els meteorits. En les mostres de material lunar dutes a la Terra per les naus espacials han estat descobertes petitíssimes quantitats de substàncies orgàniques. En canvi, alguns meteorits caiguts a la Terra, les condrites carbòniques, són molt riques en aquests compostos: les anàlisis químiques que s'hi han practicat han descobert una gran quantitat de substàncies orgàniques que inclouen aminoàcids i d'altres molècules d'importància biològica. Malgrat això, no s'ha demostrat que en els meteorits existixin evidències d'éssers vius o de llurs fòssils.

En aquests cossos celestes, o en els asteroides que creiem que els han originat, l'evolució de les substàncies orgàniques no

va conduir a l'aparició de la vida, sinó que es va aturar en l'etapa de síntesi química, fet que ens permet d'estudiar aquest procés en la seva forma original, sense complicacions introduïdes pels processos biològics (Sidoremko, 1977). En contraposició amb això, l'estudi de l'evolució química de les substàncies orgàniques en les condicions terrestres és extremament difícil, a causa de la gran influència de la vida. Els processos biològics es duen a terme d'una manera incomparablement més ràpida i eficient que les transformacions abiòtiques, de manera que han ocultat processos primaris com els que varen donar lloc als compostos orgànics de les condrites carbonàcies. Per tot això, les substàncies orgàniques que hom descobreix a l'escorça terrestre es consideren, generalment, d'origen biològic, originades com a resultat de la desintegració de la matèria viva.

En els nostres dies s'ha fet, però, evident, que productes biològics sotmesos a una descomposició profunda i fins i tot substàncies orgàniques mineralitzades totalment, poden, com a resultat de processos catalítics que s'esdevenen en la superfície de partícules minerals de l'escorça terrestre, donar origen de nou a compostos orgànics mitjançant processos purament abiòtics cada vegada més i més complexos —com pot ésser provat per la reacció tipus Fischer-Tropsch i amb síntesi semblant d'aminoàcids a partir de CO_2 , H_2O i NH_3^- .

Com s'han de considerar aquestes substàncies i el procés mateix de la seva formació? Evidentment llurs àtoms de carboni ja formaven part d'organismes vius i, en aquest sentit, són d'origen biològic; però els processos de la seva síntesi secundària tenen caràcter abiòtic, per la qual cosa poden ésser considerats com a processos anàlegs a aquells esdevinguts en l'escorça terrestre quan encara no existia la vida. Des d'aquest punt de vista, aquests processos

presenten un elevat interès per a l'estudi de l'evolució de les substàncies orgàniques en el camí cap a l'origen de la vida.

Desgraciadament, l'estudi de l'evolució química de les substàncies orgàniques en l'escorça terrestre en condicions naturals no ha arribat encara gaire lluny. L'objecte d'estudi és bàsicament i única la desintegració de substàncies orgàniques d'origen biològic, i són molt limitades les temptatives en la recerca de condicions sota les quals es puguin obtenir síntesis abiòtiques allunyades de la influència dels processos biològics.

En els últims anys, els sediments precàmbrics més antics, amb una edat que es calcula de tres mil milions d'anys o més, han començat a atreure l'atenció dels científics. Les dades, tant paleontològiques com paleoquímiques, obtingudes de l'estudi d'aquests sediments, han resultat sumament valuoses per a la solució del problema que ens ocupa (Calvin, 1971).

Paral·lelament, els processos de l'evolució química de les substàncies orgàniques s'estudien ara principalment a partir de simulacions experimentals, i ens demostren el potencial termodinàmic d'aquestes substàncies i la possible realització d'aquest potencial en condicions com les que creiem que existien en la superfície de la Terra primitiva, i en particular, de la seva atmosfera i la seva hidrosfera (Kenyon i Steinman, 1972).

Amb aquest tipus de models experimentals s'ha pogut reunir un gran nombre d'informació que demostra, de manera convincent, la possibilitat que hagin tingut lloc unes síntesis abiòtiques de substàncies orgàniques i que aquestes s'hagin acumulat en diferents zones de la superfície terrestre.

