

MICROCOSMOS

Cuatro mil millones de años de evolución
desde nuestros ancestros microbianos

Lynn Margulis y Dorion Sagan



METATEMAS 39

LIBROS PARA PENSAR LA CIENCIA

Título original: *Microcosmos.*
Four Billion Years of Evolution from Our Microbial Ancestors

Indice

1.ª edición: mayo 1995

© 1986 by Lynn Margulis and Dorion Sagan

© de la traducción: Mercè Piqueras, 1995
Diseño de la colección: Clotet-Tusquets
Reservados todos los derechos de esta edición para
Tusquets Editores, S. A. - Iradier 24, bajos - 08017 Barcelona
ISBN: 84-7223-842-3
Depósito legal: B. 18.488-1995
Fotocomposición: Foinsa - Passatge Gaiolà, 13-15 - 08013 Barcelona
Impreso sobre papel Offset-F. Crudo de Leizarán, S. A. - Guipúzcoa
Libergraf, S. L. - Constitución, 19 - 08014 Barcelona
Impreso en España

- P. 9 Agradecimientos
11 *Presentación* de Lewis Thomas
17 Prólogo de los autores a la segunda edición
29 El microcosmos en expansión: una visión previa ilustrada

Microcosmos

- 47 Introducción: El microcosmos
57 1. A partir del cosmos
65 2. La animación de la materia
77 3. El lenguaje de la naturaleza
86 4. Adentrándonos en el microcosmos
101 5. Sexualidad e intercambio genético universal
115 6. El holocausto de oxígeno
131 7. Células nuevas
143 8. Conviviendo
154 9. El cerebro simbiótico
173 10. El enigma del sexo
186 11. Últimas eclosiones: animales y plantas
212 12. El hombre egocéntrico
256 13. El futuro supercosmos

Agradecimientos

Un día de 1980, John Brockman, un pintoresco agente literario, se presentó en casa de Lynn Margulis, en Boston, ataviado al estilo de un gánster italiano. Venía de Nueva York con la intención de conseguir que escribiéramos un libro. De no haber sido por aquella visita y por el estímulo continuado de Brockman, seguramente no se habría escrito esta obra. También estamos en deuda con Katinka Matson, a quien le tocó ayudarnos durante el lustro que duró la gestación del libro. Y con Laszlo Meszoly, quien, en un corto plazo, hizo los dibujos punteados de las evocativas escenas de la evolución de la vida a través del tiempo. No podría faltar nuestro agradecimiento a Lewis Thomas por escribir el prólogo y por ser él mismo fuente de inspiración, y, junto a él, a dos personas más: al incansable viajero David Abram, por compartir con nosotros sus conocimientos de la naturaleza, y a Theodore Sturgeon, cuya historia de ciencia ficción, «El Dios microcósmico», parafraseamos en estas páginas. Estamos asimismo profundamente agradecidos a los siguientes amigos, familiares, correctores, editores y colegas: Morris Alexander, David Bermudes, Robert Boynton, Jack Corliss, Geoff Cowley, W. Ford Doolittle, Ann Druyan, Betsey Dexter Dyer, Stephen Jay Gould, Bruce Gregory, Ricardo Guerrero, James Halgring, Donald Johanson, Geraldine Kline, Edmond LeBlanc, James Lovelock, Heinz Lowenstam, David Lyons, Jennifer Margulis,

Zachary Margulis, Phylis Morrison, Elaine Pagels, John Platt, Carl Sagan, Jeremy Sagan, Marjorie Sagan, Tonio Jerome Sagan, Arthur Samuelson, Nathan Shafner, James Silberman, William Solomon, John Stolz, William Irwin Thompson, Paul Trachtman y Peggy Tsukahira. Entre ellos, sentimos que nuestro colega y amigo Elso S. Barghoorn, que tanto nos ayudó en las fases iniciales del libro, no haya vivido para verlo terminado.

La mayor parte del trabajo científico en que se basa parte del texto ha sido realizado gracias a las ayudas facilitadas por el Programa de Biología Planetaria de la NASA, la Universidad de Boston y la Fundación Richard Lounsbery. Muchas de las conclusiones que presentamos están basadas en las investigaciones y datos que se encuentran en la bibliografía especializada. Sin duda alguna, nuestra principal deuda la hemos contraído con los innumerables autores y científicos que no se mencionan en el libro y cuyo trabajo constituye el pilar de nuestra exposición. Por último, queremos agradecer a Mercè Piqueras, la traductora, a Ricard Guerrero y a Jorge Wagensberg su ayuda en la preparación de la versión española.

Presentación

La finalidad de todo prólogo es proporcionar al lector información anticipada sobre lo que encontrará a continuación. En el caso de esta obra, a menos que el lector esté completamente al día en materias como microbiología, paleontología y biología evolutiva, lo que le espera es una sorpresa tras otra, puede que incluso más de un sobresalto. El libro trata de las inextricables conexiones entre todos los seres vivos de nuestro planeta, tanto los que existen en la actualidad como los innumerables organismos que les precedieron. Margulis y Sagan proponen en estas páginas una nueva manera de contemplar el mundo, muy diferente de la que de él teníamos hace algunas décadas. Esta nueva visión está basada en sólidas investigaciones llevadas a cabo con diferentes finalidades por muchos científicos que trabajan en laboratorios dispersos por todo el mundo. Reunidos y relacionados unos con otros, sus hallazgos llevan a la conclusión de que el individualismo no tiene razón de ser en la naturaleza. La biosfera es una entidad con una unidad propia, un inmenso sistema vivo e integrado, un organismo.

Recuerdo haber asistido, hace tiempo, a una serie de seminarios universitarios que respondían al título «El lugar del hombre en la naturaleza». Trataban principalmente de cómo puede el ser humano gestionar la naturaleza para mejorarla, de manera que los asuntos del mundo procedan de modo más

agradable: cómo obtener más provecho de los recursos energéticos de la Tierra; cómo conservar determinadas zonas en su estado natural para nuestro disfrute personal; cómo evitar la contaminación de los cursos de agua; cómo controlar el crecimiento de la población humana; etcétera. El sentimiento general era que la naturaleza es una propiedad, un patrimonio recibido en herencia, dominio de la humanidad, y que sería algo así como una combinación de parque público, jardín zoológico y huerto universal.

