

Vectores

de Investigación

ISSN 1870-0128 VOL 24 N° 24

E-ISSN online 2255-3371

FÍSICA Y VIDA

PHYSICS AND LIFE

Física humana *Human physics*

Fernández-Carrión

Stephen Hawking

Universo: a partir del espacio y del tiempo *Universe: from space and time*

Autobiografía y preguntas sobre cosmología *Autobiography and questions about cosmology*

Isaac Asimov

Tres preguntas básicas sobre Ciencia *Three basic questions about science*

Miguel-Héctor Fernández-Carrión

De la voluntad anticipada al testamento vital pasando por la planificación anticipada en enfermos terminales, y la eutanasia *From advance directives to living wills, advance planning for the terminally ill, and euthanasia*

Perspectivas a favor y en contra de la eutanasia, desde una reflexión transdisciplinaria *Perspectives for and against euthanasia, from a transdisciplinary perspective*

CIECAL



Vectores

de Investigación

REVISTA MULTI Y TRANSDISCIPLINAR INDEXADA

Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina

**INSTITUTO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS Y ECONÓMICOS
CENTRO DE INTERNACIONAL DE ESTUDIOS E
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
ACADEMIA IBEROAMERICANA DE LAS CIENCIAS
INSTITUTO LIBRE DE EDUCACIÓN DIGITAL
FUNDACIÓN ACT FORUM**



Vol. 24 No. 24 *primera edición 2/2025*

Vectores
de investigación



Física y vida
Physics and life

HfC

Vectores

de Investigación

REVISTA MULTI Y TRANSDISCIPLINAR INDEXADA

EDITOR-DIRECTOR

MIGUEL-HÉCTOR FERNÁNDEZ-CARRIÓN
*Director del Centro de Investigación Estudios
Comparados de América Latina*

CONSEJO EDITORIAL

NOAM CHOMSKY
Massachusetts Institute of Technology (MIT) Estados Unidos
EDGAR MORIN
Sociólogo y filósofo, Paris, Francia
BASARAB NICOLESCU
*Presidente del Centre International de Recherches et Etudes
Transdisciplinaires, Paris, Francia*
ANTONIO GARCÍA ZENTENO
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, México, SNI II
ALFONSO GALINDO LUCAS
Universidad de Cádiz, España

COMITÉ COLABORADOR

DRA. CARMEN MARTÍNEZ MARTÍN
Universidad Complutense de Madrid, España
DRA. ISABEL SANZ VILLARROYA
Universidad de Zaragoza, España
DRA. M^A ELENA GONZÁLEZ DELUCA
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

COMITÉ EMÉRITO

+RUBÉN H. ZORRILLA
Universidad de Buenos Aires, Argentina
+MIGUEL LEÓN-PORTILLA
Universidad Nacional Autónoma de México, México
+CIRO F. CARDOSSO
Universidade Federal do Fulmínense, Brasil
+ALAIN TOURAINE
École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS), Paris, Francia
+ENRIQUE DUSSEL
*Rector de la Universidad Metropolitana de la Ciudad de México,
UNAM, UAM Unidad Iztapalapa, México, SNI Emérito*
+JAVIER LIDENBOIM
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Printer México/Online España

Revista Vectores de Investigación

ISSN 1870-0128 ISSN online 2255-3371
VOL 24 N° 24 2/2025

La ***Revista Vectores de Investigación-Journal of Comparative Studies Latin America*** es editada por el Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina conjuntamente con el Instituto de Estudios Históricos y Económicos y el Centro de Investigaciones Científicas, con sede académica en la Universidad Complutense de Madrid, el Instituto Libre de Educación Digital y la Academia Iberoamericana de las Ciencias, bajo el patrocinio de la Fundación Act Forum.

Los manuscritos propuestos para su publicación en esta Revista deberán ser inéditos o contar con cambios sustanciales y no haber sido sometidos a consideración a otras revistas al mismo tiempo.

Los manuscritos son analizados para su selección por dos lectores anónimos y a su aceptación los derechos de reproducción se transfieren a la Revista.

PRODUCCIÓN EDITORIAL MH Fernández-Carrión

DISEÑO, MAQUETACIÓN, CUBIERTA H fCarrión

APOYO A LA EDICIÓN TÉCNICA HfC

TRADUCCIÓN AL INGLÉS Dana Damaris García Mejía

REVISTA VECTORES DE INVESTIGACIÓN

INDEXADA

5

BASES DE INDEXACIÓN

- **DOAJ Directory of Open Access Journals, SUECIA, DOAJ.org**

<https://doaj.org/toc/2255-3371>

- **SCIELO Scientific Electronic Library Online, MÉXICO**

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_serial&pid=2255-3371&lng=es&nrm=iso

- **DIALNET Plataforma de recursos y servicios documentales Fundación DIALNET, Universidad de la Rioja, ESPAÑA**

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=21282>

- **CLASE Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades. Dirección General de Bibliotecas UNAM, MÉXICO**

http://132.248.9.1:8991/F/5UAHX8R314QGVXI8TPTKDNAF56NRSCIXUG8LLTLHCH21PV7KD4-05791?func=find-b&request=Revista+Vectores+de+Investigaci%C3%B3n&find_code=WAU&adjacent=N&local_base=CLA01&x=70&y=6&filter_code_1=WLN&filter_request_1=&filter_code_2=WYR&filter_request_2=&filter_code_3=WYR&filter_request_3=

- **CRUE REBIUN Red de Bibliotecas Universitarias, ESPAÑA**

<http://rebiun.absysnet.com/cgi-bin/abnetop/O7606/IDfce9ffb4?-ACC=161>

- **GENAMICS JOURNALSEEK, A Searchable Database of Online Scholarly, ESTADOS UNIDOS**

<http://journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journal-search.cgi?field=issn&query=1870-0128>

- **OCLC WORLDCAT, Estados Unidos**

http://www.worldcat.org/search?q=Revista+Vectores+de+Investigaci%C3%B3n&qt=owc_search

- **PARADIGM SHIFT INNOVATIONS, LLC, Denver, ESTADOS UNIDOS**

<http://www.psithority.com/Library/Periodical/Revista-Vectores-de-Investigacion/1063036>

- **REDIAL Red Europea de Información y Documentación sobre América Latina CEISAL Consejo Europeo de Investigaciones Sociales de América Latina (Consejo Superior de Investigación Científica CSIC), ESPAÑA**

http://www.red-redial.net/revista-vectores_de_investigacion-389.html

- **REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de**

6

Economía y Competitividad, Gobierno de España, ESPAÑA

<https://www.redib.org/recursos/Search/Results?lookfor=Vectores%20de%20Investigaci%C3%B3n&type=AllFields&submit=Buscar&limit=20&sort=relevance&lng=es>

- RIRCyC Red Iberoamericana de Revistas de Comunicación y Cultura, ARGENTINA

<https://www.facebook.com/RIRCYC>

- LATINDEX Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), MÉXICO

<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=21921>

- SELF BUILDING INFORMATION SERVICE (SBIS), CHINA

<http://sbis.scinfo.cn/sbis/content/Revista-Vectores-de-Investigacion-1870-0128-2255-3371>