Aquest gran nombre de simulacions experimentals forma ara una base sòlida per a afirmar que pràcticament qualsevol com-

post orgànic, tant monomèric com polimèric, es pogué formar abiòticament en qualsevol «territori subvital» de la Terra, sota una gran varietat de condicions de diferent complexitat. En particular, els compostos de més importància biològica, com els aminoàcids, nucleòtids i llurs polímers, s'han d'haver sintetitzat així (Oparin, 1977).

En aquest sentit, el problema pot considerar-se com a essencialment resolt. Resten, però, algunes dificultats parcials que han d'ésser sotmeses a un estudi més detallat, com són el sorgiment primari de les particularitats més subtils de l'estructura intramolecular de les substàncies orgàniques biogèniques, de les quals és un exemple la isomeria òptica, com també el de la composició isotòpica característica dels àtoms de carboni d'aquestes substàncies.

Els moments inicials que determinen aquestes peculiaritats estan, evidentment, ocults sota condicions físiques que han estat mal estudiades, i han d'haver existit en la superfície de la Terra ja en les primeres etapes de la seva evolució. El més probable és, malgrat tot, que la asimetria òptica característica del protoplasma actual hagi sorgit en els inicis de l'etapa biològica de l'evolució.

El problema més agut que ocupa actualment els investigadors de la qüestió de l'origen de la vida és el procés de transició entre l'evolució química i les formes biològiques d'organització de la matèria. Molts autors contemporanis tracten d'explicar-la fonamentant llurs raonaments només en el nivell molecular, però aquestes temptatives no poden tenir èxit (Noda, 1978). L'origen de la vida va estar lligat amb la transició de la matèria cap a un nivell més elevat d'organització i de moviment i, per tant, amb l'aparició de noves lleis que varen dominar sobre les lleis físiques i químiques generals i que varen determinar l'aparició de noves qualitats que eren absents en el nivell mo-

lecular, qualitats que són, en conjunt, característiques úniques dels organismes vius.

Les principals d'aquestes lleis són:

a) la capacitat de superar l'augment d'entropia,

b) el caràcter «racional» de l'organització dels organismes vius, és a dir, l'adaptació de l'estructura intramolecular i supramolecular de les parts (molècules, orgànuls i òrgans) a les funcions que desenvolupen, a la vegada que l'adaptació de tot l'organisme a l'existència en unes condicions determinades del medi ambient, i

c) una forma específica de transmissió de la informació genètica (herència) que és característica de la vida.

Totes aquestes propietats no pogueren sorgir en el nivell molecular, sinó que estan relacionades forçosament amb l'evolució dels sistemes polimoleculars i amb la separació de fase (Fox i Dose, 1977).

Els mons físic i inorgànic estan caracteritzats per un augment d'entropia, d'acord amb la Segona Llei de la Termodinàmica, que expressa la tendència estadística de la naturalesa cap al desordre. Si en alguns casos observem l'aparició d'ordre—com en la formació d'un cristall a partir d'un sistema desordenat de molècules en una solució mare—, aquest procés resta sempre determinat per la disminució dels nivells d'energia lliure. Contràriament, en el món dels éssers vius, l'entropia no només pot no augmentar, sinó que fins i tot arriba a disminuir durant el creixement de l'organisme, que, a la vegada que creix, conserva una gran reserva d'energia lliure.

Segons això, podria semblar que la llei fonamental del món inorgànic fos la seva tendència al desordre, o sia, a l'increment d'entropia, mentre que la llei d'allò que és viu seria l'increment de la seva organització, la disminució d'entropia. De fet, alguns filòsofs de principis dels segle xx, en

definir la vida com a lluita contra l'entropia, varen veure en aquesta contradicció l'excusa per a fomentar-ne el caràcter sobrenatural.

Però, actualment, sabem que aquesta contradicció és només aparent. Schödinger mateix (1947) la va resoldre de manera figurada, encara que no totalment exacta, en considerar l'organisme viu com si s'alimentés amb entropia negativa a partir del medi ambient. Així, la disminució total d'entropia que sorgeix en ésser considerat de manera aïllada (fenomen que, de fet, no es dona en la Naturalesa), es veu compensada si el considerem com una part del sistema real, és a dir, l'organisme més el medi en constant interacció. Aleshores no es presenta cap contracció amb la Segona Llei de la Termodinàmica. En realitat, en el món dels éssers vius, l'assumpte es presenta en una forma considerablement més complexa, però resulta indispensable per a comprendre primerament àdhuc l'esquema tan simplificat que hem esmentat, el coneixement de com pot sorgir en una dissolució homogènia un sistema individual, aïllat en l'espai, que posseeixi la possibilitat d'interaccionar amb el medi que l'envolta.