Esta sigue siendo la manera más fácil de observar el mundo. A condición de que pueda evitarse distraer el pensamiento. Sin duda alguna, desde que los humanos ocuparon la Tierra, se han comportado siempre como la especie dominante, llevando el control de todo el planeta. Quizás al principio fuésemos más frágiles y vulnerables, recién descendidos de los árboles sin nada de lo que vanagloriarnos, salvo tener los pulgares en oposición y unos exagerados lóbulos frontales. Eramos seres que vivían en cuevas y se preocupaban del fuego. Pero tomamos posesión de la Tierra y ahora estamos diseminados por doquier, dominándolo todo, de uno a otro polo y desde la cima de las más altas montañas hasta las profundas fosas oceánicas, colonizando la Luna y observando con detenimiento el sistema solar. Somos el verdadero cerebro de la Tierra. El pínaculo de la evolución, el éxito biológico más sorprendente que va a permanecer aquí para siempre.

Sin embargo, hay otra manera de observar la especie humana, y este libro es la guía que nos indica este otro modo de hacerlo. Desde el punto de vista evolutivo, somos unos recién llegados. Puede que haya, esparcidas aquí y allá, especies más recientes que la nuestra; pero ninguna a nuestra escala y en un estadio tan temprano de su evolución. No es posible encontrar trazas de la especie humana más allá de unos cientos de miles de años sin que se pierdan de vista los caracteres que consideramos propios del ser humano: la comunicación mediante el lenguaje, el utilizar la voz para cantar canciones, la construcción de herramientas, el aprovechamiento del fuego para mantener el calor corporal, la búsqueda de la comodidad y la práctica de la guerra contra in-

dividuos de la misma especie. Considerado como especie, el ser humano se encuentra aún en una fase juvenil, quizás empezando apenas a desarrollarse, aprendiendo todavía a ser humanos, como el hijo inmaduro de una especie. Además, somos vulnerables, y tendemos a equivocarnos; lo que nos hace correr el riesgo de dejar, tras nuestro paso por la Tierra, tan sólo una fina capa de fósiles radiactivos.

Para conseguir una mejor perspectiva de nuestra especie necesitamos un mejor conocimiento de nuestro linaje. Antes creíamos haber llegado de novo, haber sido colocados aquí por un Organizador, tal vez aún antes de que nos vistieramos, pero preparados ya para poder dar nombre a todos los animales. Posteriormente, después de Darwin, tuvimos que afrontar la vergüenza de contar con monos en algún punto de nuestro árbol genealógico y de tener que aceptar que somos primos hermanos de los chimpancés.

Muchos niños, al llegar a la adolescencia, atraviesan un periodo difícil que se manifiesta por un descontento con la manera de ser de sus padres, y desearían que fueran diferentes, más parecidos a los padres de otras familias del vecindario. En realidad, no hay nada de qué avergonzarse por el hecho de que tengamos como parientes próximos a homínidos de aspecto un tanto extraño. Sin embargo, y puestos a elegir, la mayoría de nosotros preferiría localizar nuestros orígenes en una línea dinástica pura, deteniéndonos en ese punto sin buscar más allá.

Veamos ahora cuál es nuestro dilema. El origen de nuestra estirpe se remonta a unos 3500 millones de años atrás, cuando se formó la primera célula. Aquella célula es el antepasado más remoto de todos los seres vivos surgidos más tarde, incluido el ser humano.

Además, a pesar de nuestra elegancia y arrogancia como especie, a pesar de nuestros prominentes lóbulos frontales, a pesar de toda nuestra música, no hemos progresado mucho en relación a los microorganismos antepasados nuestros. Estos microorganismos continúan con nosotros, forman parte de nosotros. O, dicho de otra manera, nosotros formamos parte de ellos.

Admitida esta realidad, hay que reconocer que se trata de una gran historia, un poema épico maravilloso, que no ha llegado aún al final. Se trata, nada menos, de la epopeya que narra el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

Lynn Margulis ha dedicado gran parte de su carrera científica al estudio de los detalles de esa historia, a la que ha añadido algunos otros procedentes de sus investigaciones. Ella y Dorion Sagan han reunido todos estos detalles, dándoles forma literaria, en este extraordinario libro, que no se parece en nada a ningún tratado divulgativo sobre evolución que yo haya leído antes. Se trata de un relato fascinante de lo que es, con mucho, el periodo más largo en la evolución de la biosfera; un lapso de 2500 millones de años, a lo largo del cual nuestros antepasados los microorganismos establecieron la mayoría de normas y regulaciones para la convivencia. Se trata de hábitos que los seres humanos deberíamos estudiar actualmente con atención para encontrar en ellos soluciones para nuestra propia supervivencia.

Los relatos más conocidos de la evolución y sus problemas suelen empezar contando lo que sucedió hace tan sólo unos centenares de millones de años, tratando muy superficialmente las formas primitivas de los organismos multicelulares y pasando rápidamente hacia la triunfante invención de las formas vertebradas. Da la impresión de que, en tiempos anteriores, el planeta hubiera estado ocupado por células elementales y sencillas que no hacían más que esperar el inicio del espectáculo. Margulis y Sagan precisan lo equivocado de esta interpretación y demuestran que las primeras bacterias aprendieron ya casi todo lo que hay que saber sobre la vida en un sistema, y eso es precisamente lo que nosotros sabemos hoy en día.

Quizás hayamos compartido una fase común en un primer periodo más largo de lo que creemos. Ahí está, como un fósil lingüístico, enterrada en la antigua raíz de la cual tomamos el nombre de nuestra especie. La palabra utilizada para denominar la Tierra, al principio de las lenguas indoeuropeas, hace miles de años (nadie sabe exactamente cuántos) era dhghem. A partir de esta palabra, que no significa más que

tierra, surgió la palabra humus, que es el resultado del trabajo de las bacterias del suelo. Y, para darnos una lección, de la misma raíz surgieron humilde y humano. Este es el esbozo de una parábola filológica; en este libro se encuentran algunos de los detalles para completarla.

