

INTRODUCCIÓ

La SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, en col·laboració amb la COMISSIÓ INTERDEPARTAMENTAL DE RECERCA I INNOVACIÓ TECNOLÒGICA (CIRIT) de la *Generalitat de Catalunya*, organitzà un curs sobre l'Origen de la Vida i l'Evolució de la Cèl·lula, que tingué lloc del 25 al 28 de juny de 1985 a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona. Aquest volum dels TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA està dedicat al tema del curs, i presenta articles encara no publicats sobre aquesta matèria realment apasionant.

Abans dels treballs de l'eminent bioquímic soviètic Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980), l'origen de la vida era un tema objecte d'especulació i ha estat solament en el nostre segle que una qüestió de tant interès per a tot el món intel·lectual esdevingué un problema científic amb tractament experimental. La ferma amistat d'Antonio Lazcano amb Oparin al llarg dels últims cinc anys de la seva carrera científica, ens ha donat l'oportunitat d'incloure en aquest volum una de les contribucions finals que Oparin féu abans de la seva mort al 1980, quan tenia 86 anys. Molts altres treballs científics no publicats i correspondència d'Oparin és ara a les mans de Lazcano qui, amb col·legues com ara John Farley, del qual també apareix aquí un article, intenta reconstruir la història a què ha donat lloc l'estudi de l'origen de la vida.

INTRODUCTION

The CATALAN SOCIETY OF BIOLOGY, under the auspices of the INTERDEPARTAMENTAL COMMISSION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGICAL INNOVATION (CIRIT) of the *Generalitat de Catalunya*, organized a series of lectures on «Origin of Life and Evolution of Cells». Presented as a course of study for scientific investigators and advanced students, from the 25th to the 28th of June, 1985, it took place at the School of Biology, University of Barcelona. This volume of the TREBALLS (Proceedings) DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA is dedicated to the subject of that course, the origin and early evolution of life, and takes advantage of certain unique, previously unpublished scientific contributions relevant to this fascinating theme.

Prior to the work of the great Soviet biochemist Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980), the origin of life was a prime subject of speculation but it was only in our century that this question, of such interest to the intellectual world, became a scientific problem with experimental possibilities. Because of Antonio Lazcano's firm friendship with Oparin during the last five years of his scientific career, we are most fortunate to be able to include in this volume one of the final scientific statements Oparin made before he died in 1980, at the age of 86. Many other unpublished scientific work and correspondence by Oparin are in the hands of Lazcano

Tal com Louis Pasteur demostrà, la vida prové de vida preexistent. Per tant, molts científics arribaren a la conclusió que l'origen de la vida és un aconteixement inaccessible i inexplicable del passat remot, la investigació de la qual per part de la ciència moderna no ofería gaire possibilitats. Farley descriu acuradament el clima intel·lectual abans de l'època en què l'estudi de l'origen de la vida passà de tema quasi religiós a objecte de la ciència experimental i teòrica. En aquest volum, i seguint les contribucions de Farley, ens adonem de la transformació que aquests fets produïren en el pensament.

Actualment, l'origen de la vida ha esdevingut un tema d'interès primordial per a nombrosos camps de la ciència experimental i d'observació. Com es pot veure en l'article de Victor E. Viola, la formació dels elements que es troben als éssers vius no va tenir lloc a la Terra arqueana sinó en les profunditats de l'espai. No és possible entendre els principis de la vida sense una comprensió de la formació d'elements en els estels.

Abans que Charles Darwin escrigués «L'Origen de les Espècies», l'origen de la vida i de l'home constituïen un mateix problema, inabordable per l'intel·lecte. A mida que la nostra comprensió sobre l'evolució orgànica ha anat progressant, hem discernit aquests problemes, distingint entre *origen* i *evolució*. Ara reconeixem la vasta diferència entre els orígens dels primers éssers autopoietics, esferes de 0,5 micrometres formades per membranes lipídiques que envoltaven les molècules del RNA i d'altres compostos orgànics necessaris per mantenir el sistema, i l'evolució al Plio-Pleistocè de l'*Homo sapiens*, a partir dels seus antecessors australopitècids.

En gran mesura, el reconeixement i la capacitat d'analitzar el problema de l'origen de la vida en les seves parts components prové de dos camps de la ciència. El primer és el de la paleobiologia del pre-

who, with colleagues such as John Farley, whose work also appears in this issue, is attempting to reconstruct the history of the study of the origin of life.