La formació d'uns sistemes amb aquestes característiques de separació de fases va ésser indispensable també per a l'aparició del «caràcter racional» de l'organització de les parts i el tot dels éssers vius, que és la segona de les propietats esmentades anteriorment com a característiques de la vida. L'evolució química dels compostos de carboni va tenir lloc en el nivell molecular sobre les bases de les lleis generals de la mecànica quàntica, de la termodinàmica i de la cinètica química. Però l'origen de la vida degué estar relacionat amb la formació d'una nova llei, específica per a aquest nou estat de la matèria. Aquesta llei és la de la selecció natural de sistemes individuals amb separació de fase, la forma supe-

rior d'organització dels quals són els organismes vius.

La solució aquosa que es forma a partir d'una substància orgànica representa, a escala molecular, l'acumulació de molècules químicament homogènies i no diferenciades entre si, que es distribueixen de manera uniforme en tot el volum de dissolvent. Però, tal com demostren els experiments de simulació contemporània, en una etapa determinada de l'evolució química dels compostos orgànics, va esdevenir possiblement un autoencaixament no específic dels seus polímers que es varen unir entre si formant sistemes aïllats polimoleculars, amb una separació de fase que establia uns límits amb el medi ambient, però conservant amb aquest darrer la interacció típica dels sistemes termodinàmicament oberts.

Tan sols aquest tipus de sistemes, que extrauen del medi extern matèria i energia, poden resistir l'increment d'entropia, i àdhuc són capaços de disminuir-la durant llur creixement i desenvolupament, fet que resulta ésser una característica de tots els organismes vius. Així, en contraposició de les molècules individuals que es troben en solució, cada un d'aquests sistemes amb separació de fases té peculiaritats individuals, que el distingeixen d'altres sistemes anàlegs. Aquestes diferències són les que varen crear les premisses per a l'aparició de la selecció natural primitiva dels sistemes amb fases separades i la seva interacció amb el medi extern, que varen ésser el punt de partida per a l'evolució biològica. Precisament sobre la base d'aquesta nova llei va tenir lloc el perfeccionament de l'organització dels mateixos sistemes i, en particular, del sorgiment de l'anomenat «caràcter racional» dels organismes, o sia, de l'adaptació de l'estructura de les seves diverses parts —les molècules biològicament més importants incloses— a aquelles funcions que realitzen en el sistema íntegre.

Fins fa relativament poc de temps, predominava en la literatura científica la idea segons la qual la formació primària dels éssers vius va tenir lloc de la següent manera: originalment sorgiren, en diferents parts de la Terra, solucions aquoses de proteïnes i àcids nucleics, amb un grau elevat d'estructuració molecular i racionalment adaptades, a causa de la seva organització i estructures, a les funcions que desenvolupen en l'ésser viu. Així, sembla com si l'autoencaixament d'aquestes molècules «racionalment» formades conduís a l'aparició dels organismes primaris, de forma similar a com s'encaixa una màquina a partir de les parts prefabricades. Mes, en aquest últim cas, el «caràcter racional» de les seves parts, la seva adaptació al treball de la màquina com un tot, està determinat al fet que les parts estan fabricades segons un pla formulat anteriorment, o sia, segons el disseny de la màquina.

No obstant això, en estudiar el problema de l'origen de la vida, no volem tenir un punt de partida que suposi un pla de creació d'aquest tipus. Per això, hem de trobar una explicació racional de la forma com varen poder sorgir en una simple solució aquosa primigènia les molècules de proteïnes i d'àcids nucleics, que tenen una estructura intramolecular molt ben adaptada al desenvolupament de les funcions que més tard durien a terme en els sistemes vius complets que es varen formar en el seu encaixament. *A priori* això resulta impossible. L'adaptació funcional de les parts de l'organisme, fins i tot de les molècules biològicament importants, només va poder aparèixer en el procés de l'evolució, com a resultat de l'acció de la selecció natural, però no sobre les seves parts individuals, sinó sobre el sistema total.