Lewis Thomas
(1913-1993)

Prólogo de los autores a la segunda edición

¿Qué relación existe entre los humanos y la naturaleza? El nombre científico que Linneo dio a nuestra especie es *Homo sapiens sapiens*, es decir «hombre sabio, sabio». Sin embargo, nosotros proponemos humildemente, y un poco en broma, que se bautice de nuevo a la humanidad como *Homo insapiens insapiens*; es decir, «hombre, sin sabiduría, sin sabor». Nos gusta creer que regimos la naturaleza —«el hombre es la medida de todas las cosas», dijo Protágoras hace 2400 años—, pero no somos tan regios como creemos. Con este libro hemos intentado hacer trizas el ropaje dorado que sirve de propia imagen a la humanidad para desvelar que nuestra imagen autoaumentada no es más que la de un loco a escala planetaria.

Los humanos hemos sido durante mucho tiempo el equivalente planetario, o biosférico, del ego freudiano que «desempeña el papel ridículo del payaso de circo cuyos gestos intentan persuadir al público de que todos los cambios que se llevan a cabo en escena obedecen a sus órdenes». Nos parecemos a ese payaso en casi todo, aunque el egotismo humano en relación con nuestra importancia ante la naturaleza no suele tener ni pizca de gracia. Freud prosigue: «Pero sólo los más jóvenes entre el público se dejan engañar por él».^{1*} Quizá

* Las notas se encuentran en las páginas 301-307. (N. del E.)

nuestra credulidad en relación a la ecología planetaria sea también resultado de nuestra juventud —nuestra inmadurez colectiva como una de las muchas especies que comparten la Tierra—. Pero aunque fuésemos el niño aplicado de la naturaleza, no somos esa presunción científica, «la especie más evolucionada». Como en el conocido cuento infantil, el «emperador» humano, contemplado desde la perspectiva revisionista de este libro y en la modesta opinión de sus autores, va desprovisto de traje alguno.

Un debate reciente promovido por la revista *Harper's Magazine*, con el enunciado de si «Sólo la presencia humana puede salvar la naturaleza»² nos proporciona un ejemplo de la visión tradicionalmente grandiosa, casi solipsística, que la humanidad tiene de sí misma. El químico atmosférico James Lovelock equipara la relación existente entre los humanos y la naturaleza a una guerra inminente; el ecofundamentalista Dave Foreman declara que, bien lejos de ser el sistema nervioso central de Gaia, o su cerebro, los humanos somos un cáncer que la está consumiendo. Por su parte, Frederic Turner, profesor de letras y humanidades de la Universidad de Texas, asegura, de manera trascendental, que la humanidad es la encarnación viviente del deseo de la naturaleza arrastrado durante miles de millones de años. Querriamos desafiar estas opiniones. En la Edad Media, los bufones tenían entre sus atributos, además de la reluciente bisutería que los adornaba y el cuchillo de madera, un globo terráqueo. Pensemos en la imagen de un bufón —con su sombrero y sus numerosas campanillas, las orejas colgantes que ondean mientras sostiene una Tierra simulada— para tener un resumen, si no menos cierto, sí más festivo, de cómo andan las cosas entre el *Homo sapiens* y la naturaleza.

A través de Platón, Sócrates nos habla de lo peligroso que es dejar escritas las opiniones propias; aunque los puntos de vista puedan cambiar, las palabras quedarán como una declaración en el papel. Sócrates al menos no escribió. Y lo que sabía, en primer lugar y ante todo, era que él no sabía nada. Los autores de este libro, sin embargo, sí que hemos escrito. Invertimos la visión normalmente exagerada de la humanidad

y tratamos al *Homo sapiens* como una clase de permutación final en la larga y continuada evolución de los habitantes de la Tierra más diminutos, de más edad y con mayor capacidad de adaptación química; es decir, las bacterias. Dejamos escrito que Gaia, el sistema fisiológico de la vida en la Tierra, podría sobrevivir a la desaparición de nuestra especie, mientras que los humanos no podríamos persistir separados de los microorganismos. *Microcosmos* tuvo, en general, buena acogida, pero fue criticado en algunos aspectos, especialmente por esta actitud poco complaciente con nuestra propia especie. Hubo quien se ofendió por la conclusión de que una guerra nuclear no tenía por qué ser un apocalipsis total, ya que las bacterias, que se encuentran en la base de cualquier forma de vida a escala planetaria, podrían sobrevivir gracias a su resistencia. A diferencia de las palabras que flotan sin crear ningún compromiso en las alas volubles de la opinión, las nuestras quedaron plasmadas como signos perdurables en el papel, como lo están ahora éstas; enfrentándonos de manera obstinada al dogma y el didactismo, en lugar de lo que debería haber sido simplemente una opinión provisional. Por suerte, esta segunda edición de *Microcosmos* nos ofrece la oportunidad, si no de volver a escribir y de revisar nuestra obra, sí de meditar sobre el libro y sus principales preocupaciones.

En la media década transcurrida desde que se publicó la primera edición han ocurrido muchas cosas en el mundo científico y en el mundo en general. En el capítulo 9 («El cerebro simbiótico») hacíamos conjeturas detalladas sobre la posibilidad de que la cola del espermatozoide humano, que impulsa el esperma al encuentro del óvulo, hubiese tenido su origen en una unión simbiótica. Sugeríamos que la cola del espermatozoide y los undulipodios de los oviductos (entre otras estructuras no visibles a simple vista) derivaban de una espiroqueta que se convirtió en el «flagelo» de una célula ancestral. En 1989 tres investigadores de la Rockefeller University publicaron un arcano informe sobre un DNA especial recién descubierto.³ Aunque ha sido puesto en duda, este descubrimiento del DNA del cinetosoma, fuera del núcleo y estrechamente empaquetado en la base de cada flagelo celular (undu-

lipodio), es el avance científico más importante para probar la teoría simbiótica de la evolución celular desde que se desen- trañó la estructura del DNA en 1953. *Microcosmos*, contraria- mente a la visión neodarwiniana de la evolución como un conflicto absoluto en el que sólo sobreviven los más fuertes, anima a la exploración de una alternativa esencial: una visión interactiva y simbiótica de la historia de la vida en la Tierra. De igual manera que no sería lógico suponer que las luchas com- petitivas de poder por el espacio y por los recursos no desem- peñan un papel en la evolución, hemos demostrado que sería también ilógico pasar por alto la importancia crucial de la asociación física entre organismos de diferentes especies, es decir, la simbiosis, como uno de los promotores más signifi- cativos en la producción de innovaciones evolutivas. Y durante la última media década los acontecimientos y las opiniones han destacado la importancia de la simbiosis y la cooperación más allá del mundo microscópico de las bacterias en evolu- ción.