Life, as Louis Pasteur showed, comes from preexisting life. It was concluded by most scientists therefore that life's origin was an inaccessible and inexplicable event in the remote past, and not amenable to study by modern science. Farley accurately depicts the intellectual climate before the time the study of the origin of life was transformed from a quasi-religious subject into an object of both experimental and theoretical science. But such a change in thinking did occur. In this volume, following Farley's contribution, we can authentically trace this transformation.

Indeed the origin of life has become a focus for many kinds of modern observational and experimental studies. As we note in the article by Victor E. Viola, the formation of elements found in living things occurred not on the Archean Earth but in the depths of space: we can not understand life's beginnings without some understanding of element formation in stars.

Before Charles Darwin wrote «The Origins of Species», the origin of life and of man were perceived as the same sort of intractable intellectual problem. As our understanding of organic evolution proceeded, we began to dissect these problems, distinguishing between *origin* and *evolution*. We now recognize the vast difference between the origins of the first autopoietic beings, 0.5 micrometer spheres wrapped in lipid membranes enclosing RNA molecules and other organic compounds necessary to maintain the system, and the Plio-Pleistocene evolution of *Homo sapiens* from their australopithecene ancestors.

In great measure, the recognition and capacity for analysis of the origin of life problem in its component parts has emerged from two fields of science: the

Fanerozoic i el segon és el de la biologia molecular. En el treball d'Andrew H. Knoll, que presentem aquí, podem trobar un excel·lent i expert resum del saludable estat d'aquest camp científic tan nou. Ara sabem que el registre fòssil de la vida s'extén fins a 3.500 milions d'anys enrera. Des de les roques antigues de l' Austràlia Occidental i de Sudàfrica de 3.500 milions d'anys fins al present, podem seguir la ruta de l'evolució. Abans d'aquest temps hi ha l'origen, desconegut. El problema dels orígens de la vida és ara més limitat i pot plantejar-se amb més precisió: ¿Com es van confabular, fa 3.500 milions d'anys, les condicions atmosfèriques, tectòniques i sedimentàries per produir un mínim sistema autopoietic autoreplicatiu? ¿Què va passar a la Terra sota les condicions de l'Hadeà tardà o de l'Arqueà primerenc per a que s'esdevingués la vida? El problema dels *origens* admet ara una perspectiva racional perquè tenim certes idees sobre aquest sistema autopoietic mínim que deriven de l'altre camp científic, que és la biologia molecular.

Sabem que, des del principi, les formes primitives de vida han estat envoltades per una membrana, la qual contenia algun tipus d'àcid nucleic funcional, i que, posteriorment, la maquinària de síntesi de proteïna les mantingué intactes. El treball d'Antonio Lazcano mostra els avenços de laboratori que s'han obtingut en relació a l'origen dels sistemes químics d'automanteniment orgànic, i constitueix, a la vegada, una contribució al camp de la química prebiòtica, que ell enllaça amb la informació sobre les propietats moleculars del RNA i d'altres espècies químiques. Lazcano presenta arguments a favor de la idea que el RNA precedí el DNA com a portador de la informació hereditària en les cèl·lules primigènies, les quals, més endavant, foren reemplaçades per les cèl·lules amb DNA i RNA actuals.

El problema de l'origen de la vida s'ha

first is pre-Phanerozoic paleobiology and the second is molecular biology.

In the work of Andrew H. Knoll presented here, we find in expert and excellent summary of the thriving state of health of the infant scientific field of paleobiology. We now know that the fossil record of life extends back for 3,500 million years. From the ancient western Australian and South African rocks of 3,500 million years ago until the present we can track the route of *evolution*. The *origin* gap preceded this time. The *origin* of life problem is now more restricted and can be precisely state: How did the atmospheric, tectonic and sedimentary conditions more than 3,500 million years ago conspire to produce a minimal autopoietic, self-replicating system? What occurred, under conditions of the late Hadean or early Archaean Earth, that brought about life?

