



La esencia de la vida

MARK A. BEDAU
CAROL E. CLELAND
(COMPILADORES)

*Enfoques clásicos y contemporáneos
de filosofía y ciencia*



MARK A. BEDAU

es profesor en el Reed College de Oregon, EUA.
Sus áreas de investigación abarcan la biología evolutiva, la creación de vida sintética, los procesos de optimización en inteligencia artificial y las implicaciones éticas del desarrollo de vida artificial.

CAROL E. CLELAND

es profesora de filosofía e investigadora de la Universidad de Colorado y forma parte del Instituto de Astrobiología de la NASA. Sus líneas de investigación transitan por la filosofía de la ciencia, la lógica y la metafísica.

SECCIÓN DE OBRAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LA ESENCIA DE LA VIDA

Comité de selección de obras

Dr. Antonio Alonso
Dr. Francisco Bolívar Zapata
Dr. Javier Bracho
Dr. Juan Luis Cifuentes
Dra. Rosalinda Contreras
Dra. Julieta Fierro
Dr. Jorge Flores Valdés
Dr. Juan Ramón de la Fuente
Dr. Leopoldo García-Colín Scherer †
Dr. Adolfo Guzmán Arenas
Dr. Gonzalo Halffter
Dr. Jaime Martuscelli
Dra. Isaura Meza
Dr. José Luis Morán López
Dr. Héctor Nava Jaimes
Dr. Manuel Peimbert
Dr. José Antonio de la Peña
Dr. Ruy Pérez Tamayo
Dr. Julio Rubio Oca
Dr. José Sarukhán
Dr. Guillermo Soberón
Dr. Elías Trabulse

La esencia de la vida

ENFOQUES CLÁSICOS Y CONTEMPORÁNEOS
DE FILOSOFÍA Y CIENCIA

MARK A. BEDAU
CAROL E. CLELAND
(compiladores)

Traducción
MARIANO SÁNCHEZ-VENTURA

Revisión técnica
VLADIMIR CACHÓN
ANA BARAHONA



FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Primera edición en inglés, 2010
Primera edición en español, 2016
Primera edición electrónica, 2016

Bedau, Mark A., y Carol E. Cleland (comps.)

La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia / comp. de Mark A. Bedau, Carol E. Cleland; trad. de Mariano Sánchez-Ventura ; rev. técnica de Vladimir Cachón, Ana Barahona. — México : FCE, 2016

870 p. : ilus. ; 23 × 17 cm — (Sección de Obras de Ciencia y Tecnología)

Título original: *The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*

ISBN 978-607-16-2455-0

1. Origen de la vida 2. Naturaleza de la vida 3. Ciencia — filosofía I. Cleland, Carol E., comp. II. Sánchez-Ventura, Mariano, tr. III. Cachón, Vladimir, rev. IV. Barahona, Ana, rev. V. Ser. VI. t.

LC Q175

Dewey 501 B148e

Diseño de portada: Teresa Guzmán Romero

Título original: *The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*, Cambridge University Press

© 2010, M. A. Bedau y C. E. Cleland

D. R. © 2016, Fondo de Cultura Económica
Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 México, D. F.
Empresa certificada ISO 9001:2008

Comentarios: editorial@fondodeculturaeconomica.com
www.fondodeculturaeconomica.com
Tel. (55) 5227-4672

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio, sin la anuencia por escrito del titular de los derechos

ISBN 978-607-16-2455-0

ISBN 978-607-16-3581-5 (PDF)

Impreso en México • *Printed in Mexico*

SUMARIO

<i>Prefacio</i>	9
<i>Agradecimientos</i>	11
<i>Introducción</i>	13

Primera parte

ESTUDIOS CLÁSICOS SOBRE LA VIDA [21]

I. Acerca del alma (<i>fragmentos</i>), ARISTÓTELES	39
II. El tratado del hombre (<i>fragmentos</i>), RENÉ DESCARTES	53
III. Crítica del juicio (<i>fragmentos</i>), IMMANUEL KANT	64
IV. ¿Qué es la vida? (<i>fragmentos</i>), ERWIN SCHRÖDINGER	115
V. La naturaleza de la vida, ALEXANDER OPARIN	153
VI. ¿Cuál es el significado de la “vida”?, ERNST MAYR	187
VII. Los principios de la vida (<i>fragmentos</i>), TIBOR GÁNTI	214

Segunda parte

EL ORIGEN Y LA AMPLITUD DE LA VIDA NATURAL [237]

VIII. El origen de la vida: un resumen de los datos y las especulaciones, LESLIE E. ORGEL	255
IX. Las interacciones de las moléculas pequeñas fueron centrales en el origen de la vida, ROBERT SHAPIRO	271
X. ¿Son tan diferentes las distintas hipótesis sobre la emergencia de la vida?, IRIS FRY	285
XI. La naturaleza universal de la bioquímica, NORMAN R. PACE	326
XII. ¿Existe un modelo químico común de la vida en el universo?, STEVEN A. BENNER, ALONSO RICARDO y MATTHEW A. CARRIGAN	340
XIII. La búsqueda de la vida en el universo: enseñanzas de la Tierra, KENNETH H. NEALSON	385
XIV. La posibilidad de vida microbiana alternativa en la Tierra, CAROL E. CLELAND y SHELLEY D. COPLEY	406
XV. Introducción a los límites de la vida orgánica en los sistemas	

planetarios, NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES	429
---	-----

Tercera parte

LA VIDA ARTIFICIAL Y LA BIOLOGÍA SINTÉTICA [443]

XVI. Enseñanzas del funcionalismo: el porvenir de la vida artificial fuerte, ELLIOT SOBER	459
XVII. La vida, la “vida artificial” y la explicación científica, MARC LANGE	481
XVIII. La vida alienígena: ¿cómo sabríamos?, MARGARET A. BODEN . .	506
XIX. Diseño y manufactura automáticos de formas de vida robóticas, HOD LIPSON y JORDAN P. POLLACK	529
XX. ¿Un paso gigantesco hacia la vida artificial?, DAVID DEAMER . .	544
XXI. Las células mínimas semisintéticas experimentales: un resumen, PIER LUIGI LUISI, FRANCESCA FERRI y PASQUALE STANO	551
XXII. La creación de “vida auténtica”, EVELYN FOX KELLER	585