- SPRINTKNOWLEDGE, SprintKnowledge. Digital Library and Database of Academic Research, RUMANÍA

<http://www.sprintknowledge.com/journal-details/2255-3371>

BASES DE IMPACTO

- LETPUB, CHINA

<http://www.letpub.com.cn/index.php?journalid=37667&page=journalapp&view=detail>

(此期刊未被最新的 JCR 期刊引证报告收录)

- NAVER ACADEMIC, KOREA

https://academic.naver.com/journal.naver?journal_id=3264199

- MIAR Universitat de Barcelona, Departament d'Economia i Co-neixement de la Generalitat de Catalunya, Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca, ESPAÑA

<http://miar.ub.edu/issn/1870-0128>

- EUROPEAN SCIENCE EVALUATION CENTER

<https://journal-index.org/index.php/asi/article/view/37382>
<https://journal-index.org/index.php/asi/article/view/37382>

BASES DE DOCUMENTACIÓN

- ZEITSCHRIFTEN D. Atenbank. Deutsche National Bibliothek Statsbibliothek zu Berlin, Alemania

<https://zdb-katalog.de/title.xhtml?idn=1220727857&view=brief>

- EZB ELECTRONIC JOURNALS LIBRARY. Nuremberg University of Applied, Alemania

https://ezb.ur.de/ezeit/detail.phtml?bi-bid=FHN&colors=3&lang=en&jour_id=472709

- **GSI REPOSITORY, Alemania**

<https://repository.gsi.de/record/248174/export/print?ln=de>

- **UNIVERSITEITS BIBLIOTHEEK GENT, Bélgica**

<https://lib.ugent.be/catalog/ejn01:3710000000520824>

- **ZURÜK ZUR VORHERIGEN SEITE**

https://finder.open-access.network/journal/c5b3f369-863a-11ef-9efc-dca3313380a1?ror_id=https%3A%2F%2Fror.org%2F02bxzcy64&role=corresp_subm_author&

- **HAW-HAMBURG. Hochschulinformations-und Bibliotheksservice (HIBS), Alemania**

<https://www.haw-hamburg.de/hibs/recherche/e-journals/detail/?libconnect%5Bjourid%5D=472709&cHash=c7c682ed075db8b0fc6a2908c5528f2c>

- **U [University] CHICAGO LIBRARY CATALOG. Estados Unidos**

https://catalogtest.lib.uchicago.edu/vufind/Record/sfx_4920000000520929/Similar

- **MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. Buenos Aires, Argentina**

<https://biblioteca.mincyt.gob.ar/catalogo?oa=s&apc=n&page=1066>

- **SCD-SFX.U-STRASBG.FR. Francia**

https://scd-sfx.u-strasbg.fr/sfx_test/cgi/core/azlist/a-z_retrieve.cgi?function=get_info&obj_id=3710000000520824&issn=1870-0128&profile=SID&exclude_issn=&exclude_note=&exclude_lccn=&exclude_coden=&exclude_availability=&exclude_categories=

- **VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL, Bélgica**

<https://biblio.vub.ac.be/vlink/EList.csp?Sort=alpha&trigger=R&Language=eng&DocumentType=Journal>

- **LIBSCIENCE JOURNAL DIRECTORY**

<https://neredataltics.org/asi/index.php/lib-libscience/issue/view/19?page=337#gsc.tab=0>

- **PRINCETON UNIVERSITY LIBRARY, Nueva Jersey, Estados Unidos**

<https://catalog.princeton.edu/catalog/9836143>

- **UNIVERSIA. Fundación Universia, Madrid, España**

http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/revista-vectores-investigacion/id/64672785.html

- **AJMAN UNIVERSITY LIBRARY, Ajman, Emiratos Árabes**

<https://library.ajman.ac.ae/eds?query=%22Revista%20Vectores%20de%20Investigaci%C3%B3n%22&catalog=eds>

- **BIBLAT Bibliografía Latinoamericana en revistas de investigación**

científica y social, México

<http://biblat.unam.mx/es/buscar/vectores-de-investigacion>

- **BIBLIOTECA ELECTRÓNICA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Argentina**

https://www.biblioteca.mincyt.gov.ar/revistas/index?browseType=db&db%5B0%5D=16&Journals_page=1167

- **BIBLIOTECA NACIONAL DE ESPAÑA, Madrid, España**

<http://catalogo.bne.es/uhtbin/cgiirsi/MeR5MRwwKg/BNMAMA-DRID/113060227/123>

<http://datos.bne.es/edicion/a5304937.html>

- **Biblioteka Uniwersytecka we Wrocławiu, Polonia**

<https://www.bu.uni.wroc.pl/e-zrodla/czasopisma-elektroniczne?-page=46&litera=r>

- **E-JOURNALS. National Taiwan Normal University, Taiwan, China**

<http://www.lib.ntnu.edu.tw/database/dbview.jsp?id=1725-0927&type=1>

- **E-JOURNAL DETAILS, SCD-SFX.U, Strasbourg, Francia**

https://scd-sfx.u-strasbg.fr/sfx_test/cgi/core/azlist/a-z_retrieve.cgi?function=get_info&obj_id=3710000000520824&-issn=1870-0128&profile=SID&exclude_issn=&exclude_note=&exclude_lcn=&exclude_coden=&exclude_availability=&exclude_categories=

- **EXLIBRIS GROUP, Estados Unidos**

https://julac.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=HKUST_IZ51147968310003412&vid=HKUST

- **EX LIBRIS GROUP**

https://bismarckstate-psb.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay?docid=alma9910380308706066&context=L&vid=01ODIN_NBJ:nbj&lang=en&search_scope=MyInstitution&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=LibraryCatalog&query=sub,exact,Humanities,AND&mode=advanced&offset=250

- **ACCËNSUM, SERVICIOS EDITORIALES**

<https://accensum.org/?s=Revista+vectores+de+investigaci%C3%B3>

3

- **GOOGLE SCHOLAR, Estados Unidos**

http://scholar.google.es/scholar?q=%22Revista+Vectores+de+Investigaci%C3%B3n%22&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5

Hellenic Academic Libraries Link | ICOLC Website

National Technical University of Athens, Polytechnic, Grecia

<https://www.heal-link.gr/alpha.php?lt=R>

- **HELKA LIBRARIES, Helsinki University Library, Finlandia**

<https://helka.finna.fi/Record/helka.2889118?lng=en-gb>

- **KYUSHU UNIVERSITY, Japón**

<http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/en/recordID/1551094?hit=1&->

caller=xc-search

- **LAREDO COLLEGE, Library, Texas, Estados Unidos**

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/results?vid=0&sid=bff2ac2e-37dd-4ecf-bacd-27a3d5a4a39d%40pdc-v-sessmgr03&bquery=%2522Re- vista%2BVectores%2Bde%2BInvestigaci%25c3%25b3n%2522&- bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLHNzbyZjbGkwPUZUMSZjbHYwPVkm- dHlwZT0wJnNIYXJjaE1vZGU9QW5kNjNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d>