Como ha quedado simbolizado por la caída del muro de Berlín y el final de la guerra fría, parece ilógico no querer aplicar las lecciones de la evolución y la ecología al reino terrenal de lo humano y lo político. La vida es algo más que un simple juego mortal en el que engañar y matar aseguran la in- yección del gen más espabilado a la siguiente generación; es también una unión simbiótica y cooperativa que permite triun- far a los que se asocian. A pesar de la poca importancia que la propia humanidad merece que se le conceda cuando se con- templa la especie *Homo sapiens sapiens* desde la perspectiva planetaria de miles de millones de años de evolución celular, podemos restituirnos algo de nuestra antigua grandeza evolu- tiva al reconocer a nuestra especie no como dueña y señora sino como compañera; participamos en una asociación callada e incontrovertible con los organismos fotosintéticos que nos nutren, los productores de gas que nos proporcionan oxígeno, las bacterias heterotrofas y los hongos que eliminan y trans- forman nuestros desechos. Ningún designio político ni ningún avance tecnológico es capaz de disolver esta asociación.

Otro signo de esta clase inequívoca de grandeza conocida

es nuestro compromiso en un proyecto que, por lo que sabe- mos, podría muy bien perdurar más que nuestra propia espe- cie: la introducción de biosferas⁴ en otros planetas y en el es- pacio exterior. Estas actividades expansivas parecen indudablemente una manera de reproducción del sistema vivo planetario —el verdadero nexo de comportamiento fisiológico de toda forma de vida en la Tierra—. La expansión y la re- producción de la biosfera, la producción de ecosistemas mate- rialmente cerrados y energéticamente abiertos en la Luna, en Marte y aún más allá, dependen de la humanidad en su más amplio sentido como un fenómeno tecnológico y planetario. David Abram, un filósofo de la State University of New York, en Stoney Brook, ha hablado de la humanidad que «in- cuba» tecnología. Una actitud egoísta y un exagerado sentido de nuestra propia importancia pueden haber estimulado el au- mento de tecnología y de población humana a expensas de otros organismos. Sin embargo, ahora, una vez superado el pe- riodo de «incubación», se nos revela el sentido «gaiano» de la tecnología; se trata de un fenómeno no humano, a pesar de que haya mediado en él la especie humana, y su aplicación consiste en expandir la influencia de la vida en la Tierra, no únicamente de la humanidad.

En *Microcosmos* rememoramos la historia evolutiva desde la nueva perspectiva de las bacterias. Estos organismos, de manera individual o en agregados multicelulares, de escaso ta- maño y con una enorme influencia en el ambiente, fueron los únicos habitantes de la Tierra desde el origen de la vida, hace casi 4000 millones de años, hasta que se originaron las células nucleadas unos dos mil millones de años más tarde. Las pri- meras bacterias eran anaeróbicas: se envenenaron con el oxí- geno que algunas de ellas liberaban como producto residual. Respiraban en una atmósfera que contenía compuestos energé- ticos como el sulfuro de hidrógeno y el metano. Desde la perspectiva microcósmica, la existencia de las plantas y de los animales, incluida la especie humana, es reciente; podría tra- tarse de fenómenos pasajeros en un mundo microbiano mucho

más antiguo y fundamental. Dos mil millones de años antes de que surgiera cualquier animal o planta ya existían microorganismos simbióticos consumidores de energía, que eran depredadores, tenían capacidad de nutrición, movimiento, mutación, recombinación sexual, fotosíntesis, reproducción y podían proliferar desmesuradamente.

¿Qué es el ser humano? ¿Y la Tierra? ¿Qué relación existe entre ambos, si es que se trata realmente de dos cosas distintas? *Microcosmos* plantea estos amplios interrogantes desde la perspectiva particular de un planeta cuya evolución ha sido principalmente un fenómeno bacteriano. Creemos que esta perspectiva, poco tenida en cuenta con anterioridad, es muy útil, incluso esencial, para compensar la visión antropocéntrica tradicional que sobrevaloraba de manera inapropiada a la especie humana. Puede que, en última instancia, la nuestra haya sido una compensación excesiva. En la práctica filosófica que se conoce como «deconstrucción», se desmantelan oposiciones jerárquicas poderosas mediante un proceso dual que Jacques Derrida caricaturiza o caracteriza como «inversión y desplazamiento». Dicho proceso se ha llevado a cabo en *Microcosmos*: la humanidad es desconstruida al invertir la jerarquía tradicional que situaba a los humanos, surgidos recientemente, en la cúspide de la evolución y a los organismos «inferiores», más antiguos, por debajo. *Microcosmos* ha destronado a la especie humana al mostrar la inmensa importancia evolutiva y ecológica de los «más inferiores» entre los organismos de pequeño tamaño, las bacterias. Pero desde el punto de vista de la práctica deconstrutiva, *Microcosmos*, que invierte la oposición jerárquica, no continúa con lo que sería el siguiente paso: desplazar a los humanos de la máxima categoría para situarlos en la parte más baja de la evolución. Lo que en última instancia ha de cuestionarse no es la posición asumida por nuestra especie en la oposición humanos/naturaleza, sino las distorsiones en oposición impuestas por la misma jerarquía. (Una materia de interés aún más limitado para la deconstrucción, pero de interés aparente para el mismo Derrida, es la jerarquía humanidad/animalidad.) Si tuviéramos que escribir *Microcosmos* de

nuevo, podríamos corregir la ingenuidad de esta inversión que —como el cuento que acaba mostrando al emperador como un necio— altera nuestras convenciones, pero sólo tímidamente, sin llegar realmente a desmantelarlas. Casi todos los que nos han precedido han creído que la especie humana tiene una importancia inmensa, ya sea material o trascendental. Nosotros entendemos la humanidad como un fenómeno microbiano más entre muchos otros, y al nombrar a nuestra especie como *Homo insapiens* hemos querido tener presente que debemos rechazar la idea tan frecuente de que todos los humanos dominan o pueden dominar a Gaia. La visión microbiana es, en el fondo, provisional; no existe una dicotomía absoluta entre los humanos y las bacterias. *Homo insapiens*, un nombre más humilde, nos parece más adecuado, y en cierto modo más «socrático». Por lo menos sabemos, como el filósofo griego, que nada sabemos.

