



# ¿cómo moves?

Año 14 • No. 160 • Revista de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México

## El síndrome de la memoria falsa

**Lynn Margulis**  
Vocera del  
microcosmos

**Nombres fuera  
de este mundo**

**Los guardianes  
del tiempo**

CITEM



México \$25.00  
EUA \$5.00  
Europa €3.75



# Lynn Margulis

## La vocera del microcosmos

Martha S. Esparza Soria,  
Eréndira Álvarez Pérez y  
Ricardo Noguera Solano

### En una entrevista

concedida al diario estadounidense *The New York Times* con motivo del fallecimiento de Lynn Margulis, el pasado 22 de noviembre, su hija Jennifer dijo que esta gran científica se consideraba una “vocera del microcosmos”. Y sin duda lo era: ella cambió para siempre la visión que tenemos de la vida al probar que las células con núcleo —llamadas eucariontes y de las que están formados todos los seres multicelulares, nosotros incluidos— surgieron por la unión de diferentes especies de bacterias hace unos 1500 millones de años. Hizo además importantes contribuciones a la clasificación de lo vivo. Y también fue polémica; si bien parte de sus planteamientos hoy son ampliamente aceptados por la comunidad científica, otros han sido rechazados.

Figura clave de la biología evolutiva del siglo XX, Margulis murió a los 73 años, a causa de una embolia, en su domicilio en Amherst, Massachusetts. Su apellido de nacimiento era Alexander y nació el 5 de marzo de 1938, en Chicago. Con sólo 19 años terminó la licenciatura en ciencias en la Universidad de Chicago y se casó con el afamado astrónomo y divulgador científico Carl Sagan, con quien tuvo dos hijos, Dorion y Jeremy. Hizo la

En noviembre pasado murió una gran científica, innovadora y polémica. Sus aportaciones a la biología son una muestra de que el mundo natural aún guarda muchas sorpresas, y para comprenderlo se requiere disciplina, conocimiento y conservar la capacidad de asombro.

maestría en biología celular y genética en la Universidad de Wisconsin, mientras trabajaba como profesora ayudante y empezaba a estudiar bacterias, y se doctoró en genética por la Universidad de California en Berkeley. Ella y Sagan se divorciaron en 1963 y en 1967 se casó con el químico Thomas Margulis, con quien tuvo un hijo y una hija, Zachary y Jennifer; Lynn y Thomas se divorciaron en 1980.

Margulis publicó más de 190 artículos y más de 20 libros. Fue codirectora del departamento de biología planetaria de la NASA, profesora en la Universidad de Boston durante 22 años y catedrática de biología de la Universidad de Massachusetts en Amherst desde 1988 hasta su muerte. Su trabajo científico obtuvo numerosos reconocimientos, entre ellos varios doctorados *Honoris causa* y en 1996 la Medalla Nacional de Ciencias de Estados Unidos, que le entregó el entonces presidente Bill Clinton.

### Cooperación vital

Lynn Margulis dedicó gran parte de sus esfuerzos a mostrar la importancia evolutiva de la simbiosis, es decir, a entender cómo la cooperación entre individuos de diferentes especies puede originar asociaciones en las que los individuos se benefician mutuamente. En el proceso evolutivo, la dependencia simbiótica entre organismos puede volverse tan fuerte que ninguna de las dos especies sea ya capaz de sobrevivir sin la otra.

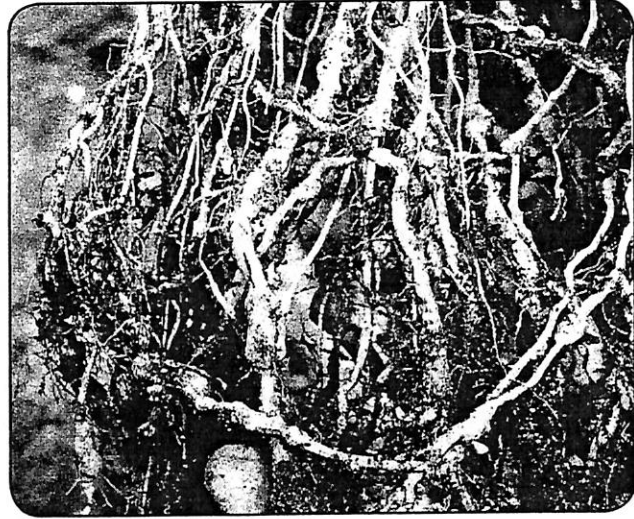
Un ejemplo de simbiosis es el de las algas cianofitas, conocidas comúnmente como algas verde-azuladas, seres unicelulares que carecen de núcleo y producen su propio alimento, es decir, son autótrofas. Al unirse éstas con hongos forman líquenes, asociación que permite mantener la humedad durante largos