A partir d'experiments model es pot afirmar que ja sota les condicions abiòtiques primitives com, per exemple, sota les con-

dicions de síntesi tèrmica primària, varen poder formar-se polipèptids d'alt pes molecular —com els proteïnoides de Fox— amb una estructura intramolecular concreta, fet que va determinar algunes de les seves funcions biològiques importants, com ara l'activitat catalítica. En particular, alguns dels proteïnoides de Fox (Fox i Dose) posseeixen, per exemple, la capacitat de catalitzar la reacció de descarboxilació de l'àcid pirúvic. Amb tot, aquesta capacitat no tenia cap mena de sentit per al proteïnoide mateix i, per consegüent, no va poder servir com a base per a la selecció natural de les seves molècules en una solució aquosa simple.

L'adaptació racional de l'estructura intramolecular per al desenvolupament de determinades funcions pogué tenir lloc tan sols en un sistema complet amb separació de fase, si la reacció catalitzada pel proteïnoide resultava ésser una baula important en el metabolisme progressiu del sistema, que determinés la seva estabilitat dinàmica i el seu possible creixement accelerat sota determinades condicions del medi extern que l'envolta.

Això es pot explicar mitjançant l'analogia següent. Segons la doctrina d'Empèdocles (Tanneri, 1902), el filòsof grec, els éssers vius sorgiren d'aquesta manera: primerament els diferents òrgans, «mans sense braços, ulls sense front, etc...»; després tots ells s'uniren i donaren lloc als organismes.

Des del punt de vista darwinista actual, l'absurditat d'aquesta idea està en el fet que els diferents òrgans no varen poder aparèixer i evolucionar fora d'un organisme complet. Per a l'ull mateix, «veure-hi» no té cap significat ni sentit, cosa que indica que l'ull no es va poder formar per selecció natural fora de l'organisme. El concepte és aplicable només a un organisme complet. Anàlogament, per a una molècula

proteínica considerada en forma aïllada, la seva pròpia activitat catalítica no pot servir com a base de la seva selecció natural. Aquesta activitat només adquireix sentit en un sistema complet, quan ella determina d'alguna manera el metabolisme i propicia un creixement més veloç del sistema i la seva estabilitat dinàmica sota condicions donades d'existència. Tampoc no té cap significat biològic parlar de selecció natural (Crick, 1968) d'àcids nucleics en una solució aquosa simple, on les seves molècules estan deslligades de la seva funció, relacionada amb la síntesi de proteïnes, que duen a terme en un organisme viu. En una solució aquosa simple, qualsevol canvi de l'estructura molecular, fins i tot aquells que accelerin la formació de nous polinucleòtids, només determinarien un acúmulo local major d'aquestes molècules, és a dir, formar en algun indret un dipòsit orgànic, però no d'organismes.

De tot això es dedueix que l'antiga discussió sobre què va sorgir primer, si les proteïnes o els àcids nucleics (Lehninger, 1974), perd tot el seu sentit. Originalment, a escala molecular, pogueren sorgir únicament polímers semblants a les proteïnes, o bé polinucleòtids amb una estructura molecular despullada de qualsevol caràcter racional, des del punt de vista biològic. Només a partir del moment en què aquests polímers es combinaren i sorgiren els sistemes polimoleculars amb separació de fase, aquestes molècules foren capaces d'interactuar entre si i d'establir una coordinació mútua entre elles mateixes i també amb les seves estructures i funcions biològiques.

Els camins que conduïren a la formació del codi genètic es poden entendre únicament sota la llum de l'estudi de l'acció de la selecció natural dels sistemes complets de proteïnes - àcids nucleics, i la universalitat del codi actual no està determinada per la casualitat, sinó pel fet que, en el pre-

sent, qualsevol canvi seria mortal, ja que seria seleccionat en contra (Oparin, 1966). D'aquesta manera, la selecció natural de sistemes amb separació de fases va determinar també l'aparició de la tercera qualitat de tot allò que és viu: l'herència.