The *origin* problem can now be rationally approached because some insight into that minimal living autopoietic system is now emerging from the second, still young field, molecular biology. We know that from the beginning, life was bounded by a self-maintaining membrane. We know that from the beginning, life was bounded by a self-maintaining membrane. We know that it contained some sort of cyclically functioning nucleic acid, and eventually, protein synthesizing machinery committed to keeping itself intact. Antonio Lazcano's contribution here, showing the advances in the laboratory that have been made concerning the origin of self-maintaining organic chemical systems, represents a contribution to that growing field of science, prebiotic chemistry, which he links with information about the molecular properties of RNA molecules and other chemical species. Lazcano presents arguments for the idea that RNA preceded DNA as the bearer of hereditary information in the earliest cells, which were then replaced by present-day DNA and RNA cells.

barrejat amb molts d'altres, augmentant la confusió. L'origen de les plantes i dels animals, l'origen del sexe, l'origen de la sensibilitat a la llum i a estímuls químics, l'aparició de la motilitat cel·lular, i (si es que Lazcano té raó) l'ús del DNA com a magatzem de la informació genètica. Ara ens adonem de que totes aquestes qüestions estan relacionades amb l'origen mateix de la vida, i que són problemes propis de l'evolució de la vida microbiana. En un curt article Lynn Margulis i Ricard Guerrero ens mostren l'extensió fins a la qual alguns dels problemes assenyalats, parcialment resoltos, pertanyen al camp de la biologia evolutiva del microcosmos.

De la bibliografia recent es desprèn que l'origen de la vida és un problema bioquímic que quedarà resolt tan aviat com quedin establertes les bases mínimes d'estructura, organització i química de l'autopoiesis. És a dir, tantos com arribem a conèixer la química detallada de la identitat (via la separació de la membrana lipídica del medi), manteniment (via el metabolisme basat en la química orgànica i l'intercanvi d'energia) i la reproducció (via els sistemes autocatalítics d'àcid nucleic i proteïna aparellats). Finalment, veurem la prodigiosa capacitat del sistema microbià ancestral per crear: DNA, el control de la concentració interna d'ions, els sistemes de transport de membrana, la fixació del diòxid de carboni, els moviments rotatoris, les membranes sensibles a la llum, la natació magnetotàctica, la metanogènesi, la reparació i recombinació després de radiació ultraviolada, i, posteriorment, la cèl·lula eucariòtica amb la seva vida sexual meiótica.

La circumscripció del problema de l'origen de la vida es complementa amb el reconeixement de les profundes conseqüències de l'autopoiesis i de la reproducció aparellades als cicles i fluctuacions de la superfície de la Terra. La estratègia del microcosmos ha estat la d'expandir-se, combinar-se i crear noves formes. En ex-

The origin of life used to be confused with many other problems. The origin of plants and animals, the origin of sex, the origin of sensitivity to light or to chemical stimuli, the appearance of cell motility, and (if Lazcano is correct) even the use of DNA as reservoir for the genetic information. We now recognize all of these came after the origin of life itself, and are problems of the evolution of microbial life. In a short article Lynn Margulis and Ricard Guerrero show us the extent to which this list contains partially solved problems that belong to the province of the evolutionary biology of the microcosm.

By referring to recent literature, it becomes more clear that the origin of life is a biochemical problem that will be solved as soon as the minimal structural, organizational and chemical basis of autopoiesis and reproduction are established. That is, as soon as we know the detailed chemistry of identity (via lipid-membrane separation from the medium), self maintenance (via organic chemical-based metabolism and energy exchange), and reproduction (via coupled protein and nucleic acid autocatalytic systems), the outline of the solution to the origins of life problem will be with us. Finally we will glimpse the prodigious capability of the ancestral microbial autopoietic system to create: DNA, internal ion concentration control, transmembrane transport systems, carbon dioxide fixation, rotary motions, light sensitive membranes, magnetotactic swimming, methanogenesis, ultraviolet repair and recombination, and eventually the eukaryotic cell with its meiotic sex life.

The circumscription of the origin of life problem is complemented by recognition of the profound consequences of autopoiesis and reproduction coupled with response to cycles and fluctuations on the Earth's surface. The strategy of the microcosm has been to expand, to recombine, and therefore to create. By expanding, re-

pandir-se, recombinar-se i, consegüentment, crear, els descendents d'aquest aconeixement èpic han vingut a cobrir la superfície del nostre planeta i a canviar la seva atmosfera. Esperem poder mostrar la necessitat d'aprofundir en el coneixement científic dels passos i cercles que portaren, finalment, a l'aparició d'aquesta maravella: els primers sistemes químics de reproducció autopoiètica sobre la Terra.