- **LIBRARIES OF UNIVERSITY OF SUSSEX, University of Brighton and Brighton and Sussex Medical School, Inglaterra**

<http://sabre.lib.sussex.ac.uk/vufindsmu/Record/18700128>

- **LIBRARY CATALOGUE UNIVERSITY OF BRIGHTON, Inglaterra**

<http://capitadiscovery.co.uk/brighton-ac/items/1402244>

- **LIBRARY USASK, Canadá**

<http://library.usask.ca/find/ejournals/view.php?id=37100000005-20824>

- **LINCOLN UNIVERSITY, Estados Unidos**

<https://library2.lincoln.ac.nz/tools/newitems/index.php?age=1-215&type=all>

- **MASSEY UNIVERSITY LIBRARY, University of New Zealand**

<http://link.massey.ac.nz/portal/Revista-Vectores-de-Investi- gaci%C3%B3n-electronic/aKk25IG0Jjk/>

- **MIR@BEL, La Région Auvergn-Rhône-Alpes, Lyon, Francia**

[http://www.reseau-mirabel.info/revue/5362/Vectores de investi- gacion](http://www.reseau-mirabel.info/revue/5362/Vectores_de_investi- gacion)

- **OPAC, Toyama University, Japón**

<http://opac.lib.u-toyama.ac.jp/opc/recordID/catalog.bib/OJ00821-111?hit=-1&caller=xc-search>

- **PARADIGM SHIFT INNOVATIONS, LLC, Denver, Estados Unidos**

<http://www.psithority.com/Library/Periodical/Revista-Vectores-de- Investigacion/1063036>

- **PISTOTN, CNU DST, Portail de l'Information Scientifique et Tech- nique, Centre National Universitaire de Documentation Scientifi- que et Technique, Tunes**

<http://www.pist.tn/search?ln=ar&p=recid%3A25146&rm=wrđ>

- **RIJE Universiteit Bussel, Bélgica**

<https://biblio.vub.ac.be/vlink/EList.csp?Sort=alpha&trigger=R&Lan- guage=eng&DocumentType=Journal>

- **JOURNALTOCS. School of Mathematical and Computer Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh, Inglaterra**

<http://www.journaltocs.ac.uk/index.php?action=search&subAc- tion=hits&journalID=44395&userQueryID=5453&high=- 1&ps=30&page=1&items=0&journal filter=&journalby=>

- **SEARCH, University of Wisconsin-Madison Libraries, Wisconsin, Estados Unidos**

<https://search.library.wisc.edu/catalog/9911485129502121>

- **SOUTHEAST UNIVERSITY LIBRARY, Bangladés**

<https://library.seu.edu.bd/journal/revista-vectores-de-investigacion-centro-de-investigacion-de-estudios-comparados-de-america>

- **STANFORD UNIVERSITY, Estados Unidos**

<https://searchworks.stanford.edu/view/11522571>

- **STATE LIBRARY OF NEW SOUTH WALES, Australia**

<http://library.sl.nsw.gov.au/search~S1?/tRevista+unipluriversidad/trevista+unipluriversidad/-3%2C-1%2C0%2CB/frameset&FF=trevista+vectores+de+investigacion&1%2C1%2C>

- **THE HONG KONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, Hong Kong, China**

<https://library.ust.hk/collections-resources/ejournals/?searcharg=R&pa=41&sub=&sort=stitle&atoz=true>

- **UNIFIND, Japón**

<http://uni.lib.shizuoka.ac.jp/Record/SZ10016863>

- **UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK WROCLAW, Polonia**

<http://www.bu.uni.wroc.pl/de/e-quellen/elektronische-zeitschriften?litera=r&strona=70>

- **UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES, Francia**

<http://www.biusante.parisdescartes.fr/chercher/revues.php?p=-20&do=rec&alp=RE&let=R&typ=rev>

- **UNIVERSITEITS BIBLIOTHEEK GENT, Universiteit Gent, Gante, Bélgica**

<https://lib.ugent.be/catalog/ejn01:3710000000520824>

- **UNIVERSITY OF GLASGOW, Escocia, Inglaterra**

<http://m.lib.gla.ac.uk/record=b3256851~S6>

- **UNIVERSITY OF BRIGHTON LIBRARY Catalogue, Brighton, Inglaterra**

<https://capitadiscovery.co.uk/brighton-ac/items/1402244>

- **UNIVERSITY OF LIVERPOOL, Inglaterra**

<http://link.liverpool.ac.uk/portal/Revista-Vectores-de-Investigaci%C3%B3n-electronic/aKk25IGOJjk/>

- **UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA, Estados Unidos**

<http://onlinebooks.library.upenn.edu/webbin/book/browse?-type=title&index=1277113&key=revista%20trimen-sal%20do%20instituto%20historico%20geografico%20e%20ethnografico%20do%20brazil&c=x>

- **UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN, University Library, Saskatoon, Canadá**

<https://library.usask.ca/ejournals/view.php?id=3710000000520824>

- **UNSW Library Sydney NSW 2052 Australia University of New South Wales, Australia**

http://primoa.library.unsw.edu.au/primo_library/libweb/action/-

search.do?fn=search&ct=search&initialSearch=true&mode=-Basic&tab=default_tab&indx=1&dum=true&srt=rank&vid=-UNSW&frbg=&vI%28freeText0%29=%22Revista+Vectores+de+Investigaci%C3%B3n%22&scp.scps=scope%3A%28UNSW+DigiTool+ALMA%29%2Cscope%3A%28UNSW+ALMA%29%2Cscope%3A%28UNSW+ALMA%29%2Cprimo+central+multiple+fe

- **UTS Library University of Technology, Australia**
http://find.lib.uts.edu.au/search;jsessionid=5B10872ED5825D-01CDB42987E50BDD8C?R=OPAC_b3053588

- **VANCOUVER PUBLIC LIBRARY, Canadá**
https://vpl.bibliocommons.com/item/show/5866050038_vectores+de+investigaci%C3%B3n

- **VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL (VUB), Bélgica**
<http://biblio.vub.ac.be/vlink/EList.csp?Sort=alpha&trigger=R>

- **WESTERN THEOLOGICAL SEMINARY, MI, Holanda**
<http://ingentaconnect.com.proxy.westernsem.edu/CJDB4/EXS/journal/202307>

Índice

FÍSICA Y VIDA

PHYSICS AND LIFE

INTRODUCCIÓN INTRODUCTION

15

La física humana

Human physics

15

Fernández-Carrión

MONOGRAFÍA DE COSMOLOGÍA

21

MONOGRAPH ON COSMOLOGY

Universo: a partir del espacio y del tiempo

21

Universe: from space and time

Stephen Hawking

Gran Bretaña

Autobiografía y preguntas sobre cosmología

59

Autobiography and questions about cosmology

Stephen Hawking

Gran Bretaña

MONOGRAFÍA DE CIENCIAS

85

SCIENCE MONOGRAPH

Tres preguntas básicas sobre Ciencia

85

Three basic questions about science

Isaac Asimov

Estados Unidos

MONOGRAFÍA DE TESTAMENTO VITAL Y EUTANASIA

93

MONOGRAPH ON LIVING WILLS AND EUTHANASIA

De la voluntad anticipada al testamento

93

vital pasando por la planificación anticipada en enfermos terminales, y la eutanasia