En conseqüència, el que es va sotmetre a la selecció natural, que va determinar primerament tota l'etapa d'evolució prebiològica i després la biològica, no foren ni els diversos tipus de polinucleòtids capaços de replicar-se, ni tampoc els enzims que codificaven, sinó els sistemes complets amb separació de fase (protobionts), i després els primers éssers vius. Així doncs, no foren les parts les que varen determinar l'organització del tot, sinó el tot que va crear, al llarg del seu desenvolupament, «el caràcter racional» de l'estructura de les parts.

Segons aquest raonament, la transició de l'evolució química a la biològica va necessitar l'aparició de sistemes individuals amb separació de fase, capaços d'interactuar amb el medi extern que els envolta, utilitzant les seves substàncies i energia, i capaços, sobretot, de créixer-hi, multiplicar-s'hi i sotmetre's a la selecció natural.

Com podríem estudiar científicament i de manera objectiva aquesta etapa de l'evolució? Sobretot amb l'ajuda de models experimentals.

La separació de sistemes polimoleculars en fases, a partir d'una solució homogènia de substàncies orgàniques, és un fenomen molt difós en la naturalesa i constantment ens el trobem en condicions de laboratori quan treballem amb compostos d'elevat pes molecular (Goldacre, 1958). Per aquesta raó, som capaços d'imaginar-nos no només teòricament els camins pels quals varen sorgir els sistemes esmentats, sinó que també podem obtenir-ne experimentalment que ens serveixin com a models de les estructures que aparegueren en el pas-

sat en la superfície terrestre [per exemple, els sistemes de Goldacre, les microesfèruls de Fox (1976), els microgrànuls d'Egami (Yanagawa i Egami, 1977) i molts d'altres]. En aquest sentit, les gotes de coacervat estudiades a principis dels anys trenta per Bundenberg de Yong (1932, 1936) constitueix un model amb grans perspectives, encara que, evidentment, no és l'únic possible.

Les gotes de coacervats es formen fàcilment quan es barregen solucions de diferents polímers, tant naturals com artificials. Quan es formen els coacervats, té lloc un autoencaixament dels polímers en estructures polimoleculares amb separació de fase: gotes visibles al microscopi, on es concentren quasi tots els polímers que prenen part en l'experiment, a la vegada que el medi circumdant resulta quasi completament net (Gladilin *et al.*, 1978a). Les gotes estan separades del medi per un límit ben definit, però són capaces de prendre'n substàncies i energia, com qualsevol sistema obert. En introduir-hi diferents enzims, és possible provocar en el seu interior una sèrie de reaccions i, particularment, la polimerització de monòmers que entren del medi extern. Gràcies a aquests processos, les gotes poden créixer, augmentar llur pes i volum, i després, dividir-se en estructures filles (Gladilin *et al.*, 1978b).

Un dels fets més importants és que, segons la seva organització interna individual, en alguns experiments, unes gotes poden créixer més ràpidament que d'altres col·locades en el mateix medi, i àdhuc, algunes entren en desintegració.

Amb els models de gotes de coacervats es pot demostrar segons aquesta metodologia experimental l'inici de la selecció natural, és a dir, de la llei que va passar a ésser la base de tota l'evolució posterior dels sistemes individuals oberts amb separació de fase, en el seu camí cap a l'aparició dels

organismes més simples, els progenitors de tota la vida a la Terra.

Fins on sabem, la informació geològica ens permet imaginar-nos com eren les condicions que varen existir en la superfície del nostre planeta durant el seu període inicial d'existència, en el període geosinclinari primer del cicle orogènic de la Terra. En aquell temps, el sòl tan sols sobresortia lleugerament sobre el nivell de l'aigua en uns mars de poca profunditat. La proporció entre mar i terra seca variava onsevulga. El nivell de les aigües que penetraven terra endins pujava, baixava i desplaçava constantment les substàncies orgàniques que s'hi trobaven dissoltes, arrossegant-les des de l'indret de la seva formació a un punt d'acumulació, concentració i agrupació en sistemes amb separació de fase: els protobionts. Amb tot, en diferents parts i localitats de la superfície terrestre, en diferents «territoris subvitals» aïllats uns dels altres, l'evolució de les substàncies orgàniques dels protobionts i dels primers organismes vius tenia lloc per camins diferents. En molts casos s'arribà potser fins i tot a la desintegració de formacions biològiques ja acabades, però de manera que llurs productes varen poder ésser reunits, ara segons un autoencaixament sobre bases diferents de les anteriors. Això va ésser possible perquè els components ja posseïen un caràcter «racional», que obtingueren en l'evolució dels sistemes individuals que els havien engendrat. En particular, potser va ésser aquest l'origen dels virus.