Cuarta parte

DEFINICIÓN Y EXPLICACIÓN DE LA VIDA [597]

XXIII. Definiciones de la vida, CARL SAGAN	617
XXIV. Los siete pilares de la vida, DANIEL E. KOSHLAND	624
XXV. Una definición universal de la vida: autonomía y evolución abierta, KEPA RUIZ-MIRAZO, JULI PERETÓ y ÁLVARO MORENO . .	630
XXVI. ¿Hay una definición de la “vida”?, CAROL E. CLELAND y CHRISTOPHER CHYBA	661
XXVII. Sinfonía de los sentidos, LYNN MARGULIS y DORION SAGAN . .	690
XXVIII. ¿Qué es la vida?, KIM STERELNY y PAUL GRIFFITHS	720
XXIX. El darwinismo universal, RICHARD DAWKINS	731
XXX. ¿Qué es la vida? ¿Tuvo razón Schrödinger?, STUART A. KAUFFMAN	759
XXXI. Cuatro enigmas sobre la vida, MARK A. BEDAU	795
<i>Bibliografía suplementaria sobre la vida</i>	823
<i>Acerca de los autores</i>	839
<i>Índice analítico</i>	851
<i>Índice general</i>	861

PREFACIO

Esta obra es una compilación de reflexiones sobre la naturaleza de la vida. La idea del libro nació cuando nos vimos por primera vez y descubrimos que poseíamos una mutua preocupación por la naturaleza de la vida y una formación profesional común en los campos de la filosofía de la ciencia y la filosofía de la biología, así como experiencia científica complementaria en relación con el origen de la vida y la astrobiología (Cleland), con la vida artificial y la biología sintética (Bedau). Ambos queríamos realizar un libro como el presente, de manera que decidimos compilarlo en conjunto. Los temas que nos interesaban y nuestra formación nos indujeron a distribuir los materiales en cuatro áreas generales: *i*) disertaciones filosóficas y científicas, clásicas y modernas, sobre la naturaleza de la vida; *ii*) disertaciones científicas y filosóficas contemporáneas sobre los orígenes de la vida y sobre la posible composición química de formas de vida natural no conocidas; *iii*) disertaciones sobre las creaciones contemporáneas de la ciencia de la vida artificial, incluidas no sólo las simulaciones computacionales, sino también los robots autorreproductores, las protocélulas y otras estructuras creadas en el laboratorio por la biología sintética, y *iv*) disertaciones filosóficas y científicas contemporáneas sobre la naturaleza de la vida, en su forma más general y menos centrada en la vida terráquea conocida. La realización de este trabajo nos ha confirmado el valor de combinar múltiples perspectivas sobre la vida.

Tenemos la esperanza de que este libro pueda proporcionar a los filósofos conocimientos sobre los últimos adelantos científicos y pueda introducir a los científicos al mundo de los sutiles enigmas y problemas de la filosofía, promoviendo de esta manera una nueva, bien documentada y profunda reflexión filosófica y científica en torno a la naturaleza de la vida. Creemos que el verdadero avance en la comprensión de la vida depende decisivamente de la combinación de las perspectivas filosóficas y científicas.

Este libro se dirige al público en general. Algunos de los capítulos son muy accesibles y otros bastante técnicos. Cada parte está precedida por una introducción que conecta las diversas ideas expuestas en los capítulos respectivos y que proporciona útiles conceptos básicos para su comprensión. Esperamos que los filósofos interesados en la vida (incluidos los que trabajan en los campos de la fi-

lososofía de la biología, la filosofía de la ciencia y la filosofía de la mente) lean con especial atención los capítulos científicos y que los científicos interesados en la naturaleza de la vida (incluidos los biólogos, químicos, físicos, astrónomos, geólogos y astrobiólogos) lean con especial atención los capítulos filosóficos. También los estudiantes universitarios y de posgrado en cualquiera de estas áreas podrán encontrar cierta utilidad en este libro en cuanto compendio de textos interdisciplinarios sobre la vida. Asimismo, podrá ser del agrado de toda persona que sienta curiosidad sobre las últimas perspectivas científicas y filosóficas de la vida.

MARK A. BEDAU, *Portland, Oregon*

CAROL E. CLELAND, *Boulder, Colorado*

AGRADECIMIENTOS

Los compiladores queremos expresar nuestro agradecimiento a los autores y editores que nos otorgaron el permiso de incluir sus textos en la versión en inglés de esta antología. Agradecemos especialmente a Chris Shields que nos haya permitido utilizar parte de su nueva traducción de *De anima*, que pronto será publicada por la Oxford University Press.

También queremos mostrar nuestro agradecimiento a muchos amigos y colegas que han compartido y propiciado nuestra creciente fascinación por la vida y los esfuerzos por comprenderla, y que nos han ayudado durante el desarrollo de este libro. Gracias a Bob Hanna por la ayuda en la selección de los pasajes de Kant, y a Meg Scharle por el apoyo en la selección de los pasajes de Aristóteles. Gracias a Kellyn Bardeen por obtener los permisos, corregir los manuscritos y producir el manuscrito final, y a Emily Parke por encargarse de las miles de cruciales tareas asistenciales. Gracias a Ben Pagelar y Michael Zerella de la Universidad de Colorado, campus Boulder, por su ayuda para reunir la bibliografía. Tenemos una deuda de gratitud con los filósofos y científicos en formación que participaron en el seminario sobre la vida impartido por Carol Cleland en 2006 y que, entusiasta e industriosamente, escrutaron los ensayos en la primera versión de este libro, ayudándonos a decidir cuáles deberían incluirse como capítulos en la versión final. Gracias al Instituto de Astrobiología de la NASA por proporcionarnos parte del financiamiento de este proyecto mediante un subsidio al Centro de Astrobiología de la Universidad de Colorado, y a Reed College por conferirnos la beca Stillman Drake que sustentó este proyecto. Gracias también al Centro de Computación Avanzada de Reed College por la hospitalidad que nos ofreció durante la crucial etapa final de la preparación de la obra.

