

The background of the cover is a microscopic image of cells, likely yeast or similar microorganisms, showing distinct cell walls and internal structures. The top half of the image is in shades of orange and yellow, while the bottom half is in shades of blue and green.

# El origen de la Célula

Lynn Margulis

EDITORIAL REVERTÉ



# El origen de la Célula

Lynn Margulis

Boston University



EDITORIAL  
REVERTÉ

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · México

*Título de la obra original:*

**Early Life**

*Edición original en lengua inglesa publicada por*

**Jones and Bartlett Publishers, Inc., 20 Park Plaza, Boston, Massachusetts 02116 U.S.A.**

Copyright © by Jones and Bartlett Publishers, Inc., 20 Park Plaza, Boston, Massachusetts 02116 U.S.A.

Edición en papel

© Editorial Reverté, S. A., 2001

ISBN: 978-84-291-1832-2 España

ISBN: 978-968-6708-34-9 México

Edición ebook (PDF)

© Editorial Reverté, S. A., 2021

ISBN: 978-84-291-9291-9

*Versión española por*

**Cristina Enríquez de Salamanca**

Licenciada en derecho

y

**Carlos Pedrós Alió**

Doctor de Ciencias Biológicas

*Fotografía de la portada*

**Esporas de diferentes flores silvestres**

Cedida por el Dr. Ronald Ferrera Cerrato

Profesor Investigador. Titular Sección Microbiología

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas

Instituto de Recursos Naturales. México

**Propiedad de:**

**EDITORIAL REVERTÉ, S. A.**

y

**REVERTÉ EDICIONES, S. A DE C. V.**

Loreto, 13-15. Local B

08029 Barcelona. ESPAÑA

Tel: (34) 93 419 33 36

reverte@reverte.com

www.reverte.com

Río Pánuco 141, Col. Cuauhtémoc

C. P. 06500 México, D. F.

Tel: (52) 55 5533-5658

reverte@reverte.com.mx

www.reverte.com

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, queda rigurosamente prohibida sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

*Dedicado a mis hijos,  
Dorion, Jeremy, Zachary y Jenny, y a la memoria de  
Elsó S. Barghoorn (1916-1984)*



# *Prefacio*

Durante la mayor parte de la historia de la vida en nuestro planeta, el paisaje viviente semejó una desolada y remota playa en la que la mirada no pudiera descubrir ni rastro de animales o plantas. Solamente algunas manchas de color en los lodazales o las charcas costeras, algún bulto informe sobre las playas o los pantanos, darían algún indicio de los poco llamativos habitantes que pululaban por aquellos mares ancestrales. Aunque diminutos, estos primeros seres vivos demostraban ya una gran complejidad y originalidad. A través de su constante evolución desarrollaron muchas de las innovaciones que actualmente asociamos a animales y plantas: la reproducción, la depredación, el movimiento, la defensa propia, la sexualidad y tantas otras. Pero, es más, estos primeros pasos de la vida, representada por bacterias y comunidades en que aquéllas se agruparon con el tiempo, alteraron para siempre la superficie y la atmósfera de la Tierra. La historia de estos primeros pasos es lo que pretendo relatar en este libro. Confío en que a través de sus páginas, se adivine algo del entusiasmo que está generando en la comunidad científica la reconstrucción de la vida en sus comienzos, en sus primeros 3000 millones de años, mucho antes de que hiciera aparición el más simple de todos los animales y plantas.

Nos podemos preguntar si los filamentos perfectamente conformados, recientemente encontrados en la serie de Warrawoona, en el noroeste de Australia, son o no una evidencia real de la vida más antigua en este planeta. O si los fósiles hallados en la formación de Gunflint Iron, Ontario, demuestran o no que las bacterias fueron el factor determinante en la formación de los depósitos de hierro más importantes del mundo. Aquí no llegarán a resolverse tales cuestiones, pero se expondrán para satisfacer la curiosidad de los estudiantes, científicos y lectores interesados en los primeros estadios de la evolución y sus consecuencias. Este libro no exige del lector ninguna preparación científica, únicamente un vivo interés por la materia desarrollada.

El presente libro fue inspirado por Gerard Piel y Edward Immergut, de la revista *Scientific American*. A ellos debo la iniciativa y especialmente a Toni Gerber, que dedicó largas y provechosas horas al manuscrito en su fase inicial. Pero la deuda mayor es con Andrew Kudlacik, que llevó a cabo las tareas de edición con entusiasmo y profesionalidad. Trabajando en este libro, se convirtió en un serio estudioso de la microbiología. Fue él quién interpretó esotéricos esquemas metabólicos, convirtiéndolos en prosa y diagramas diáfanos. Agradezco también la ayuda prestada por Laurie Read, Michael Michaud, Lydia Stiver, Susan Lenk, Dorion Sagan y Elizabeth Thomson al preparar el manuscrito y también a mi editor, Arthur Bartlett por el inagotable estímulo que ha prestado a mi trabajo. Laszlo Meszoly, Julia Gecha y Linda Reeves embellecieron estas páginas con su trabajo artístico. Sin el trabajo de computadora de Jeremy Sagan no habría índice. Muchos estudiantes y colegas me suministraron información e ilustraciones. Los profesores E. S. Barghoorn y S. W. Awramik merecen una especial mención. Agradezco al Dr. Cedric I. Davern los comentarios sobre el manuscrito.