D'aquesta manera, en diferents «territoris subvitals» de la superfície terrestre, el procés de la formació dels organismes vius es va trobar probablement i simultània en diferents nivells de la seva evolució. Segons M. G. Rutten (1971), els primers organismes ja complets que es formaren varen conviure durant molt de temps —potser de

fet, durant cents de milions d'anys— amb formes més primitives de «protobionts», que sorgiren en d'altres «territoris subvitals».

Però quan, a conseqüència del desenvolupament gradual de la vida i l'ampliació de les zones on habitaven, desaparegué l'aïllament dels «territoris subvitals», va començar la interacció entre els sistemes vius que abans havien estat mútuament separats i que es trobaven en diferents nivells de perfeccionament de la seva organització. Com a resultat d'aquesta interacció, varen desaparèixer per sempre molts dels protobionts i organismes primitius que, per la seva organització, podien haver existit en les condicions determinades del seu medi extern primitiu, però que no sobrevisqueren a la competència d'altres sistemes més perfeccionats. Així va sorgir la universalitat del codi genètic i dels elements bàsics del metabolisme que observem en el món viu contemporani.

Podem concloure, doncs, que les formes actuals de vida no són el resultat d'un procés orientat cap a una finalitat determinada *a priori* per un pla creador, ni tampoc són el resultat d'una «casualitat», d'un acte fortuït. La vida va sorgir com a resultat de processos evolutius naturals, com una forma nova del moviment de la matèria durant el procés del seu desenvolupament. L'estudi d'aquest procés ens permet conèixer també, amb una base científica, l'essència mateixa de la vida i la seva diferència qualitativa amb el món dels objectes inorgànics.

BIBLIOGRAFIA

- ARRHENIUS, S. (1912a). *L'origen dels mons. Traducció de l'alemany*. Odeva: Matezgniz.
 — (1912b). *L'Univers. Traducció de l'alemany*. Moscou: Nauka.
 — (1925). *El camí de la vida dels planetes. Traducció de l'alemany*. Moscou: Gosizdat.

- BERNAL, J. D. (1969). *L'origen de la vida*. Moscou: Mir.
 BERTALANFFY, L. VON (1928). *Kritische, Theorie der Formbildung*.
 — (1949). *Vom Molekul zur Organismen Welt*. Postdam.
 BLANDINO, G. (1969). *Theories on the nature of Life*. Nova York: Philosophical Library.
 BUNDENBERG DE YONG, H. (1932). *Protoplasma*, 15: 110.
 — (1936). *La coacervation*. París: Bermann.
 CALVIN, M. (1971). *Evolució química*. Moscou: Mir.
 CRICK, F. C. (1968). «The origin of the genetic code». *Jorn. Molec. Biol.*, 38: 367.
 CRICK, F. C.; ORGEL, L. E. (1974). *Icarus*, 9: 75.
 DARWIN, C. (1951). *Obres*. Moscou: Acadèmia de Ciències de l'URSS.
 DEBORIN, A. (1924-1925). *Llibre de lectures sobre la història de la filosofia*. Vol. 1. Moscou: Nova Moscou.
 DESCARTES, R. (1838). *Oeuvres philosophiques*. París: Aime et Martin.
 DIDEROT, D. (1941). *Obres filosòfiques selectes*. Moscou.
 DRIESCH, H. (1905). *Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre*. Leipzig: Barth.
 — (1929). *The Science and Philosophy of the Organism*. 2a ed. Londres: Black.
 ENGELS, F. (1963). Coll. «Esboç de la naturalesa dialèctica», 1: 25. Moscou: Literatura Econòmica.
 — (a) «Anti-Duhring». A: MARX, K.; ENGELS, F. *Obres*, vol. 20.
 — (b) *Anti-Duhring. Dialèctica de la naturalesa*. A: MARX, K.; ENGELS, F. *Obres*, vol. 20.
 — (c) *Dialèctica de la naturalesa gospolitzdat*, 44.
 EURIENOVA, T. (1966). *Concentració de la matèria i l'acció dels ferments en les gotes de coacervats*. Moscou: Nauka.
 FOX, S. W. (1976). *Origin of life*, 7: 49.
 FOX, W. S.; DOSE, K. (1977). *Evolució molecular i l'origen de la vida*. Moscou: Nauka.
 GIGEN, M. (1971). «Die Natur Wissenschaften». *Hefl.*, 10. Berlín: Springer Verlag.
 GLADILIN, A.; ORLOVSKY, A.; KIRPOTIN, D. (1978a). «Coacervate drops as a model for precellular structures». *Origin of Life*, 357-362.
 GLADILIN, K. L.; ORLOVSKY, A. F.; KIRPOTIN, D. B.; OPARIN, A. I. (1978b). A: NODA, H. (ed.). *Origin of Life*. Tòquio. Center for Scientific Pub. Univ. Tokyo Press.
 GOLDACRE, B. (1958). *Surface film, their collapse on compression, the shaper and sizes of cells and the origin of life*. Londres: Pergamon Press.