INTRODUCCIÓN

Esta obra es una compilación de las concepciones clásicas y contemporáneas que en relación con la naturaleza de la vida han forjado diversos filósofos y científicos. Por lo menos desde los tiempos del filósofo griego Aristóteles, los filósofos han meditado sobre la pregunta “¿qué es la vida?”. En años recientes esta interrogante ha asumido una creciente importancia científica. Los biólogos y los bioquímicos moleculares que investigan el origen de la vida o intentan sintetizar químicamente la vida en el laboratorio a partir de elementos moleculares básicos, quieren saber en qué etapa un conjunto de moléculas sin vida se convierte en un organismo viviente primitivo. Los astrobiólogos encargados de diseñar para las naves espaciales los aparatos capaces de detectar la vida extraterrestre se enfrentan a la cuestión de qué características conocidas de la vida terrestre (¿el metabolismo, la reproducción, la evolución darwiniana?) son indicadores universales de la vida. Incluso los científicos de la computación se ven envueltos en las cuestiones sobre la naturaleza de la vida cuando se preguntan si los sistemas de vida aparentemente vivos construidos con *software* (estructuras puramente digitales o informáticas) o con *hardware* (metal, plástico y silicón) podrían llegar a ser jamás organismos literalmente vivientes. Muchas de estas preguntas cruciales se caracterizan por la ausencia de una solución científica; no es posible responder a ellas únicamente mediante la realización de más experimentos o la construcción de más sistemas de vida aparental. Aunque han surgido de la ciencia, estas cuestiones son profundamente filosóficas.

Un filósofo estadounidense del siglo xx, W. V. O. Quine,¹ planteó que la epistemología podía verse como una “actividad dentro de las ciencias naturales”. Con una idea similar, los compiladores de esta obra piensan que la colaboración entre los científicos y los filósofos puede proporcionar la esperanza de alcanzar una respuesta convincente a la cuestión de la naturaleza de la vida. La ciencia contemporánea ha acrecentado nuestra comprensión de las complejidades de la vida natural y ha proporcionado muchos fascinantes ejemplos de nuevos sistemas de vida artificial. Pero una respuesta intelectualmente satisfactoria a la pregunta

¹ W. V. O. Quine, “The Nature of Empirical Knowledge”, en S. Guttenplan (comp.), *Mind and Language*, Oxford University Press, Oxford, 1975, pp. 57-81.

“¿qué es la vida?” requiere algo más. Requiere el análisis, la evaluación y la sistematización de la heterogénea información que está surgiendo de una multiplicidad de disciplinas científicas. A la filosofía le resulta natural desempeñar un papel central en este proceso. Los filósofos han sido adiestrados en el análisis lógico y conceptual; tienen la capacidad para categorizar las cuestiones fundamentales, para poner al descubierto las inconsistencias sutiles, transformar las generalizaciones vagas en principios lógicos precisos, identificar las relaciones lógicas entre los conceptos, los principios, las hipótesis y las evidencias empíricas, y evaluar la firmeza de los argumentos y las teorías. La filosofía aporta claridad conceptual y rigor lógico a la teorización científica. Al mismo tiempo, la ciencia arraiga la reflexión filosófica en la evidencia empírica obtenida mediante la cuidadosa observación y experimentación. Conjuntamente, la filosofía y la ciencia contemporáneas sustentan la promesa de encontrar una respuesta satisfactoria a la cuestión intemporal de la naturaleza de la vida.

El contenido de esta antología es el resultado de muchas discusiones estimulantes entre los compiladores y sus colegas científicos y filósofos relacionadas con la indagación de cuáles son las cuestiones más relevantes de la vida. Los ensayos seleccionados representan tan sólo una pequeña porción de la extensa bibliografía filosófica y científica que hay sobre la naturaleza de la vida; a los lectores se les aconseja consultar al final de esta obra la amplia bibliografía suplementaria, donde encontrarán muchos excelentes e importantes trabajos en torno a la vida. Pretendimos ser representativos, es decir, quisimos incluir tanto los escritos clásicos que abarcan las ideas científicas y filosóficas históricamente más influyentes, como las posturas de avanzada en la ciencia y la filosofía contemporáneas. Los ensayos también fueron seleccionados con base en su propósito de arrojar luz sobre temas y controversias acerca de la vida que son centrales en la actualidad, como son los recientes descubrimientos microbiológicos que han puesto en entredicho las concepciones tradicionales sobre la naturaleza de la vida. Además, quisimos incluir diferentes planteamientos respecto a la metodología; por ejemplo, si la mejor respuesta a la pregunta “¿qué es la vida?” es una definición o una teoría, u otra cosa totalmente diferente.

Hemos dividido esta antología en cuatro partes, que corresponden a las cuatro áreas centrales de la investigación científica y filosófica contemporánea: estudios clásicos de la vida (primera parte), el origen y la extensión de la vida natural (segunda parte), la vida artificial y la biología sintética (tercera parte) y la definición y explicación de la vida (cuarta parte). Todas estas secciones están precedidas por una introducción que expone el debate científico y filosófico actual en

torno a la naturaleza de la vida, señalando los puntos de acuerdo y de discrepancia y planteando preguntas que, a nuestro parecer, merecen mayor atención. Es nuestra esperanza que las lecturas de este libro, en su conjunto, ayudarán a documentar y guiar sucesivas investigaciones científicas y filosóficas sobre la naturaleza de la vida.