Parte de la investigación descrita en este libro fue financiada por el programa de Biología Planetaria del National Aeronautics and Space Administration (NASA) y parte por la Fundación Guggenheim University Graduate School al permitirme desarrollar ininterrumpidamente mi labor investigadora.

Lynn Margulis

# *Índice analítico*

<i>Capítulo 1</i>	<b>Evolución y células</b>	1
	Dos tipos de células	2
	Reinos de organismos	5
	Fósiles vivientes	8
	Reconstruyendo el mundo antiguo	13
<i>Capítulo 2</i>	<b>La vida sin oxígeno</b>	21
	El comienzo de la vida	23
	Se inventa la fermentación	30
	Cadenas de transporte de electrones y anillos de porfirina	35
	Fotosíntesis	40
	Nuevos peligros	43
	La primera sexualidad	45
	Ecología sin oxígeno	46
<i>Capítulo 3</i>	<b>La vida con oxígeno</b>	51
	Los primeros productores de oxígeno	51
	La transformación de la atmósfera	55
	Estromatolitos	59
	Aprendiendo a respirar	61
	Un ambiente moderno	65

<i>Capítulo 4</i>	<b>Un nuevo tipo de células</b>	69
	Los primeros eucariontes	69
	Asociaciones biológicas	72
	El núcleo	73
	Las mitocondrias	76
	Eucariontes sin mitocondrias	81
	Plástidos	84
	Undulipodios	89
	Movimiento en el interior de las células	95
<i>Capítulo 5</i>	<b>La evolución del sexo</b>	99
	Cromosomas y mitosis	100
	El huso mitótico	105
	Meiosis	107
	La evolución de la meiosis	109
<i>Capítulo 6</i>	<b>La era moderna</b>	117
	Clones, colonias y diferenciación	118
	Las células de los organismos multicelulares	120
<i>Glosario</i>		127
<i>Índice alfabético</i>		133

# Ilustraciones

*Methanobacterium*, una bacteria productora de metano (cara opuesta a la página 1).

Figura 1-1.	Comparación entre células eucariótica y procariótica	3
Figura 1-2.	Cuerpo fructífero multicelular de <i>Chondromyces apiculatus</i>	7
Figura 1-3.	Diagrama de la replicación del DNA	9
Figura 1-4.	Diagrama de la síntesis de proteínas	11
Figura 1-5.	Molécula de trifosfato de adenosina	13
Figura 1-6.	Cronología histórica de la Tierra	16
<i>Thiocapsa</i> , una bacteria roja del azufre, anaeróbica y fotosintética		20
Figura 2-1.	Paisaje marino del período Cámbrico	25
Figura 2-2.	Fondo marino ediacareense	26
Figura 2-3.	Discontinuidad entre las rocas de período pre-Fanerozoico y el Fanerozoico en el Gran Cañón del Colorado	27
Figura 2-4.	Límite inferior de las rocas cámbricas en el río Aldan, Siberia	28
Figura 2-5.	Microfósiles en rocas de la formación Gunflint Iron	29
Figura 2-6.	Microfósil de una roca hallada en North Pole, Australia Occidental	30
Figura 2-7.	Diagrama de la glucólisis	32
Figura 2-8.	Diagrama de la fijación biológica del nitrógeno	34
Figura 2-9.	Diagrama de la reducción del sulfato por bacterias anaeróbicas	36
Figura 2-10.	El grupo hemo de los citocromos	37
Figura 2-11.	Modelo de citocromo <i>c</i>	38
Figura 2-12.	Molécula de clorofila	39