14
_____ *From advance directives to living wills, advance planning for the terminally ill, and euthanasia*

Miguel-Héctor Fernández-Carrión
España-México

MONOGRAFÍA DE EUTANASIA
MONOGRAPH ON EUTHANASIA

103

Perspectivas a favor y en contra de la eutanasia, desde una reflexión transdisciplinar

103

Perspectives for and against euthanasia, from a transdisciplinary perspective

Miguel-Héctor Fernández-Carrión
España-México

Biografía de los autores
Author biography

125

Normas de publicación
Publication standards

137

INTRODUCCIÓN INTRODUCTION

La física humana

Human physics

La física y la vida está más unida de lo que la aparenta la cultura vulgar, a simple vista. Esta fusión de la ciencia y la existencia, se aprecia desde la antigüedad, y es precisamente uno de los grandes avances de la humanidad que introduce los físicos griegos. La física en la antigua Grecia se origina como una rama de la filosofía, al explicar racionalmente el cosmo y la naturaleza, reemplazando entonces las explicaciones mitológicas existentes hasta entonces. Se produce, de esta forma, una doble interpretación en la historia humana clásica, una primera a partir de una versión literaria-religiosa por parte de autores desconocidos en la Grecia en la antigüedad, de la cosmología y naturaleza humana fundamentalmente que da lugar a la mitología griega, a lo largo de varios siglos, con orígenes en la tradición oral de la civilización minoica de Creta, en torno al 3000 a.C., siendo transcritos por Hesíodo, en *Teogonía* y Homero, en la *Iliada* y la *Odisea*, entre los siglos VIII y VII a.C., y posteriormente, se representa en obras de teatro, esculturas y cerámicas. Más tarde, filósofos, matemáticos... griegos de la antigüedad, como: Tales de Mileto (que estudia los estados del agua), Demócrito (elabora la teoría atómica), Arquímedes (crea la hidrostática y la mecánica, y descubre el principio de Arquímedes -sobre la flotación o el hundimiento en fluidos en reposo-¹), Anaximandro [de Mileto] (descubre el ápeiron como

¹ El principio de Arquímedes establece que un cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido en reposo experimenta un empuje hacia el exterior del fluido o hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja. La fuerza de empuje se calcula como el producto de la densidad del fluido, el volumen del objeto sumergido y la aceleración de la gravedad:

$$E = p_f \times V \times g$$

Posteriormente, el físico inglés Newton, la gravedad acuática o ascenso acuoso (FC) de Arquímedes le da pie a establecer la ley de la gravedad universal, propiamente dicha, en la que establece, un sentido inverso de desplazamiento de los cuerpos, de arriba hacia abajo, por el que la fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa:

$$F = G + \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

La ley de la gravedad universal se produce en todo el espacio, tanto en espacio acuoso como en el aire. Neuwton lo extiende a las órbitas de los

principio del cosmos, el concepto de la evolución de las especies), Pitágoras (establecer el teorema de Pitágoras para triángulos rectángulos, y los pitagorinos descubren los números poligonales, perfectos, amigos e irracionales (inconmensurabilidad del lado y la diagonal de un cuadrado)), Empédocles (descubre la teoría de los cuatro elementos (agua, aire, tierra y fuego) como los componentes básicos de la materia, y la luz de los planetas (y satélites, como la luna) es un reflejo de la del sol, y la visión sucede cuando la luz de los ojos interactúa con la luz de otros objetos)... y Aristóteles (crea la base para el método científico y desarrolla la física aristotélica, caracterizada ésta, por estudiar los seres naturales a través de la razón y la lógica, no la experimentación y la religión, centrándose en el movimiento y en el cambio. Divide el universo en el mundo sublunar (cambiante, de cuatro elementos) y supra lunar (inmutable, de éter). Fundamenta la existencia en el cumplimiento de cuatro causas (material, formal, eficiente y final), con la teleología (los seres humanos actúan para alcanzar un fin), con el hilemorfismo (se subdivide en materia y forma), y la noción de movimiento se da paso de la potencia al acto); de todos ellos, es sobre todo Aristóteles, el que conjuga la filosofía y la física.

Es precisamente, este último, quien a través de la religión católica y principalmente la escolástica (que vincula interesadamente la filosofía griega -particularmente Aristóteles- con la doctrina religiosa cristiana), que desarrolla durante la Edad Media y la Edad Moderna, hasta que la Universidad poco a poco y pensadores con menor inspiración o influencia religiosa, llegan anteponer la razón a la religión. Es el siglo XIX en Europa, cuando al fin la civilización alcanza un retorno pleno a la supremacía de la razón científica, como había logrado los pensadores de la antigua Grecia nombrados previamente.

La física de Aristóteles influye en el pensamiento occidental durante cerca de dos mil años, unido con el interés de la religión católica de dominar y controlar la inteligencia humana, y posteriormente, en la ciencia moderna temprana, o física clásica, está subdividida en dos espacios, la primera se produce en el período previo al “siglo de la razón” o “siglo de las luces” o la ilustración (XVIII), tiene lugar la física clásica, en la que destacan el científico italiano Galileo Galilei (siglo XVI), que introduce el experimento para validar teorías, e Isaac Newton (siglo XVII), que formula las leyes de la gravitación universal y de

la dinámica. El segundo período, se desarrolla en gran parte del siglo XVII y principalmente durante el siglo XIX, la física se hace más práctica, utilitaria, con el autodidacta Michel Faraday e inglés también James Clerk Maxwell en el electromagnetismo; el estadounidense Joseph Henry, con la invención del telégrafo; el alemán, Carl Friedrich Gaus, con la teoría de números y magnetismo, entre otros. En este tiempo, la física se ve influenciada por el crecimiento económico resultante de la primera y segunda revolución industrial (la primera hasta mediados del siglo y la segunda durante la segunda mitad del siglo decimonónico hasta principios del XX). Desde finales del siglo XIX, y proseguida por el siglo XX, se da paso a la física moderna, en la que destaca sobre todo la física teórica, el alemán Albert Einstein con la teoría de la relatividad; el alemán Max Planck, con la mecánica cuántica; la polaca Marie Curie, descubridora de la radiactividad; Paul Dirac, predijo la existencia de la antimateria; Stephen Hawking, descubre la radiación de Hawking, que demuestran que los agujeros negros no son completamente negros, sino que emiten radiación térmica y, por tanto, pueden evaporarse con el tiempo (conjuntando la física cuántica y la gravedad)², entre otros muchos, en los que se encuentra y entre estos, sobresale el ruso Isaac Asimov, como divulgador inteligente, personal e intuitivo de las ciencias, y la física y la química en particular.