En una famosa carta a su colega inglés Robert Hooke, el padre de la física clásica, Isaac Newton, observa: “si he alcanzado a ver más lejos es porque estoy parado en los hombros de gigantes”. Esta afirmación de Newton refleja la verdad de que la mayor parte del trabajo intelectual de avanzada se erige sobre realizaciones anteriores. Por ende, no resulta sorprendente que muchos de los debates contemporáneos en torno a la vida tengan hondas raíces históricas. Los capítulos de la primera parte proporcionan el contexto histórico de las discusiones que aparecen en el resto del libro. Iniciamos con el nacimiento de la filosofía en la antigua Grecia y el auge de la filosofía y la ciencia modernas en los siglos XVI y XVII, y continuamos con los subsecuentes desarrollos revolucionarios en la ciencia y la filosofía hasta principios del siglo XX. Estas lecturas ubican en un contexto histórico la actual reflexión en torno a la vida y nos recuerdan algunas de las grandes lecciones de esta historia. Revelan también el grado en que las perspectivas y los problemas contemporáneos reflejan sus orígenes históricos. Veamos un ejemplo: un tema central que aparece desde los escritos del filósofo griego de la Antigüedad, Aristóteles, hasta nuestros días, es la idea de que los organismos vivos poseen características funcionales, como el metabolismo y el desarrollo, que los distinguen de las sustancias inorgánicas. Como señalan los capítulos de la primera parte, una de las grandes controversias que nos legó Aristóteles, relacionada con la naturaleza de la vida, es si estas características *prima facie* “teleológicas” (intencionales, orientadas a un objetivo o autogeneradas) son primitivas o de algún modo “reducibles a” características no teleológicas (estructurales o composicionales). En los estudios clásicos incluidos en la primera parte se exploran muchos acercamientos (esencialistas, mecanicistas, vitalistas, organicistas, darwinianos, teórico-informativos, termodinámicos y químicos) a la comprensión de las características *prima facie* teleológicas de la vida. Este debate, aunque a veces disimulado por la terminología aparentemente inocua de la ciencia contemporánea, reaparece a lo largo de toda esta antología.

La segunda parte proporciona una idea general de nuestra actual comprensión del origen y la extensión de las formas naturales de la vida. La mayoría de los autores son científicos que comparten la idea de que una comprensión de la vida yace en el nivel de las moléculas y los procesos bioquímicos, en oposición a las

propiedades organizativas y funcionales de nivel superior. Esto se ve reflejado en la forma en que ellos interpretan y articulan las cuestiones tradicionales sobre la naturaleza de la vida. Por ejemplo, lo que la “nutrición” era para Aristóteles, y el “metabolismo” para los primeros biólogos modernos, se ha convertido en la “autoorganización química”, y lo que era la “reproducción” para Aristóteles, y la “evolución darwiniana mediante la selección natural” para los biólogos decimonónicos, se ha convertido en la “replicación” mediante las “estructuras genéticas [informacionales]”. Animamos al lector a considerar si es éste un nivel adecuado de análisis en la teorización sobre la vida en general.

Los autores de la segunda parte examinan diversas cuestiones importantes sobre la vida, en el contexto de los recientes desarrollos científicos en la biología molecular, la bioquímica, la microbiología y la astrobiología: ¿es gradual o abrupta la transición desde un conjunto inorgánico de moléculas hasta un primitivo organismo viviente? ¿Se puede explicar la naturaleza de la vida independientemente de una explicación del origen de la vida? ¿Qué apareció antes, la autoorganización química o las estructuras genéticas? ¿Fue el ARN [ácido ribonucleico] la molécula genética original, o fue otra sustancia el origen; por ejemplo, una superficie mineral? ¿Cuáles son las alternativas moleculares y bioquímicas de la vida? ¿Cómo podemos diseñar métodos e instrumentos para detectar formas de vida verdaderamente “extrañas” en otros lugares del Sistema Solar, dado que todas las formas de vida conocidas en la Tierra son tan similares en el nivel molecular y bioquímico? ¿Podría contener la Tierra actual formas alternativas de vida microscópica que aún no se detectan y que descienden de un origen distinto? Un par de capítulos en esta parte han sido escritos por filósofos que ponen al descubierto las suposiciones filosóficas que subyacen tras algunas investigaciones científicas sobre el origen y la extensión de la vida. También evalúan la influencia de los resultados de estas investigaciones científicas en algunas consideraciones filosóficas tradicionales y contemporáneas sobre la vida. Más de un filósofo debería conocer el material de esta sección, a fin de que sus observaciones sobre la vida se apoyen en datos científicos.

Cualquier intento contemporáneo por comprender la naturaleza de la vida debe apoyarse en los últimos desarrollos científicos importantes. La biología sintética y la vida artificial están motivando una significativa reflexión filosófica y científica sobre la naturaleza de la vida. La tercera parte se ocupa de las implicaciones de los intentos en la biología sintética y en la vida artificial por crear la vida en el laboratorio y por construir sistemas aparentemente vivientes, partiendo del *software* o del *hardware*. En algunos de los capítulos se presentan los avan-

ces de alta tecnología en la biología sintética y en la vida artificial. En otros apartados, filósofos y científicos reflexionan sobre las implicaciones más trascendentes de esos desarrollos científicos. La tesis fuerte de la vida artificial y de la biología sintética es que podemos construir nuevos tipos de sistemas (utilizando *software*, *hardware* o *wetware*) que estén literalmente vivos —tan vivos como cualquier otra forma de vida que conozcamos—. Esta tesis contrasta con la tesis menos fuerte que ve en los sistemas aparentemente vivientes contruidos por los investigadores de la vida artificial herramientas teóricas útiles para explorar las propiedades distintas de los sistemas vivientes, pero no ve en tales herramientas organismos literalmente vivientes. Ya que la investigación en la vida artificial pretende crear nuevas formas de sistemas aparentemente vivientes, los científicos deben preguntarse qué hace que un ente esté realmente vivo. ¿Es la materia que lo compone (el citoplasma, la carne y los huesos, etc.)? ¿O son los tipos de procesos metabólicos en que participan esos materiales, de manera transitoria y pasajera? Los intentos por crear sistemas aparentemente vivientes, o aun por crear la vida misma a partir de materiales no vivientes, también enfocan la atención en diversos problemas fundamentales, como si hay una clara distinción entre la vida y la no vida, o si hay una serie ilimitada de tipos alternativos de sistemas más o menos vivientes. La biología sintética y la vida artificial también plantean una cuestión epistemológica fundamental: ¿qué clase de evidencia debemos utilizar al explicar por qué un tipo dado de sistema químico está literalmente vivo? Por ejemplo, ¿qué credibilidad debemos otorgarle a las generalizaciones derivadas únicamente de las formas conocidas de la vida en la Tierra?