El aludido debate promovido por *Harper's* presentó una diversidad de caracterizaciones de la relación existente entre «ser humano» y «naturaleza». Los editores nos informaron de que, a pesar del enunciado «Sólo la presencia humana puede salvar la naturaleza», una de las contribuciones más significativas al debate sobre el estatus de la humanidad fue la que se tituló «La naturaleza ha llegado a su fin». En *Microcosmos* nos hemos mostrado contrarios a la postura que contrapone los seres humanos al resto de la «naturaleza». Los humanos no estamos fundamentalmente en conflicto con la naturaleza, ni somos esenciales para el ecosistema global. Si algún día se lleva a cabo la expansión de la vida más allá de la Tierra, no será para hacer honor a la humanidad como tal *humanidad*. Más bien será para acreditar a la humanidad como un sistema en evolución simbiótica que se basa en los microorganismos, está reforzado tecnológicamente y se encuentra interconectado de manera global. A la larga, los mapaches podrían también manufacturar y lanzar sus ecosistemas como biosferas espaciales, estableciendo sus rostros de bandido con antifaz en otros planetas, como una avanzada de un extraño caldo de cultivo de Gaia. Quizá no sean los mapaches blanquinegros, sino diáfanos fragmentos del sistema nervioso humano —tan evoluciono-

dados que será imposible reconocerlos— los que, en forma de componentes orgánicos de máquinas reproductoras, puedan sobrevivir más allá de la inevitable explosión y muerte del Sol. Nuestro retrato microcósmico de *Homo sapiens sapiens* como una especie de lodo glorificado tiene el mérito de recordarnos nuestro origen bacteriano y nuestras conexiones con una biosfera aún más bacteriana.

Según un antiguo prejuicio metafísico, un axioma de la filosofía occidental ligeramente camuflado, suele considerarse a los seres humanos separados radicalmente de los demás seres vivos. Descartes sostenía que los animales no humanos carecían de alma. Durante siglos los científicos han afirmado que el pensamiento, el lenguaje, el uso de herramientas, la evolución cultural, la escritura y la tecnología distinguían inequívocamente a los humanos de otras formas de vida «inferiores». Retrocediendo tan sólo a 1900, William McKibben, escritor naturalista, expresó que «en nuestras mentes modernas, naturaleza y sociedad humana son cosas distintas... esta naturaleza separada... es real. Resulta hermoso decir, como han hecho algunos poetas y biólogos, que hemos de aprender a encontrar nuestro lugar en la naturaleza, y a reconocer que no somos más que una especie entre otras muchas... Pero en el fondo nadie acaba de creérselo». ⁵ Quizás esta autoglorificación antropocéntrica haya estimulado a nuestros antepasados, y les haya dado la seguridad de «crecer y multiplicarse» para precipitarse hasta el lugar en que nos encontramos ahora, en el borde mismo de un cambio puntual en el clima global, acompañado de extinciones en masa y de una transformación en la «geofisiología» de Gaia.

Existe la creencia general de que Darwin, al aportar las pruebas de la teoría de la evolución a partir de la selección natural, hizo caer a la especie humana del pedestal en que se hallaba, haciendo innecesaria la idea de un dios creador y haciéndonos sentir incómodos en compañía de otros animales al hacer público el tabú de nuestro origen común con los monos. A menudo se ha comparado la revolución darwiniana con la de Copérnico, que demostró que la Tierra no era el centro del universo, sino una simple mota de polvo en un rincón de esa

tela de araña que es nuestra galaxia, la Vía Láctea. Sin embargo, desde el punto de vista de la filosofía, la revolución darwiniana distó mucho de destruir nuestra relación especial como una forma de vida única, como la especie elegida por Dios, hecha a su imagen y relacionada con los ángeles y los santos. Lo que parece haber ocurrido con el despertar de la revolución darwiniana es que nuestra especie, *Homo sapiens sapiens* es decir «hombre sabio, sabio», ha reemplazado a Dios. Ya no somos los compañeros más jóvenes, los segundos en el mando. El darwinismo puede haber destruido la deidad antropomórfica de la religión tradicional, pero en vez de hacernos sentir humildes al considerarnos hermanos de los protoctistas y de las demás formas de vida (plantas, hongos, bacterias y otros animales), despertó nuestra avidez por ocupar el lugar que Dios había desempeñado hasta entonces. Los humanos asumieron la posición de dirigentes divinos de la vida en la Tierra, diseñando de manera ambiciosa tecnologías a escala planetaria y, poco después, gestionando el mundo.

Aunque pueda sorprender a quienes no están familiarizados con el funcionamiento de los sistemas retroactivos, esa actitud de autoservicio que representa la glorificación humana a expensas de otras especies ya no nos sirve. Nuestro autocentrismo extremo y la sobrepoblación del planeta han causado una catástrofe ecológica a gran escala, y la mayor amenaza se cierne sobre nuestra especie. La perspectiva religiosa tradicional —que se ha mantenido, como hemos visto, incluso en el darwinismo, que no tiene nada de religioso— sostiene que el ser humano es algo distinto, único y superior. Esa es la actitud de la arrogancia ecológica. La perspectiva de *Microcosmos* difiere en cuanto que es una ecología profunda, una variante especial de la visión ecológica del mundo. En relación a la búsqueda del origen de la palabra *humano*, que Lewis Thomas lleva a cabo en la presentación de este libro, hemos de decir que *Microcosmos* propugna una actitud de *humildad* ecológica. Al narrar la historia de la vida desde la posición ventajosa de los microorganismos, *Microcosmos* invierte diametralmente la jerarquía normal: al afirmar que el sistema biológico planetario no tiene ninguna necesidad de la especie hu-

mana, que la humanidad es un epifenómeno puntual de la antigua recombinación esencial de microorganismos, puede que hayamos exagerado. El problema con esta inversión, que coloca a los microorganismos en lo más alto y a los humanos por debajo de ellos, es que mantiene las dicotomías importante/no importante y esencial/no esencial. Woody Allen dijo en cierta ocasión que él siempre ponía a su esposa *debajo* de un pedestal. Enfrentándonos a nuestra arrogancia ecológica no se resuelve el problema del pedestal; seguimos dando por sentado que un organismo es mejor, superior o «más evolucionado» que otro. Para deconstruir nuestra actitud destructiva de arrogancia ecológica es necesario que nos situemos en la parte inferior. De todos modos, cuando reconozcamos nuestro intercambio de energía y de sustancias químicas con otras especies, así como la imposibilidad de negociar nuestras relaciones con ellas, no nos quedará más remedio que eliminar el pedestal.