periodos y disminuir el proceso de desecación, características propias de los hongos; por su parte, las algas cianofitas otorgan a esta asociación la facultad de obtener energía mediante la fotosíntesis, capacidad de la que los hongos carecen. La relación entre ambas especies permite a los líquenes colonizar ecosistemas en los que hongos y algas, por separado, no podrían sobrevivir. Otro ejemplo de simbiosis es el de las micorrizas, asociación entre hongos y raíces de una planta (ver *¿Cómo ves?* No. 150). Lynn Margulis encontró muchos otros casos de simbiosis, como el de animales marinos (platelmintos, nemátodos) asociados con células de algas alojadas en su interior.

En la propuesta de Margulis, un fenómeno tan complejo como la simbiosis no es una mera curiosidad, sino una poderosa fuerza del proceso evolutivo. La vida —afirmaba Lynn Margulis— es una unión simbiótica y cooperativa que permite triunfar a los que se asocian. Para entender estas complejas relaciones entre individuos de especies diferentes es preciso reconocer la íntima relación entre unas y otras, y que los conceptos de ecosistema y de comunidad dan cuenta de relaciones interdependientes, producto de millones de años de evolución.

### Innovaciones evolutivas

En los procesos evolutivos hay un tipo de simbiosis conocida como *endosimbiosis*, que consiste en la incorporación de un organismo dentro de la estructura de otro. La endosimbiosis estable da como resultado el proceso conocido como *simbiogénesis* o formación de un nuevo organismo a partir de dos; Margulis propuso que estas relaciones simbióticas, que desembocan en procesos

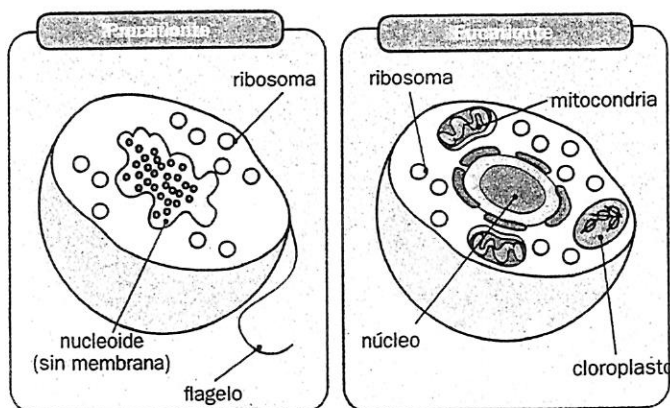


de simbiogénesis, producen novedades evolutivas.

A fin de explicar cómo los organismos más simples —procariontes: células bacterianas, carentes de núcleo— dieron origen a eucariontes, Margulis propuso que en la asociación entre diferentes organismos procariontes, algunos más grandes pudieron englobar a otros menores, de los cuales un cierto tipo capaz de utilizar el oxígeno en su metabolismo dio lugar a las mitocondrias. Estas son pequeños orgánulos que se encuentran en casi todas las células eucariontes; en ellos se produce el trifosfato de adenosina o ATP, que constituye el combustible interno de las células. Las mitocondrias tienen su propio sistema genético, distinto del de la célula que las aloja: tienen su propio ADN circular, semejante al bacteriano, sus propias moléculas de ácido ribonucleico —ARN— y sus propias fábricas de proteínas —ribosomas—, lo que les da una independencia genética casi completa.

Margulis planteó además que otros procariontes capaces de realizar fotosíntesis serían precursores de los cloroplastos, organelos que también tienen su propio genoma (ADN circular o cloroplástico) y sintetizan sus propias proteínas. Al igual que las mitocondrias, los cloroplastos generan ATP y están rodeados de una doble membrana.