¿Com és que la *Societat Catalana de Biologia* disposa de totes aquestes contribucions que li permeten difondre importants avenços sobre l'origen de la vida? ¿Per què ha hagut lligams tan estrets entre els estudis internacionals sobre l'origen de la vida i la cultura a Catalunya? En la resposta té molt a veure l'actitud del pioner d'aquests estudis a Catalunya: Joan Oró. Ell ha estat sempre disposat a portar el millor de la seva ciència a casa seva, i a Barcelona, l'any 1973, organitzà un congrés de la International Society for the Study of the Origins of Life (ISSOL). És a Joan Oró a qui Lazcano deu la realització del treball que descriu, i Margulis el desenvolupament del curs que, en col·laboració amb Guerrero, va impartir a Barcelona al 1985. És ben cert que ni Farley, ni Viola, ni Knoll haurien sentit mai parlar de la *Societat Catalana de Biologia* de no haver estat per la continua i fructífera activitat d'Oró.

En la preparació d'aquests treballs hem tingut l'ajut inestimable de Marianna O'Rourke, d'amagat d'Oró. Ens agradaria que ell gaudís d'aquesta sorpresa tant com nosaltres ho hem fet en preparar-la. Altres persones que han contribuït notablement a la realització d'aquest volum han estat Carmen Chica, curosa en tot moment dels oblits dels enfeïnats responsables, i Olga C. Guerrero i la Dra. Sílvia Atrian, elegants traductores de la introducció i de l'article d'Oparin, respectivament. Per finalitzar, voldriem també agrair a Gregory J. Hinkle, Barbara Dorrotie i Sharon E. Rubin la tas-

combining and creating, the descendants of that epic event have come to cover the entire surface of our planet, and to change its regolith and atmosphere. We hope to show the readers of this volume the need for deep scientific understanding of the steps and circles that led, finally, to the appearance of those magnificent chemical systems on the Earth.

How does the *Societat Catalana de Biologia* have at its disposal all of these papers, spanning the major advancements in the field of the origin of life? Why is there now and has there been in the past such a strong bond between international studies of the origin of life and Catalunya? The probable answer lies in the disposition of one of the main workers on the study of the origin of life: Joan Oró. Were he not so determined to bring the best of this science to his home country, we would not have had an international meeting of the International Society for the Study of the Origins of Life (ISSOL) in Barcelona in 1973. If not for Joan Oró, Lazcano would not have been able to pursue the work he reports on here, nor would Margulis have come to present a course in collaboration with Guerrero in Barcelona, in 1985. Finally Farley, Viola and Knoll would not certainly have heard of the *Societat Catalana de Biologia* if it were not for Oró's incessant and fruitful activity.

We admit that, in preparing this work, we have been plotting, with the continuous assistance of Marianna O'Rourke, behind Oró's back. We hope he enjoys the surprise as much as we have enjoyed planning it. Other people who made this volume possible include Carmen Chica, always heedful of the oversights of the busy editors, and Olga C. Guerrero and Dr. Sílvia Atrian, skillful translators of the introduction and of Oparin's article, respectively. Finally, we also would like to thank Gregory J. Hinkle, Barbara Dorrotie and Sharon E. Rubin for their editing work on this volume.

ca de correcció d'aquesta volum.

Tant el desenvolupament de la ciència de l'origen de la vida a Catalunya, com el curs de 1985 sobre l'Origen de la Vida i Evolució de la Cèl·lula, patrocinat per la CIRIT de la *Generalitat de Catalunya*, deuen molt al català universal que és Joan Oró. Amb aquest volum reconeixem la seva contribució, portada a terme mitjançant una incansable activitat científica i la constant difusió dels seus resultats. Com a mostra de la nostra admiració per la seva energia, generositat i sentit de l'amistat, dediquem, amb profunda gratitud, aquest volum dels *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* a Joan Oró.

Not only does the development of the science of the origin of life in Catalonia owe much to Oró, but the 1985 course on «Origin of Life and Evolution of Cells», sponsored by the CIRIT of the *Generalitat de Catalunya*, also acknowledges its debt to him. We hereby recognize that he has made possible so much of this scientific activity and the communication of its results. In our admiration for this energy, generosity, and sense of friendship we, in deep gratitude, dedicate this volume of the *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* to Joan Oró.

Lynn Margulis
Department of Biology
Boston University

Ricard Guerrero
Departament de Genètica i Microbiologia
Universitat Autònoma de Barcelona

Antonio Lazcano
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,
IPN
México D.F.