Tras el intento hecho en *Microcosmos* de llevar hasta el límite la «copernicana» revolución darwinista, el libro destacó la importancia de la simbiosis en la historia de la vida. Desde que se publicó la primera edición, se han ido acumulando más pruebas que confirman que la simbiosis, es decir, la convivencia o incluso unión de diferentes especies de organismos, ha sido crucial en la evolución de las diferentes formas de vida existentes en la Tierra. Los ejemplos más claros de simbiosis —los cloroplastos de todos los vegetales y las mitocondrias de todos los animales, que en ambos casos habían sido antes bacterias independientes— están muy bien detallados en *Microcosmos*. Pero ahora la simbiosis parece ser especialmente adecuada para explicar «saltos» evolutivos de importancia ecológica trascendental. Los peces que viven en el fondo del mar, capaces de iluminar aquellas aguas tenebrosas, pueden haber evolucionado de muchísimas maneras, estimulados por manchas oculares o por órganos luminosos situados en el esófago o en la región anal, zonas en las que se albergarían relucientes bacterias simbióticas.⁶ Se conocen muchos casos de peces

y de escarabajos que albergan bacterias que brillan en la oscuridad.

Otro ejemplo de investigación reciente sobre simbiosis indica que la transición de las algas verdes a las plantas terrestres se hizo a partir de la unión de genomas (material genético) de un hongo con algún ancestro de alga verde. Los líquenes son productos de simbiosis muy bien conocidos. Todos ellos son hongos en simbiosis con cianobacterias u hongos en simbiosis con algas verdes. Los dos tipos de vida —fotosintética y heterótrofa— se entremezclan para formar un nuevo organismo con aspecto de planta que puede alcanzar gran longevidad: el líquen. La extraordinaria capacidad que presentan los líquenes para crecer en la superficie desnuda de las rocas depende de la simbiosis, de los dos componentes —hongo y organismo fotosintético— que se combinan a la par para formar la entidad única que es el líquen. Recientemente ha surgido la idea de que las plantas vasculares —incluyendo hierbas, arbustos y todos los árboles— podrían haber sido en sus orígenes líquenes «del revés». Su evolución puede haber implicado la colaboración de especies muy distintas de diferentes reinos de la naturaleza. Si la teoría del profesor Peter Atsatts es cierta,⁷ la unión interactiva entre dos organismos distintos, hongos y algas verdes, explicaría no sólo la aparición de entidades menores en los recovecos de la evolución, sino la evolución trascendental del reino vegetal, al que pertenecen los mismos árboles.

La ilusión de considerar el ser humano independiente de la naturaleza es un caso peligroso de ignorancia. Una línea continua de vida, sin fragmentación, existe ahora y ha existido desde el inicio de la vida misma —a través de los cuatro mil millones de años del tiempo darwiniano y de los aproximadamente veinticinco kilómetros de espesor del anillo que se extiende desde diez kilómetros por debajo de la superficie marina hasta diez kilómetros por encima, en lo más alto de la troposfera, constituyendo lo que se conoce como el espacio de Vernadski. Todos los organismos estamos comprendidos en este sistema vivo; escapar a él equivale a morir. Emily Dickinson, que notó «qué misterio se difunde por un pozo»,⁸ describió de manera encan-

tadora a los humanos y la naturaleza. Resulta adecuado citarla antes de iniciar nuestro descenso hacia el microcosmos:

Pero la naturaleza es como un ser extraño;
aquellos que hablan más de ella
nunca han pasado junto a su casa encantada,
ni han simplificado su fantasma.
A tener piedad de los que no la conocen
nos ayuda el pesar de saber
que aquellos que la conocen
la conocen aún menos
cuanto más cerca están de ella.⁹

Dorion Sagan y Lynn Margulis
Enero de 1991

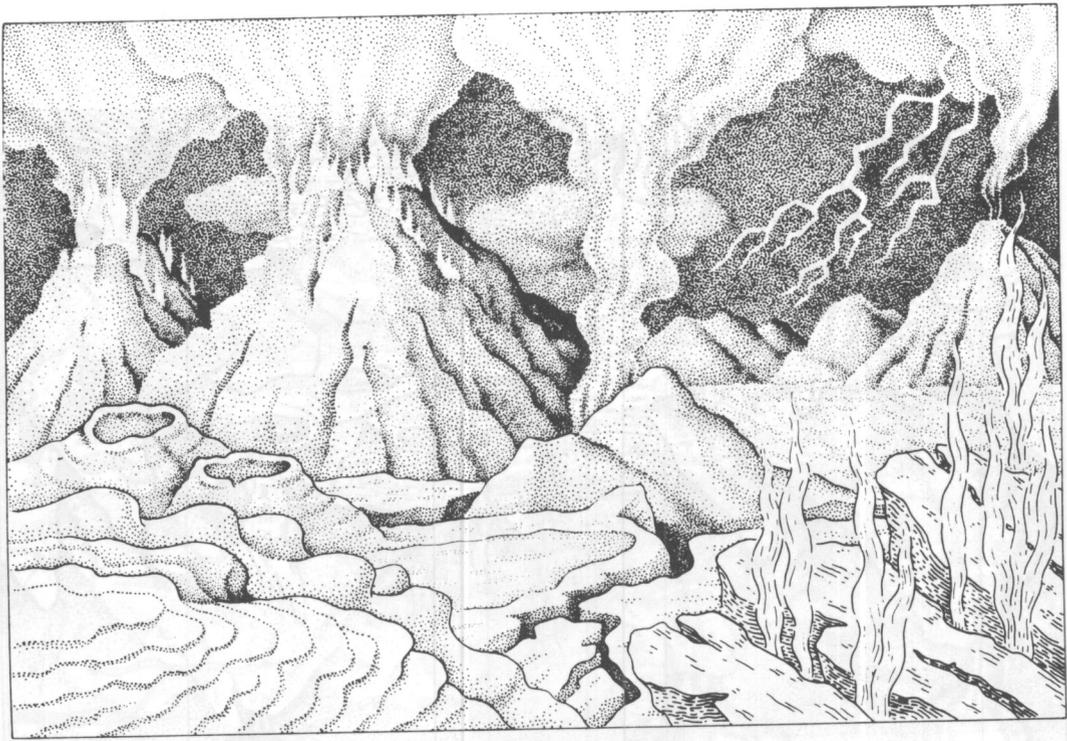
El microcosmos en expansión:
una visión previa ilustrada