La incorporación y fusión simbiogénica sucesiva entre bacterias con distintas propiedades metabólicas se conoce como *endosimbiosis seriada*, y de acuerdo con Margulis condujo a la formación de los primeros eucariontes, los parientes más antiguos de animales, plantas, hongos



y protoctistas (organismos eucariontes unicelulares, como las amibas).

Los procesos de simbiogénesis y endosimbiosis seriada formaron células que tenían en su citoplasma organelos con características que les permitieron sobrevivir y enfrentarse a nuevos ambientes. Las mitocondrias y los cloroplastos primero fueron bacterias de vida libre, algunas capaces de metabolizar el oxígeno del ambiente; los procariontes primitivos, con metabolismos anaeróbicos (que pueden vivir sin oxígeno) endocitaron, es decir engulleron a las bacterias de vida libre, envolviéndolas en su membrana y aprovechando sus facultades para metabolizar oxígeno. Así, los nuevos organismos, capaces de sobrevivir en ambientes con oxígeno, se diversificaron.

Estos procesos evolutivos ocurrieron hace aproximadamente 1500 millones de años; en la actualidad, mitocondrias y cloroplastos conservan características típicas de las bacterias, como la presencia de ADN en forma circular y cerrada. Otra evidencia de que en el pasado fueron organismos de vida libre e independiente es la presencia en las mitocondrias de enzimas que también se encuentran en las bacterias.

### Bifurcación y fusión de lo vivo

Margulis nos hizo ver que las ramas del árbol de la evolución no sólo se bifurcan: también pueden fundirse. Los genomas se integran, las uniones persisten... y estas novedades han sido cruciales en el proceso evolutivo a lo largo de la extensa, diversa, numerosa y compleja historia de la vida.

La teoría de la simbiogénesis propuesta por Margulis tiene actualmente una considerable aceptación entre la comunidad científica, sobre todo para



explicar el origen de los cloroplastos y las mitocondrias, pero es fuertemente criticada como mecanismo general de evolución e innovación. Sus oponentes defienden el papel primordial de las mutaciones genéticas como la fuente principal de las novedades evolutivas sobre las que puede actuar la selección natural (ver *¿Cómo ves?* No. 97). Una postura científica, es decir, crítica y reflexiva, permite ver que los postulados de Margulis encajan con la teoría darwinista clásica de la evolución por variación y selección natural: los organismos en simbiosis serían variedades favorecidas por la selección natural. Esta explicación no pretende desacreditar la explicación darwiniana de la evolución, sino que aporta nuevos elementos a las ciencias de la vida para entender las relaciones complejas del mundo natural, haciendo hincapié en la capacidad de la

propia vida para modificar el ambiente y generar nuevos recursos.

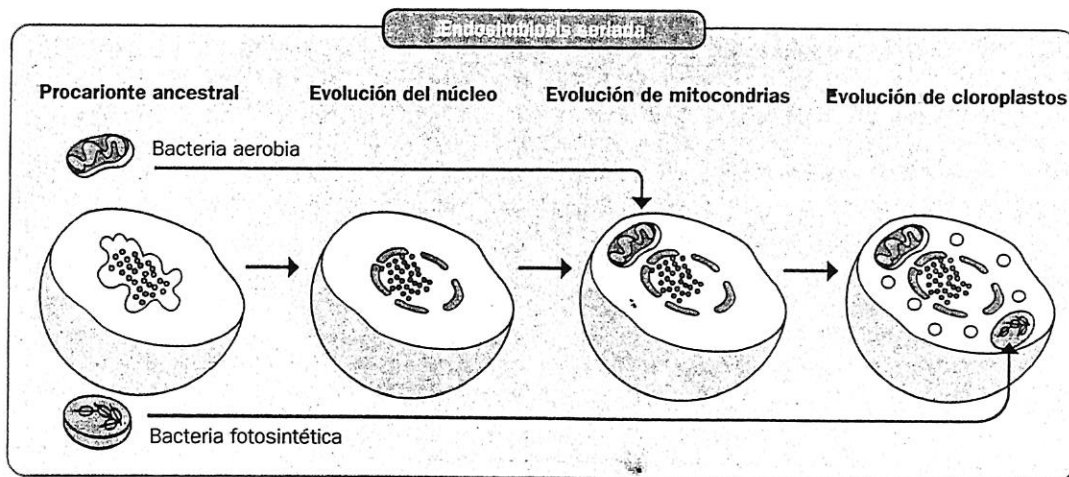
Margulis no fue la primera en hablar de simbiosis, pero sí la que explicó varias novedades evolutivas como consecuencia de la asociación y la cooperación. Sus reflexiones permiten ver a los organismos en términos de comunidades, de colectivos, de ecosistemas.