- HEGEL, H. (1934). *Enciclopèdia de les ciències filosòfiques. Vol. 2: Filosofia de la naturalesa*. Moscou: Institut de Filosofia de l'Acadèmia.
- HERACLITUS OF EPHEBUS (1953). *Fragments*. Londres: University Press.
- KANT, I. (1970). *Kritik der Urtheils Kraft*. Berlín-Liban: Lagade und Friedrich.
- KAPITSA, P. (1974). *Experiment, teoria i pràctica*. Moscou: Nauka.
- KENYON, D. H.; STEINMAN, G. (1972). *Predeterminació bioquímica*. Moscou: Mir.
- LEEWENHOECK, A. (1695). *Arcana naturae detecta*. Delphis: Batavorum.
- LEHNIGER, J. (1974). *Bioquímica*. Traducció de l'anglès de M. Varshavski. Moscou: Mir.
- LEIBNITZ, H. (1908). *Monadologia. Obres filosòfiques selectes. Traducció de l'alemany*. Moscou: Kuschnerova.
- LURIE, I. (1939). «La conversació d'un desilusionat amb la seva ànima». *Treballs de la Divisió de l'Orient. Hermitage*, 1: 144.
- (1952). *History of Eastern and Western Philosophy*. Vol. 1. Londres.
- (1953). *The principal Upanishads. Ed. with introduction, text, translation and notes by Radhakrishnan S.* Londres.
- (1957). *Història de la Filosofia*. Vol. 1. Moscou: Acadèmia de Ciències de l'URSS.
- LURIE, I.; SELVAKAR, S.; RANADA, R. (1927). *History of Indian Philosophy*. Vol. 2. Poona.
- MAKOVELSKI, A. (1918). *Filosofia presocràtica*. Vol. 1. Universitat de Kazan.
- METTRIE, G. DE LA (1925). *L'home-màquina*. Moscou-Sant Petersburg: Obres Selectes.
- MEYER-ABICH, A. (1948). *Naturphilosophie*. Stuttgart.
- MEYER, H. (1914). *Geschichte der Lehre von den Keirnkraften Haustein*. Bonn.
- MONOD, J. (1970). «Les fronteres de la biologia». *La Recherche*, 1: 5.
- (1976). *The Creation-Evolution Controversy*.
- MULLER, H. (1947). *Proc. Royl. Soc. B.*, 134: 1.
- (1955). *Science*, 121: 1.
- NODA, H. (1978). *Origin of Life*. Japan Scientific Societies Press.
- NOVIKOFF, A. (1945). «The concept of integrative levels and biology». *Science*, 101: 2618.
- OKEN, L. (1843). *Lehrbuch der Naturphilosophie*. Zurich: Schulthess.
- OPARIN, A. I. (1924). *L'origen de la vida*. Moscou: Moskonsnki rabochii.
- (1957). *L'origen de la vida*. Moscou: Biomedgiz.
- (1966). Red. de la trad. «Origen dels sistemes prebiològics». Col·l. trad. de l'anglès. Moscou: Mir.
- OPARIN, A. I. (1975). «Theoretical and Experimental Prerequisites of Exobiology». A: CALVIN, M.; GAZENKO, O-G. (ed.). *Foundations of Space Biology and Medicine*. NASA.
- (1977). *Matèria-Vida-Intelecte*. Moscou: Nauka.
- PASTEUR, L. (1860a). *Comt. Rend.*, 50: 303, 675, 849.
- (1860b). *Comt. Rend.*, 51: 348.
- (1861). *Ann. Sci. Nat.*, 16: 5.
- (1862). *Ann. Chim. Phys. Ser.*, 3: 64, 5.
- (1863). *Comt. Rend.*, 56: 734.
- PLATÓ (1863-1879). *Obres (traduïdes del grec)*. 2a ed. SPB.
- PULLMAN, B.; PULLMAN, A. (1964). *Molecular orbitals in chemistry, physics and biology*. Academic Press.
- REDI, F. (1668). *Esperienze intomo alia generazione dell'insetti*.
- RICHTER, P. (1865). *Schmidr's Ihrb. Gos. Mod.*, 126: 243.
- (1870). *Schmidr's Ihrb. Gos. Mod.*, 148: 57.
- RUSELL, E. (1962). *Diversity of Animals*.
- RUTTEN, M. G. (1971). *Origin of life*. Amsterdam: Elsevier.
- SCHELLING, F. (1800). *Zeitschriefft fur spekulative Physik*. Jena: Gabier.
- SCHROEDINGER, E. (1947). *Què és la vida des del punt de vista de la física*. Moscou.
- SIMPLICIUS (1952). *On Aristotle's Da Caelo. In Ancilla to the Presocratic Philosophers*. Oxford.
- SIOOREMKA A. (1977). Col·lecció, vol. I. Moscou: Nauka.
- SMUTS, Y. (1938). *Die holistische Welt*. Berlín.
- STECKL, A. (1912). *Història de la filosofia medieval*. Moscou: Sablina.
- STRUVE, V. (1926). Col·l. «Religió i Societat», 41. Sant Petersburg.
- TANNERI, N. (1902). *Els primers passos de la ciència de l'Antiga Grècia*. CPB.
- TULAEV, B. (1936). *Història de l'Antic Orient*, 3a ed. Sant Petersburg.
- VAN-HUN (1957). *Lun-Ken (en idioma xinès) segons la història de la filosofia*. Vol. 1. Moscou: Acadèmia de Ciències de l'URSS.
- WATSON, J.; CRICK, F. (1953). *Nature*, 171: 964.
- WIENNER, N. (1958). *Cibernètica o la direcció i la relació en els animals i en la màquina*. Moscou.
- WILDER-SMITH, A. (1970). *The Creation of Life*. Sham Publ.
- YANAGAWA, H.; EGAMI, F. (1977). *Proc. Japan Acad.*, 53: 42.