La cuarta parte muestra los principales planteamientos filosóficos y científicos que se dan como respuesta a la pregunta generalizada “¿qué es la vida?”. Alcanzar una comprensión satisfactoria sobre la naturaleza de la vida involucra la explicación de una gama de fenómenos conocidos y sorprendentes. Como se revela en estos capítulos, no existe un consenso en relación con cuáles características de la vida conocida se corresponden con los “signos”, las “propiedades distintivas” o los “enigmas” que más se necesita explicar. Tenemos que discernir qué grado de credibilidad, en cuanto evidencias, se les puede otorgar a nuestras actuales preconcepciones acerca de la vida. No resulta obvia la autoridad epistemológica que deberían tener. Parte del problema es que nuestra experiencia de la vida natural se limita a la vida terrestre conocida. Tal como lo revelan los estudios de la segunda parte, hay razones científicas convincentes para pensar que toda la vida conocida en la Tierra descende de un antepasado común. También existen razones para pensar que la vida hubiera podido ser por lo menos ligeramente

diferente, pero sólo tenemos una idea mínima de cuán diferente hubiera podido ser. Esto hace difícil identificar qué características de la vida conocida en la Tierra se encuentran universalmente en todos los ejemplos actuales de vida. Hasta donde podemos saber, la vida conocida en la Tierra acaso constituye un ejemplo no representativo de todas las formas posibles de vida. Sin embargo, no todos ven este problema como algo insuperable. El desarrollo de sistemas (“duros” y “blandos”) en la vida artificial y la creación de nuevos microorganismos en el laboratorio por los biólogos sintéticos nos dan nuevas y potentes herramientas para explorar y extender nuestro concepto de la vida, y acaso incluso para aumentar la cantidad de los tipos de vida de los que disponemos para la investigación empírica. Los estudios de la cuarta parte también se enfocan en problemas teóricos fundamentales en torno a la vida, la función de la reducción y de la emergencia en las explicaciones de la vida y como la cuestión de si la vida es una especie composicional, estructural o funcional, o cierta combinación de estas tres propiedades. Los ensayos de esta sección exploran diferentes perspectivas de estas cuestiones, así como otras que se relacionan con éstas, en el contexto de los recientes avances científicos y filosóficos.

La cuestión de la metodología adecuada para la construcción y evaluación de los planteamientos sobre la naturaleza de la vida es una preocupación central en muchos de los capítulos de la cuarta parte escritos por filósofos. Uno de los problemas es el grado de evidencia en los signos, propiedades distintivas y enigmas de la vida. ¿Cuál es su función en la investigación de la naturaleza de la vida? ¿Constituyen casos probatorios en la evaluación de las explicaciones de la vida? Un aspecto notable de las investigaciones en torno a la naturaleza de la vida es la aplicación ambigua e incierta de diversas metodologías. Otra cuestión importante concierne a la amplia utilización de las definiciones en la explicación de la vida. Las definiciones pueden diferenciarse de los criterios de la vida y de los signos y las propiedades distintivas de la vida. Pueden asumir diversas formas, incluidas las pragmáticas y operativas, aunque muchos científicos y filósofos prefieren las definiciones lógicamente completas que proporcionan las condiciones necesarias y suficientes para la vida. Algunos autores de la cuarta parte rechazan el proyecto de definir la vida. Alegan que las definiciones no pueden proporcionar respuestas satisfactorias a las preguntas de “qué es”, respecto a los tipos naturales, como el agua y la vida. Según ellos, se necesitaba una teoría de la vida bien arraigada y científica. Pero ¿en qué difiere una teoría de la vida de una definición de la vida extremadamente compleja? También está la cuestión del estatus de las simulaciones computarizadas de los sistemas de vida complejos. Algunos autores arguyen que las

simulaciones pueden considerarse de manera fructífera definiciones o teorías de la vida singularmente *constructivas*. Muchos de los capítulos de la cuarta parte plantean los mismos temas. Para los hombres de ciencia que han emprendido la teorización sobre la vida, el material de esta sección podría ser especialmente útil.

Las cuatro secciones de esta antología se enlazan mutuamente mediante tres preguntas abiertas y centrales, filosóficas y científicas, sobre la naturaleza de la vida:

1. ¿Cuáles son los fenómenos característicos esenciales que exhiben todas las formas de la vida?
2. ¿Cuáles son las mejores descripciones y explicaciones de la naturaleza de la vida?
3. ¿Cuál es la forma adecuada de construir y evaluar los puntos de vista acerca de la naturaleza de la vida?

Desde nuestro punto de vista, intentar responder a cualquiera de estas preguntas aisladamente genera una maraña de espinosos problemas filosóficos y científicos que únicamente pueden resolverse mediante el planteamiento de las otras dos cuestiones. De hecho, consideramos que es difícil demarcar claramente los planteamientos filosóficos y científicos sobre la vida. El progreso fundamental en cualquiera de las dos disciplinas requiere el conocimiento y la apreciación de la otra. Este libro se propone promover la comprensión y apreciación mutuas entre las perspectivas filosófica y científica de la vida. A la larga, una buena medida de su éxito se encontrará en los avances en la comprensión de la naturaleza de la vida que con el tiempo puedan realizar sus lectores.

BIBLIOGRAFÍA

W. V. O. Quine, "The Nature of Empirical Knowledge", en S. Guttenplan (comp.), *Mind and Language*, Oxford University Press, Oxford, 1975, pp. 57-81.