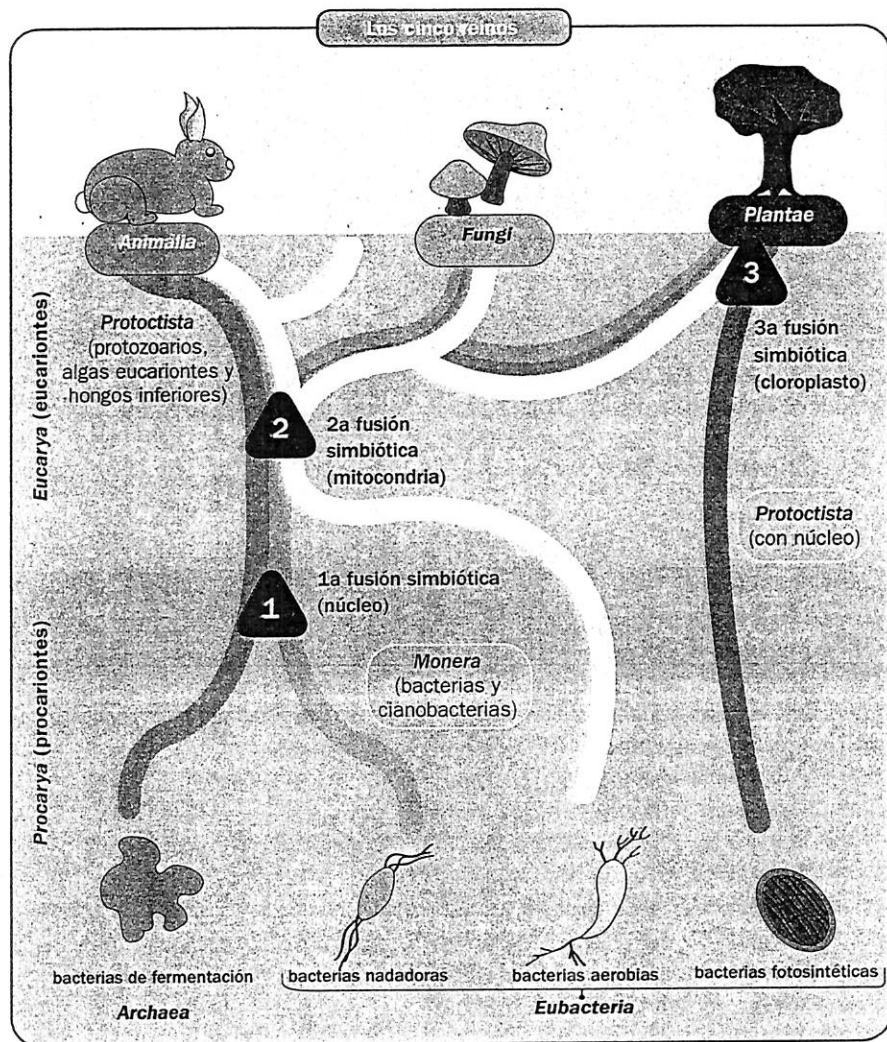
### Los cinco reinos

En 1969, el ecólogo estadounidense Robert Whittaker propuso una clasificación de los seres vivos en cinco reinos: *animalia* (animales multicelulares), *plantae* (vegetales superiores y embriofitas), *fungi* (hongos superiores), *protista* o *protoctista* (protozoarios, algas eucariontes y hongos inferiores) y *monera* (bacterias y cianobacterias). Entre los criterios que se utilizan para diferenciar a los cinco reinos están sus

características celulares (células con núcleo o sin núcleo, unicelulares o pluricelulares), tipo de nutrición (autótrofa o heterótrofa) y su diferenciación de tejidos.