SOBRE L'AUTOR

Aleksandr Ivanovich Oparin (Uglish, Rússia, 1894 – Moscou, Rússia, 1980) va ser un bioquímic soviètic que va fer avenços pel que fa a l'origen de la vida a la Terra. Va ser membre de l'Acadèmia de Ciències Soviètica. El 1924 va formular una teoria sobre l'origen de la vida, que consistia en un desenvolupament constant de l'evolució química de molècules de carboni. La teoria d'Oparin va ser represa per Stanley Miller, que va posar en pràctica l'experiment que assolia crear matèria orgànica a partir de matèria inorgànica de manera espontània sota unes condicions que simulaven les de la Terra primitiva. La teoria d'O-

parin és una de les moltes teories que intentaven respondre la pregunta «si un ésser és generat per un altre ésser precedent, com va sorgir el primer ésser?», després d'haver estat rebutjada la teoria de la generació espontània per part de Louis Pasteur el 1864.

Estudià la formació de les primeres molècules orgàniques a partir dels components inorgànics (hidrogen, amoníac, metà, etc.) d'una atmosfera primigènia, sota la influència dels raigs ultraviolats del Sol. Entre les seves obres cal destacar *L'origen de la vida* (1923), *La vida a l'univers* (1959), *Vida: la seva natura, origen i desenvolupament* (1961), *L'origen químic de la vida* (1965) i *Matèria, vida, intel·lecte* (1977).