Existencia humana entre la vida y la muerte: de la voluntad anticipada al testamento vital, y la eutanasia

La vida es el fundamento de la existencia del ser humano y la muerte es el complemento de la vida, pues no hay vida que no ultime en la muerte. Sobre el sentido que adquiere en general la vida y la muerte en la existencia humana, se ha escrito desde la antigüedad, aunque el concepto de las voluntades anticipadas o el testamento vital (living

² La conformación física en el espacio del agujero negro es similar al remolino o vórtice que muestra el agua en la salida del desagüe, fenómeno que se sucede por la fuerza de la gravedad y la inercia del movimiento del agua al desplazarse por el desagüe, generando un movimiento circular antes de desaparecer de la superficie acuática. Esta imagen es asimismo similar al que se produce en el mar cuando se produce una tromba marina o manga de agua en el momento que un vórtice de aire que se forma sobre el agua, y si en el vórtice de agua incide corrientes marinas opuestas, se puede denominar maelstrom (FC).

will), tiene su origen en la mitad del siglo XX, atribuido a Luis Kutner³, quien en 1969 publica “Due process of euthanasia: The living will, a proposal”, como se analiza en el primer capítulo del presente libro titulado “De la voluntad anticipada al testamento vital pasando por la planificación anticipada en enfermos terminales, y la eutanasia” de Fernández-Carrión. Previamente, tras la segunda guerra mundial, durante los juicios de Núremberg contra los nazis, se establece el código de Núremberg, en 1947, a favor del consentimiento informado de los interesados. Posteriormente, diez años más tarde, con el caso “Salgo vs. Stanford” comienza a emplearse el término, cuando se reconoce el derecho del enfermo a la “calidad” de información aportada por parte del médico (Betancor, 1995: 98).

La función social del testamento vital es reconocida, por primera vez, con la publicación de la “Carta de derechos del paciente” (*Patient’s bill o rights*), por la Asociación Americana de Hospitales, en 1973, y legalmente es sancionado, inicialmente, en 1976, a partir del caso de Karen Quinlan, a través de la “Natural death act”, en el Estado de California.

El testamento vital consta de una voluntad anticipada propiamente dicha de cualquier ciudadano que prevé el tratamiento o el proceso a seguir por los médico(a)s y enfermera(o)s que lo van a tratar en situación crónica, terminal o al final de su vida, estas intenciones de voluntad estarán recogidas en un documento realizado oficialmente o/y públicamente y será aplicado por estos mismos médicos y enfermeras que le asistan precisamente cuando se encuentra en situación terminal o más aún al final de su vida (Fernández-Carrión, 2017: 60). A nivel teórico no tiene relación el testamento vital con la eutanasia, pero en la práctica atendiendo al ser humano como único centro de la vida se puede trabajar con los dos conceptos conjuntamente.

Miguel-Héctor Fernández-Carrión

Referencias

Betancor, Juana Teresa (1995) “El testamento vital”, *Egukilore*, No. 9, 97-112.

Fernández-Carrión, Miguel-Héctor (2017) “Aspectos técnicos para la elaboración de documentos de voluntades anticipadas o testamento vital”, *Bioética. El final de la vida y las voluntades*

³Luis Kutner (1908-1993) abogado en Chicago, cofundador con Peter Benson de Amnistía Internacional, en 1961, nominado para el Premio Nobel de la Paz, en 1972.

anticipadas, Miguel-Héctor Fernández-Carrión et al., Barcelona-México, Editorial Gedisa et al., 59-80.

Kutner, Luis (1969) "Due process of euthanasia: The living will, a proposal", *Indiana law Journal*, 549.

MONOGRAFÍA DE COSMOLOGÍA

MONOGRAPH ON COSMOLOGY

Universo: a partir del espacio y del tiempo

Universe: from space and time

ENVIADO 1-9-2025 REVISADO 8-9-2025 ACEPTADO 22-9-2025

Stephen Hawking

Gran Bretaña

Palabras claves: Universo, espacio, tiempo, galaxia

Key words: Universe, space, time, galaxy

Resumen Un conocido científico (algunos dicen que fue Bertrand Russell) daba una vez una conferencia sobre astronomía. En ella describía cómo la Tierra giraba alrededor del Sol y cómo éste, a su vez, giraba alrededor del centro de una vasta colección de estrellas conocida como nuestra galaxia. Al final de la charla, una simpática señora ya de edad se levantó y le dijo desde el fondo de la sala: “Lo que nos ha contado usted no son más que tonterías. El mundo es en realidad una plataforma plana sustentada por el caparazón de una tortuga gigante”. El científico sonrió ampliamente antes de replicarle, “¿y en qué se apoya la tortuga?”. “Usted es muy inteligente, joven, muy inteligente -dijo la señora-. ¡Pero hay infinitas tortugas una debajo de otra!”.

La mayor parte de la gente encontraría bastante ridícula la Imagen de nuestro universo como una torre infinita de tortugas, pero ¿en qué nos basamos para creer que lo conocemos mejor? ¿Qué sabemos acerca del universo, y cómo hemos llegado a saberlo? ¿De dónde surgió el universo, y a dónde va? ¿Tuvo el universo un principio, y, si así fue, que sucedió con anterioridad a él? ¿Cuál es la naturaleza del tiempo? ¿Llegará éste alguna vez a un final? Avances recientes de la física, posibles en parte gracias a fantásticas nuevas tecnologías, sugieren respuestas a algunas de estas preguntas que desde hace mucho tiempo nos preocupan. Algún día estas respuestas podrán parecernos tan obvias como el que la Tierra gire alrededor del Sol, o, quizás, tan ridículas como una torre de tortugas. Sólo el tiempo (cualquiera que sea su significado) lo dirá.

Abstract A well-known scientist (some say it was Bertrand Russell) once gave a lecture on astronomy. In it, he described how the Earth revolved around the Sun and how the Sun, in turn, revolved around the center of a vast collection of stars known as our galaxy. At the end of the talk, a friendly elderly lady stood up and said from the back of the room, "What you have told us is nothing but nonsense. The world is actually a flat platform supported by the shell of a giant turtle". The scientist smiled broadly before replying, "And what does the turtle stand on?". "You are very clever, young man, very clever", -said the lady-. "But there are infinite turtles, one below the other!"

Most people would find the image of our universe as an infinite tower of turtles quite ridiculous, but what basis do we have for believing that we know any better? What do we know about the universe, and how did we come to know it? Where did the universe come from, and where is it going? Did the universe have a beginning, and if so, what happened before that? What is the nature of time? Will it ever come to an end? Recent advances in physics, made possible in part by fantastic new technologies, suggest answers to some of these questions that have long preoccupied us. Someday these answers may seem as obvious to us as the fact that the Earth revolves around the Sun, or perhaps as ridiculous as a tower of turtles. Only time (whatever that means) will tell.

1 Nuestra imagen del universo

Un conocido científico (algunos dicen que fue Bertrand Russell) daba una vez una conferencia sobre astronomía. En ella describía cómo la Tierra giraba alrededor del Sol y cómo éste, a su vez, giraba alrededor del centro de una vasta colección de estrellas conocida como nuestra galaxia. Al final de la charla, una simpática señora ya de edad se levantó y le dijo desde el fondo de la sala: "Lo que nos ha contado usted no son más que tonterías. El mundo es en realidad una plataforma plana sustentada por el caparazón de una tortuga gigante". El científico sonrió ampliamente antes de replicarle, "¿y en qué se apoya la tortuga?". "Usted es muy inteligente, joven, muy inteligente -dijo la señora-. ¡Pero hay infinitas tortugas una debajo de otra!".