había a los humanos y la naturaleza. Resulta interesante que
nos de iniciar nuestro descenso hacia el microcosmos.

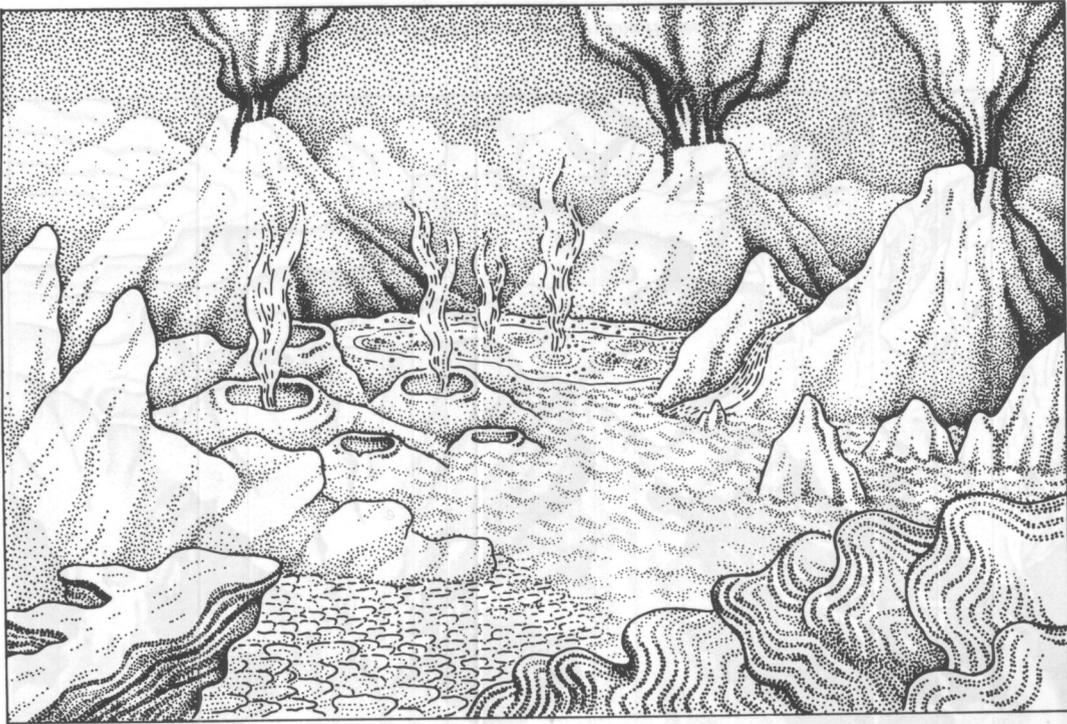
Pero la naturaleza es como un ser extraño,
que nos habla más de ella.
Pero la naturaleza es como un ser extraño,
que nos habla más de ella.
Pero la naturaleza es como un ser extraño,
que nos habla más de ella.

*Doctor Segura y Lynn McManus
Enero de 1991*

El microcosmos en expansión:

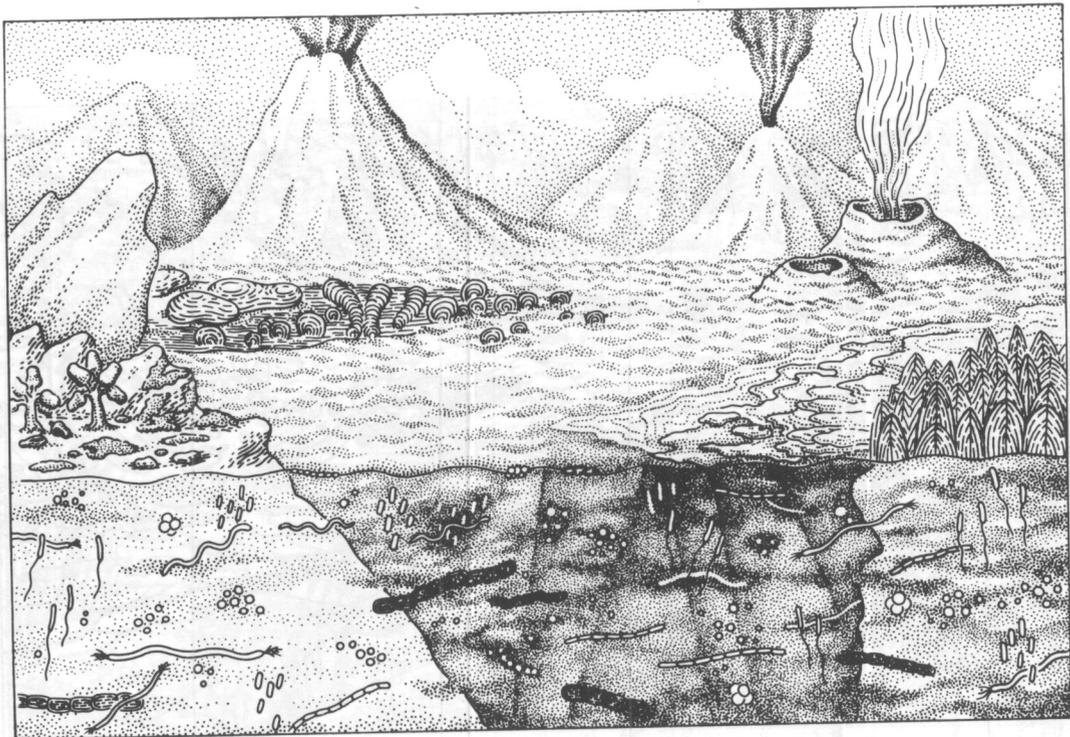


Hace 4000 millones de años: Eón Hadeense
El microcosmos surge de la rocalla de la explosión de la supernova