PRIMERA PARTE
ESTUDIOS CLÁSICOS SOBRE LA VIDA

Para los seres humanos, la naturaleza de la vida ha sido un enigma durante mucho tiempo. ¿Son los organismos vivos similares a, y diferentes de, los cuerpos no vivos, tanto los naturales como los artificiales? ¿Son genuinamente esenciales para todas las posibles formas de la vida las características universales de los seres vivos de la Tierra conocidos? Los capítulos de esta sección proporcionan perspectivas históricas clásicas respecto a los actuales debates científicos y filosóficos sobre la vida. Estas perspectivas han tenido una influencia a menudo menospreciada y a veces incluso desestimada en el pensamiento filosófico y científico de la actualidad. ¡Las ideas contemporáneas más innovadoras a veces no son tan originales, al fin y al cabo! Lo que es más importante, sin embargo, es que a veces los debates del pasado, que usualmente enfocaban temas conceptuales más generalizados y por ende más fundamentales, de manera imprevista nos ayudan a penetrar en las controversias del presente.

Esta sección se inicia con los escritos de tres gigantes intelectuales: Aristóteles, René Descartes e Immanuel Kant. Más conocidos hoy por su trabajo filosófico, todos ellos también hicieron importantes contribuciones al desarrollo de la ciencia moderna. Los tres tienen una idea diferente de la naturaleza de la vida. Como se muestra en el resto de los capítulos de esta obra, las discrepancias en sus respectivas visiones siguen siendo significativas hoy en día.

Un tema central que, habiendo surgido en los escritos del filósofo griego de la Antigüedad, Aristóteles, sigue hoy vigente, es la idea de que los seres vivos poseen características *funcionales* distintivas. Aristóteles también pensaba que los seres vivos se distinguen de los objetos inanimados por su capacidad para autoorganizarse (desarrollarse a partir de huevos fertilizados) y mantener esta autoorganización ante las perturbaciones, tanto las internas como las externas. A diferencia de los científicos y los filósofos de la ciencia contemporáneos, Aristóteles distinguía cuatro tipos diferentes de “causas”: la material, la eficiente, la formal y la final (comentada más adelante). Aristóteles pensaba que las formas de vida se relacionaban con causas materiales (composición material) y causas formales (organización o estructura), pero además pensaba que todas las formas de vida se relacionaban con causas finales (explicaciones teleológicas y

funcionales). El concepto que Aristóteles tenía de la vida es fundamentalmente diferente del concepto que la ciencia actual tiene de las sustancias químicas, tales como el agua, ya que el agua se distingue de otras sustancias químicas, por ejemplo, el ácido nítrico, por su exclusiva composición molecular y estructura (H_2O); la ciencia no considera que el agua pueda tener una explicación teleológica o funcional.

Los capítulos de esta sección hacen hincapié en que una de las grandes controversias sobre la naturaleza de la vida consiste en determinar si sus características *prima facie* teleológicas son primitivas o analizables con base en (es decir, “son reducibles a”) características no teleológicas (es decir, composicionales o estructurales). Aristóteles pensaba que no. Hoy, algunas personas piensan, como Aristóteles, que las extraordinarias características intencionales de la vida (la nutrición, el desarrollo, el crecimiento, el mantenimiento, la reparación, la sensación y la reproducción) no se pueden explicar sin apelar al concepto de la finalidad natural o la intencionalidad intrínseca. La cuestión de cómo proporcionar una explicación naturalista de las características *prima facie* teleológicas de los organismos vivientes ha sido esencial en los debates filosóficos y científicos sobre la vida desde los tiempos de Aristóteles.

En el alba de la física moderna, justo antes del nacimiento de Isaac Newton, Descartes (1596-1650) impugnó la antigua idea aristotélica de que la vida es intrínsecamente teleológica. Comparando los organismos vivientes con intrincados mecanismos artificiales (los relojes, los órganos de las iglesias y las fuentes mecánicas) que en su época eran tan populares, Descartes argüía que los seres sólo son máquinas extremadamente complejas. Él pensaba que los aspectos teleológicos de la vida podían analizarse enteramente utilizando los principios y los conceptos de la nueva física que por entonces veía la luz. El concepto que Descartes tenía de los sistemas vivientes se refleja hoy en ciertas tendencias de la ciencia de la vida artificial “dura” que se toman muy en serio la posibilidad de formas de vida robóticas compuestas con partes mecánicas y electrónicas (véase, por ejemplo, el capítulo XIX de esta obra). Al mismo tiempo, vale la pena señalar que algunos han argüido que la vida artificial “dura” proporciona un fuerte argumento *contra* la predominante orientación cartesiana de la ciencia cognitiva clásica y conexionista. Por ejemplo, Michael Wheeler “interpreta de manera heideggeriana el énfasis que la actual vida artificial dura/fuerte pone en la materialización [*embodiment*] y en los sistemas dinámicos”.¹

¹ M. Wheeler, *Reconstructing the Cognitive World: The Next Step*, MIT Press, Cambridge, 2007.

Menos de 200 años después Kant (1724-1804) llegó a la conclusión de que Descartes se había equivocado respecto a la capacidad de la física clásica para explicar las características teleológicas de la vida. Según Kant, la intencionalidad que muestran los seres es fundamentalmente diferente de la que muestran los más intrincados mecanismos artificiales. A diferencia de un aparato mecánico, un ser orgánico es a la par “la causa y el efecto de sí mismo”. Cuando Kant hizo su famosa declaración de que jamás habría un Newton de la biología, en realidad subrayaba su idea de que las características teleológicas de la vida jamás podrían explicarse mecánicamente. Afirmarlo en ese momento, en el apogeo de la física clásica, equivalía a decir que para estas características jamás habría una explicación física.

Kant pensaba que la teleología es la característica central de las formas de vida, aquella que las distingue de los cuerpos sin vida. Incluso los que no están de acuerdo con la explicación kantiana de la teleología estarían dispuestos a aceptar que la teleología es una de las propiedades distintivas más profundas de la vida. El pensamiento kantiano sobre la vida puso en evidencia la dificultad, previamente menospreciada, de reconciliar los aspectos *prima facie* teleológicos de la vida (la aparición de un diseño) con los conceptos no teleológicos de la física clásica. En los años sucesivos se exploraron muchos argumentos diferentes que fueron propuestos para resolver este conflicto. Algunos pensadores intentaron salirse por la tangente desarrollando conceptos o principios específicamente biológicos, mientras que otros recurrieron a la física o química no clásica (del siglo xx).