La mayor parte de la gente encontraría bastante ridícula la Imagen de nuestro universo como una torre infinita de tortugas, pero ¿en qué nos basamos para creer que lo conocemos mejor? ¿Qué sabemos acerca del universo, y cómo hemos llegado a saberlo? ¿De dónde surgió el universo, y a dónde va? ¿Tuvo el universo un

principio, y, si así fue, que sucedió con anterioridad a él? ¿Cuál es la naturaleza del tiempo? ¿Llegará éste alguna vez a un final? Avances recientes de la física, posibles en parte gracias a fantásticas nuevas tecnologías, sugieren respuestas a algunas de estas preguntas que desde hace mucho tiempo nos preocupan. Algún día estas respuestas podrán parecernos tan obvias como el que la Tierra gire alrededor del Sol, o, quizás, tan ridículas como una torre de tortugas. Sólo el tiempo (cualquiera que sea su significado) lo dirá.

Ya en el año 340 a.C. el filósofo griego Aristóteles, en su libro *De los cielos*, fue capaz de establecer dos buenos argumentos para creer que la Tierra era una esfera redonda en vez de una plataforma plana. En primer lugar, se dio cuenta de que los eclipses lunares eran debidos a que la Tierra se situaba entre el Sol y la Luna. La sombra de la Tierra sobre la Luna era siempre redonda. Si la Tierra hubiera sido un disco plano, su sombra habría sido alargada y elíptica a menos que el eclipse siempre ocurriera en el momento en que el Sol estuviera directamente debajo del centro del disco. En segundo lugar, los griegos sabían, debido a sus viajes, que la estrella Polar aparecía más baja en el cielo cuando se observaba desde el sur que cuando se hacía desde regiones más al norte. (Como la estrella Polar está sobre el polo norte, parecería estar justo encima de un observador situado en dicho polo, mientras que para alguien que mirara desde el ecuador parecería estar justo en el horizonte.) A partir de la diferencia en la posición aparente de la estrella Polar entre Egipto y Grecia, Aristóteles incluso estimó que la distancia alrededor de la Tierra era de 400.000 estadios. No se conoce con exactitud cuál era la longitud de un estadio, pero puede que fuese de unos 200 metros, lo que supondría que la estimación de Aristóteles era aproximadamente el doble de la longitud hoy en día aceptada. Los griegos tenían incluso un tercer argumento en favor de que la Tierra debía de ser redonda, ¿por qué, si no, ve uno primero las velas de un barco que se acerca en el horizonte, y sólo después se ve el casco?

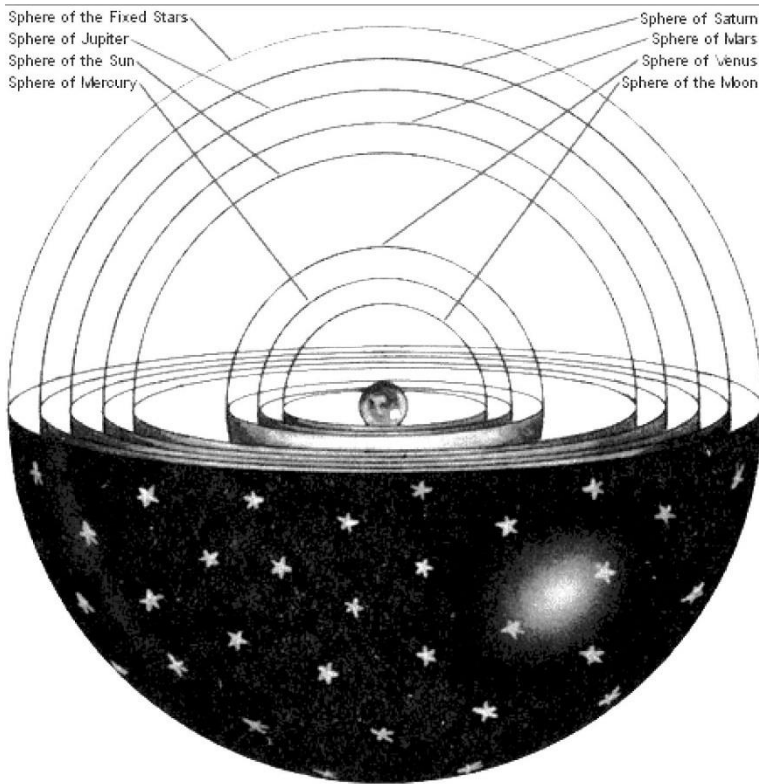


Figura 1

Aristóteles creía que la Tierra era estacionaria y que el Sol, la luna, los planetas y las estrellas se movían en órbitas circulares alrededor de ella. Creía eso porque estaba convencido, por razones místicas, de que la Tierra era el centro del universo y de que el movimiento circular era el más perfecto. Esta idea fue ampliada por Ptolomeo en el siglo II d.C. hasta constituir un modelo cosmológico completo. La Tierra permaneció en el centro, rodeada por ocho esferas que transportaban a la Luna, el Sol, las estrellas y los cinco planetas conocidos en aquel tiempo, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno (figura 1). Los planetas se movían en círculos más pequeños engarzados en sus respectivas esferas para que así se pudieran explicar sus relativamente complicadas trayectorias celestes. La esfera más externa transportaba a las llamadas estrellas fijas, las cuales siempre

permanecían en las mismas posiciones relativas, las unas con respecto de las otras, girando juntas a través del cielo. Lo que había detrás de la última esfera nunca fue descrito con claridad, pero ciertamente no era parte del universo observable por el hombre [y la mujer].

El modelo de Ptolomeo proporcionaba un sistema razonablemente preciso para predecir las posiciones de los cuerpos celestes en el firmamento. Pero, para poder predecir dichas posiciones correctamente, Ptolomeo tenía que suponer que la Luna seguía un camino que la situaba en algunos instantes dos veces más cerca de la Tierra que en otros. ¡Y esto significaba que la Luna debería aparecer a veces con tamaño doble del que usualmente tiene! Ptolomeo reconocía esta inconsistencia, a pesar de lo cual su modelo fue amplia, aunque no universalmente, aceptado. Fue adoptado por la iglesia cristiana como la imagen del universo que estaba de acuerdo con las *Escrituras*, y que, además, presentaba la gran ventaja de dejar, fuera de la esfera de las estrellas fijas, una enorme cantidad de espacio para el cielo y el infierno.