Figura 2-13.	Membranas tilacoides en una bacteria fotosintética roja del azufre	41
Figura 2-14.	Diagrama de las rutas que siguen los electrones excitados por la luz en la fotosíntesis anaeróbica	42
Figura 2-15.	Conjugación entre bacterias <i>E. coli</i>	46
Figura 2-16.	Modelo de ciclos de elementos esenciales en un mundo sin oxígeno libre	48
<i>Stigmatella</i> , una bacteria multicelular		50
Figura 3-1.	Tilacoides en una bacteria cocoidal	52
Figura 3-2.	<i>Oscillatoria limnetica</i>	53
Figura 3-3.	Diagrama de las rutas que siguen los electrones excitados por la luz en las cianobacterias y las plantas	55
Figura 3-4.	Muestra de una formación de hierro bandeada	57
Figura 3-5.	Sección transversal de estromatolitos antiguos	60
Figura 3-6.	Estromatolitos modernos	61
Figura 3-7.	Respiración aeróbica	63
Figura 3-8.	Modelo de los ciclos de los elementos esenciales en un mundo con oxígeno libre	66
Un actinópodo		68
Figura 4-1.	Célula de levadura con una mitocondria en división y tejido de maíz con un cloroplasto en división	70
Figura 4-2.	Bacteria en división	74
Figura 4-3.	Diagrama de la molécula de colesterol	75
Figura 4-4.	Mitocondrias en una célula de rata	76
Figura 4-5.	Mitocondria típica	78
Figura 4-6.	Bacteria depredadora ( <i>Bdellovidrio</i> ) en el interior de una célula de otra especie bacteriana	79
Figura 4-7.	Protista ( <i>Trichonympha ampla</i> ) cubierto de undulipodios	82
Figura 4-8.	Bacterias que actúan como sustitutos de las mitocondrias en un protista ( <i>Pyrsonympha</i> )	83
Figura 4-9.	<i>Pelomyxa palustris</i> , una ameba que carece de mitocondrias	84
Figura 4-10.	Aparato de Golgi	85
Figura 4-11.	Plástidos en un protista dinoflagelado ( <i>Symbiodinium microadriaticum</i> )	86
Figura 4-12.	Alga marina tropical <i>Caulerpa floridana</i>	87
Figura 4-13.	Secciones transversales de la cola de un espermatozoide de rata y de los cilios que recubren las células del oviducto de mono	90
Figura 4-14.	Undulipodio de los eucariontes comparado con el flagelo de los procariontes	91
Figura 4-15.	Una espiroqueta ( <i>Treponema</i> )	92

Figura 4-16.	Un ciliado ( <i>Stentor coeruleus</i> )	94
Hipermastigota,	protista del aparato digestivo de las termitas	98
Figura 5-1.	Reproducción asexual en eucariontes	100
Figura 5-2.	Comienzo de la división celular en una sección transversal del extremo apical de la raíz de cebolla	102
Figura 5-3.	Diagrama de la mitosis en una célula con un número haploide de cromosomas	103
Figura 5-4.	Estadios finales de la división celular en una sección transversal del ápice de raíz de cebolla	104
Figura 5-5.	Centriolos	106
Figura 5-6.	Diagrama de la meiosis en una célula con cuatro cromosomas	108
Figura 5-7.	Cloroplasto de <i>Chlamydomonas</i> , un alga unicelular	112
<i>Rhizopus</i> ,	moho común del pan	116
Figura 6-1.	Tres volvocales	119
Figura 6-2.	<i>Trichoplax adhaerens</i>	121
Figura 6-3.	Porción de una proteína moduladora del calcio	123

#### Fuentes de procedencia de las ilustraciones

Las figuras 1-1, 2-16, 3-8 y 4-14 se tomaron de *Symbiosis in Cell Evolution: Life and its Environment on the Early Earth* por Lynn Margulis, W. H. Freeman and Company. Copyright © 1981.

Las figuras 4-9 (derecha), 6-2 y 1-6 proceden de *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth* por Lynn Margulis y Karlene V. Schwartz. W. H. Freeman and Company. Copyright © 1982.

La figura 1-2, de Wireman, J. W. and Dworkin, M. *Morphogenesis and Developmental Interactions in Myxobacteria*, Science, Vol. 189, 14 de Agosto de 1975, pp. 516-523. Copyright 1975 por la American Association for the Advancement of Science.

La figura 3-2 reproducida con autorización de *Nature*, (5526), pp. 489-492. Copyright © 1975, Mcmillan Journals Limited.

La figura 4-1 (arriba) reproducida con autorización del *Current Topics in Cellular Regulation*, Vol 2, A. W. Linnane, *The Biogenesis of Mitochondria* pp. 101-172. New York: Academic Press, Inc., 1970.

La figura 4-1 (abajo) reproducida con autorización del *Journal of Experimental Botany*, Vol. 32, No. 127, (1981), pp. 311-320.

La figura 4-9 (izquierda) reproducida con autorización de E. W. Daniels *The Biology of the Amoeba*, capítulo 5 "Ultrastructure". New York: Academic Press Inc., 1972.

La figura 4-16 reproducida con autorización de "Oral regeneration in the ciliate *Stentor coeruleus*: a scanning and transmission electron optical study." por Paulin, J. J. y Busey, J., *The Journal of Protozoology*, Vol 18, pp. 201-213, 1971.



CAPÍTULO 1

# *Evolución y células*