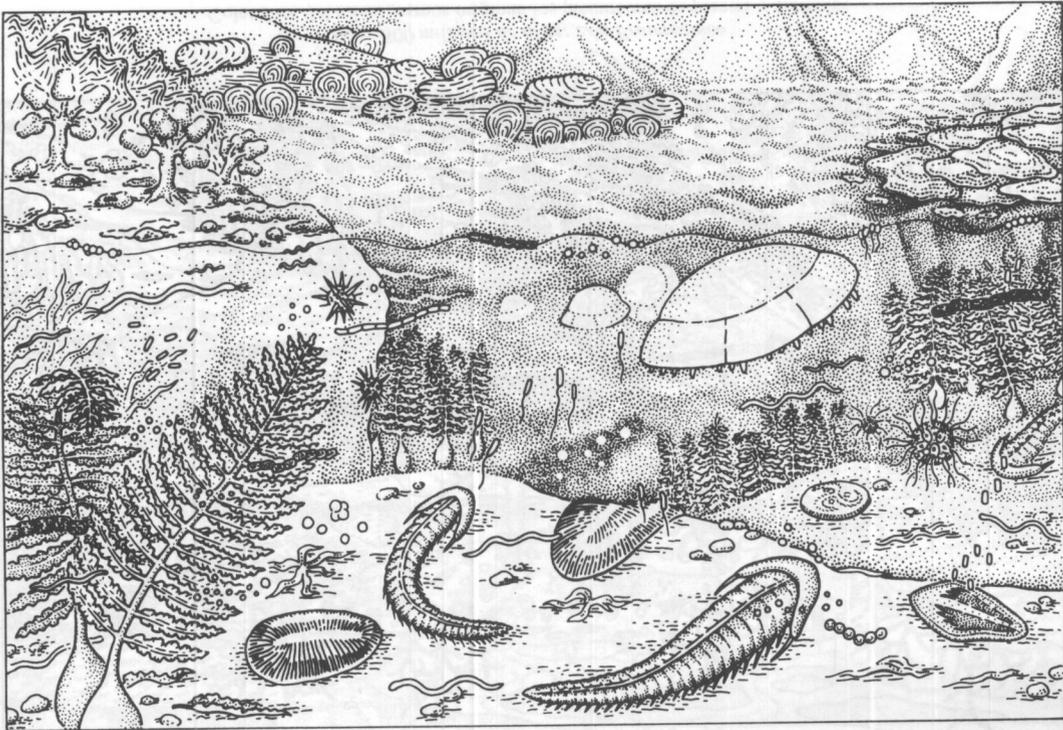
Hace 3000 millones de años: Eón Arqueense

Los microbios que se desarrollan atrapan minerales y forman capas rocosas en los océanos de aguas poco profundas

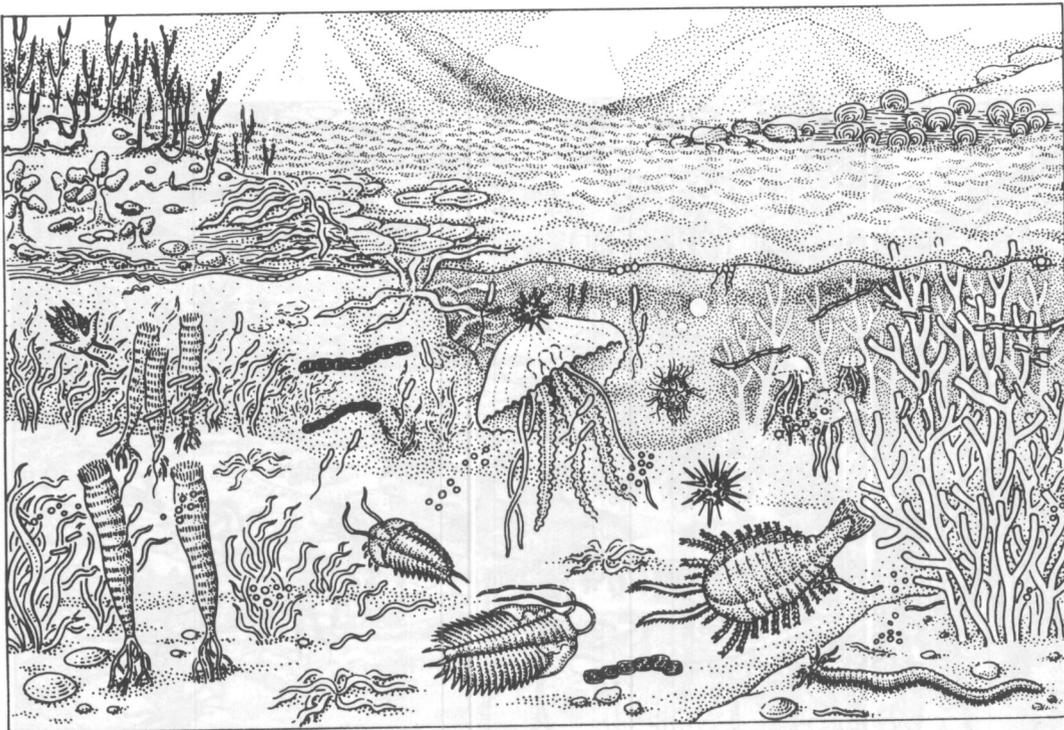


Hace 2000 millones de años: Principios del Eón Proterozoico

El peligroso oxígeno se acumula en la atmósfera como resultado de la fotosíntesis bacteriana



Hace 700 millones de años: Finales del Eón Proterozoico
Animales marinos de cuerpo blando invaden el imperio de los microorganismos



Hace 500 millones de años: Principios de la era Paleozoica
Los animales desarrollan partes duras a partir de depósitos de desechos celulares