Un modelo más simple, sin embargo, fue propuesto, en 1514, por un cura polaco, Nicolás Copérnico. (Al principio, quizás por miedo a ser tildado de hereje por su propia iglesia, Copérnico hizo circular su modelo de forma anónima.) Su idea era que el Sol estaba estacionario en el centro y que la Tierra y los planetas se movían en órbitas circulares a su alrededor. Pasó casi un siglo antes de que su idea fuera tomada verdaderamente en serio. Entonces dos astrónomos, el alemán Johannes Kepler y el italiano Galileo Galilei, empezaron a apoyar públicamente la teoría copernicana, a pesar de que las órbitas que predecía no se ajustaban fielmente a las observadas. El golpe mortal a la teoría aristotélico/ptolemaica llegó en 1609. En ese año, Galileo comenzó a observar el cielo nocturno con un telescopio, que acababa de inventar. Cuando miró al planeta Júpiter, Galileo encontró que éste estaba acompañado por varios pequeños satélites o lunas que giraban a su alrededor. Esto implicaba que no todo tenía que girar directamente alrededor de la Tierra, como Aristóteles y Ptolomeo habían supuesto. (Aún era posible, desde luego, creer que las lunas de Júpiter se movían en caminos extremadamente complicados alrededor de la Tierra, aunque daban la impresión de girar en torno a Júpiter. Sin embargo, la teoría de Copérnico era mucho más simple). Al mismo tiempo, Johannes Kepler había modificado la teoría de Copérnico, sugiriendo que los planetas no se movían en

círculos, sino en elipses (una elipse es un círculo alargado). Las predicciones se ajustaban ahora finalmente a las observaciones.

Desde el punto de vista de Kepler, las órbitas elípticas constituían meramente una hipótesis ad hoc, y, de hecho, una hipótesis bastante desagradable, ya que las elipses eran claramente menos perfectas que los círculos. Kepler, al descubrir casi por accidente que las órbitas elípticas se ajustaban bien a las observaciones, no pudo reconciliarlas con su idea de que los planetas estaban concebidos para girar alrededor del Sol atraídos por fuerzas magnéticas. Una explicación coherente sólo fue proporcionada mucho más tarde, en 1687, cuando sir Isaac Newton publicó su *Philosophiae naturalis principia mathematica*, probablemente la obra más importante publicada en las ciencias físicas en todos los tiempos. En ella, Newton no sólo presentó una teoría de cómo se mueven los cuerpos en el espacio y en el tiempo, sino que también desarrolló las complicadas matemáticas necesarias para analizar esos movimientos. Además, Newton postuló una ley de la gravitación universal, de acuerdo con la cual cada cuerpo en el universo era atraído por cualquier otro cuerpo con una fuerza que era tanto mayor cuanto más masivos fueran los cuerpos y cuanto más cerca estuvieran el uno del otro. Era esta misma fuerza la que hacía que los objetos cayeran al suelo. (La historia de que Newton fue inspirado por una manzana que cayó sobre su cabeza es casi seguro apócrifo. Todo lo que Newton mismo llegó a decir fue que la idea de la gravedad le vino cuando estaba sentado “en disposición contemplativa”, de la que “únicamente le distrajo la caída de una manzana”). Newton pasó luego a mostrar que, de acuerdo con su ley, la gravedad es la causa de que la Luna se mueva en una órbita elíptica alrededor de la Tierra, y de que la Tierra y los planetas sigan caminos elípticos alrededor del Sol.

El modelo copernicano se despojó de las esferas celestiales de Ptolomeo y, con ellas, de la idea de que el universo tiene una frontera natural. Ya que las “estrellas fijas” no parecían cambiar sus posiciones, aparte de una rotación a través del cielo causada por el giro de la Tierra sobre su eje, llegó a ser natural suponer que las estrellas fijas eran objetos como nuestro Sol, pero mucho más lejanos.

Newton comprendió que, de acuerdo con su teoría de la gravedad, las estrellas deberían atraerse unas a otras, de forma que no parecía posible que pudieran permanecer esencialmente en reposo. ¿No llegaría un determinado momento en el que todas ellas se aglutinarían? En 1691, en una carta a Richard Bentley, otro destacado pensador de

su época, Newton argumentaba que esto verdaderamente sucedería si sólo hubiera un número finito de estrellas distribuidas en una región finita del espacio. Pero razonaba que si, por el contrario, hubiera un número infinito de estrellas, distribuidas más o menos uniformemente sobre un espacio infinito, ello no sucedería, porque no habría ningún punto central donde aglutinarse.

Este argumento es un ejemplo del tipo de dificultad que uno puede encontrar cuando se discute acerca del infinito. En un universo infinito, cada punto puede ser considerado como el centro, ya que todo punto tiene un número infinito de estrellas a cada lado. La aproximación correcta, que sólo fue descubierta mucho más tarde, es considerar primero una situación finita, en la que las estrellas tenderían a aglutinarse, y preguntarse después cómo cambia la situación cuando uno añade más estrellas uniformemente distribuidas fuera de la región considerada. De acuerdo con la ley de Newton, las estrellas extra no producirían, en general, ningún cambio sobre las estrellas originales, que por lo tanto continuarían aglutinándose con la misma rapidez. Podemos añadir tantas estrellas como queramos, que a pesar de ello las estrellas originales seguirán juntándose indefinidamente. Esto nos asegura que es imposible tener un modelo estático e infinito del universo, en el que la gravedad sea siempre atractiva.

Un dato interesante sobre la corriente general del pensamiento anterior al siglo XX es que nadie hubiera sugerido que el universo se estuviera expandiendo o contrayendo. Era generalmente aceptado que el universo, o bien había existido por siempre en un estado inmóvil, o bien había sido creado, más o menos como lo observamos hoy, en un determinado tiempo pasado finito. En parte, esto puede deberse a la tendencia que tenemos las personas a creer en verdades eternas, tanto como al consuelo que nos proporciona la creencia de que, aunque podamos envejecer y morir, el universo permanece eterno e inmóvil.

Incluso aquellos que comprendieron que la teoría de la gravedad de Newton mostraba que el universo no podía ser estático, no pensaron en sugerir que podría estar expandiéndose. Por el contrario, intentaron modificar la teoría suponiendo que la fuerza gravitacional fuese repulsiva a distancias muy grandes. Ello no afectaba significativamente a sus predicciones sobre el movimiento de los planetas, pero permitía que una distribución infinita de estrellas pudiera permanecer en equilibrio, con las fuerzas atractivas entre estrellas cercanas

equilibradas por las fuerzas repulsivas entre estrellas lejanas. Sin embargo, hoy en día creemos que tal equilibrio sería inestable: si las estrellas en alguna región se acercaran sólo ligeramente unas a otras, las fuerzas atractivas entre ellas se harían más fuertes y dominarían sobre las fuerzas repulsivas, de forma que las estrellas, una vez que empezaran a aglutinarse, lo seguirían haciendo por siempre. Por el contrario, si las estrellas empezaran a separarse un poco entre sí, las fuerzas repulsivas dominarían alejando indefinidamente a unas estrellas de otras.