Como dice Ernst Mayr en esta primera parte (capítulo vi), el vitalismo es una idea de gran importancia histórica que propuso un concepto claramente biológico, o, según la versión que de este concepto se adopte, un principio de la vida. El vitalismo plantea que la vida se confiere a la materia no viviente mediante un tipo especial de sustancia animada (el “protoplasma”) o de fuerza o energía organizativa (“chispa vital” o “élan vital”). Los vitalistas por lo tanto están de acuerdo con Aristóteles y Kant en que las propiedades teleológicas de la vida no se pueden explicar con base en la física clásica. Se apartan de Kant, sin embargo, al afirmar que es posible explicarlas científicamente con base en conceptos o principios específicamente biológicos (sobre todo, vitalistas). Con el surgimiento de la bioquímica y la biología molecular en el siglo xx, el vitalismo dejó de atraer a los biólogos (Oparin, capítulo v de esta obra), y hoy en día se le tilda de no científico. Pero como arguye el filósofo Marc Lange en la tercera parte, un concepto aún no analizado de vitalidad todavía podría llegar a desempeñar un papel teórico fundamental (análogo al de la masa en la física newtoniana o al del protón en la física

contemporánea) en la explicación de las propiedades distintivas de la vida. (Lange, sin embargo, no apoya esta idea.)

Con el auge de la teoría de la evolución propuesta por Charles Darwin a mediados del siglo XIX, algunos filósofos y científicos concluyeron que los aspectos teleológicos de la vida se podían explicar cabalmente, al fin y al cabo, dentro del marco de la física clásica, sin la necesidad de importar conceptos dudosos como el de la vitalidad. Como lo demuestra la moderna defensa del darwinismo universal que realiza Richard Dawkins en la cuarta parte, sigue siendo popular la idea darwiniana de que la evolución mediante la selección natural esencialmente explica la vida. También se han desarrollado ideas evolucionistas más generalizadas que se inspiran en Darwin pero no se limitan a la selección natural; véase, por ejemplo, K. Ruiz-Mirazo y sus colegas y M. A. Bedau, en la cuarta parte. No todos, sin embargo, encuentran convincentes los planteamientos evolucionistas sobre la naturaleza de la vida. La biología darwiniana contemporánea establece como unidad básica de análisis las poblaciones de organismos, clasificadas según su ascendencia común (las especies, los géneros, las familias, etc., o, en los últimos años, los linajes). Por ende, algunas definiciones darwinianas de la “vida” no clasifican a los híbridos estériles, por ejemplo, las mulas, como casos de seres vivos, y algunas incluso rechazan la idea de que un organismo fértil individual cuente como un ente viviente. Lo mismo dicen algunas de las explicaciones evolucionistas más generales. Por ejemplo, Mark Bedau (véase el capítulo xxxi) afirma que los organismos individuales, incluidos tanto los caballos como las mulas, son todas formas de vida “secundarias”, y que la forma “primaria” de la vida es la biosfera en su totalidad que experimenta una “evolución ilimitada”, porque la idea de una biosfera evolutiva puede explicar lo que para él son las propiedades conocidas y los enigmas de la vida. Así, en casi todas las explicaciones evolucionistas de la vida existe una tendencia a enfocar las historias evolucionistas de las poblaciones evolutivas de organismos bien adaptados, considerando que es secundaria la importancia de los organismos individuales y de sus propiedades teleológicas individuales (la autoorganización, el automantenimiento, la autorreparación, etcétera).

Los artículos de Erwin Schrödinger, Alexander Oparin, Ernst Mayr y Tibor Gánti representan un planteamiento diferente respecto a las características teleológicas de la vida, puesto que a éstas les otorgan un adecuado sentido científico. Ninguno de estos autores piensa que las propiedades intencionales de los organismos individuales puedan entenderse totalmente a partir de los conceptos de la física clásica y la teoría darwiniana de la evolución mediante la selección natural. Aunque aceptan que la teoría de Darwin es crucial para la comprensión de aspectos

importantes de la vida en la Tierra, difieren respecto a su centralidad en la explicación de la *naturaleza* de la vida. Gánti asume la posición más extrema, alegando que la evolución darwiniana no es esencial para la vida, si ésta se considera en su generalidad, aunque sea importante para comprender la historia de la vida en la Tierra. Schrödinger, Mayr y Oparin, en cambio, creen que la evolución darwiniana es necesaria, pero no suficiente, para la vida. Piensan que se requiere algo más.

En el capítulo IV Schrödinger, un físico teórico, invoca los conceptos y principios de la “nueva” física de su época (específicamente la termodinámica estadística y la mecánica cuántica) que habían sido desarrollados en la primera parte del siglo XX. Él atribuye las propiedades teleológicas de la vida a su habilidad para mantenerse en un estado de desequilibrio mediante la extracción de la energía de su medio ambiente. De hecho, para él este metabolismo químico ilimitado es la propiedad distintiva, acaso la más esencial, de las formas de vida individuales. Este aspecto del trabajo de Schrödinger se anticipa a las actuales explicaciones de la vida, basadas en los conceptos de las estructuras disipativas y los sistemas lejos del equilibrio; por ejemplo, véase el ensayo de Stuart Kauffman en la cuarta parte.

Oparin, Mayr y Gánti, por su parte, invocan la química del siglo XX. Distanciándose aún más de la metáfora de la máquina, Oparin (capítulo V) alega que la vida es un producto de la gradual evolución química desde una “sopa primordial” hasta un sistema químico altamente complejo e integrado que es capaz de ejercer cierto grado de control en sus componentes y que no se encuentra en ningún dispositivo mecánico o eléctrico. Gánti (capítulo VII) también analiza la vida como un sistema químico, pero, a diferencia de Oparin y Mayr, lo representa con bastante originalidad como algo que se parece a una máquina. Gánti describe las formas de la vida como autómatas químicos “fluidos”; según él, los sistemas vivos son autómatas químicos (*chemotons*). El modelo gantiano del chemoton es un precursor del más abstracto modelo autopoietico de la vida propuesto por Maturana y Varela (1980), el cual no se limita a los compuestos químicos. Ambos modelos de la vida describen la vida cromosómica como una red autocatalítica separada de su entorno por una demarcación, y ambos admiten la posibilidad de que existan formas de vida incapaces de evolucionar. La autopoiesis es examinada por Luisi y sus colegas (capítulo XXI) en la tercera parte y por K. Ruiz-Mirazo y sus colegas (capítulo XXV) en la cuarta parte.