La clasificación de Whittaker no tomaba en cuenta las relaciones entre eucariontes y procariontes, y enfatizaba la discontinuidad entre ambos linajes celulares. Un aporte fundamental





### Más información

- Lynn Margulis y Dorion Sagan, *Captando genomas: una teoría sobre el origen de las especies*, Editorial Karos, Barcelona, 2003.
- Lynn Margulis, *Una revolución en la evolución*, Colección Historia, Dautsa, Universidad de Valencia, 2002.

sus explicaciones fueran escuchadas entre científicos, entre alumnos y entre públicos más amplios. Sus obras de divulgación fueron traducidas a varios idiomas. En español destacan *Microcosmos: cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos*, *¿Qué es la vida?*, *¿Qué es el sexo?*, *Captando genomas: una teoría sobre el origen de las especies* y *Una revolución en la evolución*. Varias de estas obras las escribió con su hijo Dorion Sagan. El libro *Peces luminosos: historias de amor y ciencia* reúne relatos literarios. Margulis realizó películas sobre organismos vivos, así como otros recursos didácticos para la enseñanza de las ciencias; participó en actividades dirigidas a estudiantes desde enseñanza secundaria hasta universitaria, e impartió numerosas conferencias en diferentes países, entre ellos México.

Las aportaciones que hizo a la biología moderna son una muestra de que el mundo natural aún guarda muchas sorpresas, y para comprenderlo y explicarlo se requiere disciplina, conocimiento y conservar la capacidad de asombro, de curiosidad y de duda, cualidades que poseía Margulis.

En el obituario que escribió el reconocido biólogo mexicano Antonio Lazcano para el diario español *El País*, cuenta que comenzó a comprender y a querer más a Lynn Margulis, su maestra y amiga, “el día en que durante una conferencia descubrí en su mirada el candor de una niña frágil pero armada de una curiosidad y una valentía irrefrenables, lista para adentrarse a lo desconocido, como lo ha hecho ahora y para siempre.”

de Margulis fue sugerir la importancia de la simbiogénesis y mostrar la profunda continuidad de la vida entre procariontes y eucariotes. Con esta nueva perspectiva publicó en 1982, con Karlene V. Schwartz, su obra *Cinco reinos. Guía ilustrada de los phyla de la vida en la Tierra*, en la que sugiere dos súper reinos, *eucarya* (eucariotes) y *procarya* (procariontes). Este último, conocido también como *monera* o bacterias, fue dividido en dos dominios: *archaea* y *eubacteria*. El súper reino *eucarya*, que resultó de la simbiogénesis de procariontes, forma los cuatro reinos restantes (*protista*, *animalia*, *fungi* y *plantae*).

Con estos planteamientos, la explicación evolutiva darwiniana de ascendencia común, variación y selección natural ha sido extendida con nuevas explicaciones sobre el origen de la variación.

### Apasionada por la vida

Lynn Margulis fue una científica comprometida, de visión innovadora, que impuso

nuevos referentes en la ciencia; apasionada por la investigación, la docencia y la divulgación, nos dejó como legado un conjunto de libros y artículos que nos permitirán seguir el diálogo entre teorías y modelos científicos aún después de su muerte.

La simbiogénesis y la endosimbiosis seriada propuestas por Margulis, son teorías actualmente aceptadas prácticamente por toda la comunidad científica, si bien no con la amplitud que ella hubiese querido, y forman parte de los contenidos de educación media superior.

Margulis sabía que la ciencia es una actividad dinámica en la que continuamente se construye y formula conocimiento; que en su desarrollo intervienen diferentes factores que permiten su práctica y difusión; que en algunas ocasiones, el nuevo conocimiento se acepta con cierta rapidez y facilidad, y en otras, la aceptación de las ideas requiere periodos más largos para que la comunidad científica lo discuta, acepte y valide. Ella buscó que

Martha Susana Esparza Soria es Maestra de Historia de las Ciencias por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Eréndira Álvarez Pérez es Maestra en Ciencias Biológicas y Ricardo Noguera Solano es Doctor en Ciencias Biológicas, ambos por la Facultad de Ciencias de la UNAM. Los tres forman parte del Grupo de Estudios Históricos, Filosóficos y Sociales de la Ciencia de esta última facultad.