Oparin, Mayr y Gánti difieren sobre las posibilidades químicas de la vida. Mayr y Gánti aceptan la posibilidad de formas inorgánicas (por ejemplo, las basadas en el silicón) de vida química, mientras que Oparin específicamente limita la vida a los compuestos orgánicos (con un contenido de carbono). Además,

Oparin y Gánti vinculan la naturaleza de la vida con el origen de la vida, alegando que aquélla no se puede entender con exclusión de éste. Tal planteamiento no es poco común hoy en día. Se refleja en los estudios de la naturaleza de la vida que recurren a las teorías del origen de la vida, tales como el mundo del ARN; véase, por ejemplo, Pace (capítulo XI) y el informe del National Research Council (NRC), en el capítulo xv de la segunda parte. Con todo, no es obvio que una teoría de la naturaleza de la vida presuponga el entendimiento del origen de la vida (véase la introducción a la segunda parte). El origen y el alcance de la vida se tratan en detalle en la segunda parte del libro.

Todos los estudios clásicos de la vida en esta parte intentan situar el fenómeno de la vida en el marco de la comprensión teórica de la naturaleza que existía en su época. Conjuntamente, los ensayos despliegan una amplia gama de principios explicativos y marcos de referencia. Los principios explicativos de Aristóteles son sus cuatro “causas” (véase *infra*). Descartes se propuso explicar dentro de un marco puramente físico y mecanicista todos los fenómenos de la vida, con frecuencia postulando entes y procesos micromecánicos invisibles. Kant llegó a la conclusión de que el marco puramente mecanicista de Descartes nunca podría explicar la intencionalidad autónoma de la vida. Como dice Mayr en el capítulo VI, los vitalistas concibieron la existencia de sustancias o fuerzas vitales no físicas para explicar las propiedades distintivas de la vida. Schrödinger enfocó la manera en que el metabolismo de la vida sustenta una organización compleja y robusta ante la segunda ley de la termodinámica. También predijo la forma en que el ADN y el ARN gobiernan los procesos metabólicos, y cómo este control se hereda cuando la vida se reproduce. Tanto Oparin como Gánti intentaron entender cómo las formas de vida más simples y primitivas pudieron surgir de sustancias no vivientes.

A diferencia de algunos trabajos contemporáneos, los estudios clásicos en esta parte típicamente ignoran las cuestiones metodológicas sobre la forma adecuada de evaluar las explicaciones de la naturaleza de la vida. Claro está, aunque no *examinan* las metodologías, los estudios no dejan de *manifestarlas*. Estas metodologías abarcan las preconcepciones culturales y los análisis conceptuales vulgares, tanto como las investigaciones empíricas de los fundamentales mecanismos biológicos, químicos y físicos. Los ejemplos expuestos por estos autores suscitan cuestionamientos concretos respecto a la metodología adecuada para la investigación de la naturaleza de la vida. Esta cuestión vuelve a aparecer en las sucesivas partes de este libro, especialmente en la cuarta.

Para concluir este resumen del material de la primera parte, a continuación aparecen los breves historiales y biografías de los autores de cada uno de los capítulos.

ARISTÓTELES

Mejor conocido como filósofo, Aristóteles (384-322 a. C.) también fue uno de los primeros científicos de la Antigüedad. A diferencia de su maestro Platón, Aristóteles hizo hincapié en la importancia de la observación en la teorización sobre el mundo. Le fascinaba especialmente la vida y a su estudio le dedicó un tiempo considerable. Su devoto alumno, Alejandro Magno, al parecer le enviaba los animales exóticos que se encontraba en el curso de sus conquistas. Los escritos de Aristóteles sobre la ética y la metafísica se basan ampliamente en sus estudios de biología, y viceversa. El texto de Aristóteles seleccionado para esta sección ha sido tomado de su obra *De anima*, título a veces traducido como *Acerca del alma*.

Aristóteles establece las condiciones para los sucesivos debates sobre la naturaleza de la vida que aparecen en el capítulo 1 de esta obra, diferenciando el “reino mineral [inanimado]” del “reino animal y vegetal” y “definiendo” la vida funcionalmente con referencia a sus capacidades o poderes, así como a lo que él llamaba su “alma” (la capacidad para una serie de actividades). No se puede entender la noción del alma que tenía Aristóteles independientemente de su teoría de la explicación. Aristóteles distingue los cuatro tipos diferentes de factores que sería posible citar en una explicación: el material, el eficiente, el formal y el final. Estos factores explicativos han sido denominados tradicionalmente “causas”, pero este término puede ser muy ambiguo porque difiere de lo que entendemos por causas hoy en día. La causalidad eficiente ha sobrevivido hasta la fecha; es la activadora causal (por ejemplo, pulsar el interruptor de la luz) que produce un efecto (la iluminación en una habitación). También seguimos aceptando las causas materiales, por ejemplo, la tendencia de una copa de vino a estrellarse si cae al suelo. Sin embargo, para Aristóteles las capacidades que diferencian la vida de la materia inanimada involucran en forma determinante la causación formal (que constituye la *esencia* de una cosa) y la causación final (que constituye su *finalidad* natural), ninguna de las cuales tiene una analogía exacta en la ciencia moderna. Para saber más sobre lo que Aristóteles entiende por la causación y la explicación, véase su *Física*, libro II, sección 3. (Aquellos que no conocen a fondo la filosofía pueden encontrar en Falcon² un examen accesible de las muy complejas ideas de Aristóteles sobre la causación y la explicación.)

² A. Falcon, “Aristotle on Causality”, en E. N. Zalta, *The Stanford Encyclopædia of Philosophy*, edición de otoño de 2008. Disponible en <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/aristotle-causality/>> (consultado en febrero de 2009).