Otra objeción a un universo estático infinito es normalmente atribuida al filósofo alemán Heinrich Olbers, quien escribió acerca de dicho modelo en 1823. En realidad, varios contemporáneos de Newton habían considerado ya el problema, y el artículo de Olbers no fue ni siquiera el primero en contener argumentos plausibles en contra del anterior modelo. Fue, sin embargo, el primero en ser ampliamente conocido. La dificultad a la que nos referíamos estriba en que, en un universo estático infinito, prácticamente cada línea de visión acabaría en la superficie de una estrella. Así, sería de esperar que todo el cielo fuera, incluso de noche, tan brillante como el Sol. El contraargumento de Olbers era que la luz de las estrellas lejanas estaría oscurecida por la absorción debida a la materia intermedia. Sin embargo, si eso sucediera, la materia intermedia se calentaría, con el tiempo, hasta que iluminara de forma tan brillante como las estrellas. La única manera de evitar la conclusión de que todo el cielo nocturno debería de ser tan brillante como la superficie del Sol sería suponer que las estrellas no han estado iluminando desde siempre, sino que se encendieron en un determinado instante pasado finito. En este caso, la materia absorbente podría no estar caliente todavía, o la luz de las estrellas distantes podría no habernos alcanzado aún. Y esto nos conduciría a la cuestión de qué podría haber causado el hecho de que las estrellas se hubieran encendido por primera vez.

El principio del universo había sido discutido, desde luego, mucho antes de esto. De acuerdo con distintas cosmologías primitivas y con la tradición judeo-cristiana musulmana, el universo comenzó en cierto tiempo pasado finito, y no muy distante. Un argumento en favor de un origen tal fue la sensación de que era necesario tener una “Causa Primera” para explicar la existencia del universo. (Dentro del universo, uno siempre explica un acontecimiento como causado por algún otro acontecimiento anterior, pero la existencia del universo en sí, sólo podría ser explicada de esta manera si tuviera un origen.)

Otro argumento lo dio san Agustín en su libro *La ciudad de Dios*. Señalaba que la civilización está progresando y que podemos recordar quién realizó esta hazaña o desarrolló aquella técnica. Así, el hombre, y por lo tanto quizás también el universo, no podía haber existido desde mucho tiempo atrás. San Agustín, de acuerdo con el libro del Génesis, aceptaba una fecha de unos 5.000 años antes de Cristo para la creación del universo. (Es interesante comprobar que esta fecha no está muy lejos del final del último periodo glacial, sobre el 10.000 a.C., que es cuando los arqueólogos suponen que realmente empezó la civilización).

Aristóteles, y la mayor parte del resto de los filósofos griegos, no era partidario, por el contrario, de la idea de la creación, porque sonaba demasiado a intervención divina. Ellos creían, por consiguiente, que la raza humana y el mundo que la rodea habían existido, y existirían, por siempre. Los antiguos ya habían considerado el argumento descrito arriba acerca del progreso, y lo habían resuelto diciendo que había habido inundaciones periódicas u otros desastres que repetidamente situaban a la raza humana en el principio de la civilización.

Las cuestiones de si el universo tiene un principio en el tiempo y de si está limitado en el espacio fueron posteriormente examinadas de forma extensiva por el filósofo Immanuel Kant en su monumental (y muy oscura) obra, *Crítica de la razón pura*, publicada en 1781. Él llamó a estas cuestiones antinomias (es decir, contradicciones) de la razón pura, porque le parecía que había argumentos igualmente convincentes para creer tanto en la tesis, que el universo tiene un principio, como en la antítesis, que el universo siempre había existido. Su argumento en favor de la tesis era que si el universo no hubiera tenido un principio, habría habido un período de tiempo infinito anterior a cualquier acontecimiento, lo que él consideraba absurdo. El argumento en pro de la antítesis era que si el universo hubiera tenido un principio, habría habido un período de tiempo infinito anterior a él, y de este modo, ¿por qué habría de empezar el universo en un tiempo particular cualquiera? De hecho, sus razonamientos en favor de la tesis y de la antítesis son realmente el mismo argumento. Ambos están basados en la suposición implícita de que el tiempo continúa hacia atrás indefinidamente, tanto si el universo ha existido desde siempre como si no. Como veremos, el concepto de tiempo no tiene significado antes del comienzo del universo. Esto ya había sido señalado en primer lugar por san Agustín. Cuando se le preguntó: ¿Qué hacía Dios antes de que creara el universo?, Agustín no

respondió: estaba preparando el infierno para aquellos que preguntaran tales cuestiones. En su lugar, dijo que el tiempo era una propiedad del universo que Dios había creado, y que el tiempo no existía con anterioridad al principio del universo.

Cuando la mayor parte de la gente creía en un universo esencialmente estático e inmóvil, la pregunta de si éste tenía, o no, un principio era realmente una cuestión de carácter metafísico o teológico. Se podían explicar igualmente bien todas las observaciones tanto con la teoría de que el universo siempre había existido, como con la teoría de que había sido puesto en funcionamiento en un determinado tiempo finito, de tal forma que pareciera como si hubiera existido desde siempre. Pero, en 1929, Edwin Hubble hizo la observación crucial de que, donde quiera que uno mire, las galaxias distantes se están alejando de nosotros. O en otras palabras, el universo se está expandiendo. Esto significa que en épocas anteriores los objetos deberían de haber estado más juntos entre sí. De hecho, parece ser que hubo un tiempo, hace unos diez o veinte mil millones de años, en que todos los objetos estaban en el mismo lugar exactamente, y en el que, por lo tanto, la densidad del universo era infinita. Fue dicho descubrimiento el que finalmente llevó la cuestión del principio del universo a los dominios de la ciencia.

Las observaciones de Hubble sugerían que hubo un tiempo, llamado el *big bang* [gran explosión o explosión primordial], en que el universo era infinitésimamente pequeño e infinitamente denso. Bajo tales condiciones, todas las leyes de la ciencia, y, por tanto, toda capacidad de predicción del futuro, se desmoronarían. Si hubiera habido acontecimientos anteriores a este no podrían afectar de ninguna manera a lo que ocurre en el presente. Su existencia podría ser ignorada, ya que ello no extrañaría consecuencias observables. Uno podría decir que el tiempo tiene su origen en el *big bang*, en el sentido de que los tiempos anteriores simplemente no estarían definidos. Es señalar que este principio del tiempo es radicalmente diferente de aquellos previamente considerados. En un universo inmóvil, un principio del tiempo es algo que ha de ser impuesto por un ser externo al universo; no existe la necesidad de un principio. Uno puede imaginarse que Dios creó el universo en, textualmente, cualquier instante de tiempo. Por el contrario, si el universo se está expandiendo, pueden existir poderosas razones físicas para que tenga que haber un principio. Uno aún se podría imaginar que Dios creó el universo en el instante del *big bang*, pero no tendría sentido suponer que el universo hubiese

sido creado antes del *big bang*. ¡Universo en expansión no excluye la existencia de un creador, pero sí establece límites sobre cuándo éste pudo haber llevado a cabo su misión!

Para poder analizar la naturaleza del universo, y poder discutir cuestiones tales como si ha habido un principio o si habrá un final, es necesario tener claro lo que es una teoría científica. Consideremos aquí un punto de vista ingenuo, en el que una teoría es simplemente un modelo del universo, o de una parte de él, y un conjunto de reglas que relacionan las magnitudes del modelo con las observaciones que realizamos. Esto sólo existe en nuestras mentes, y no tiene ninguna otra realidad (cualquiera que sea lo que esto pueda significar). Una teoría es una buena teoría siempre que satisfaga dos requisitos: debe describir con precisión un amplio conjunto de observaciones sobre la base de un modelo que contenga sólo unos pocos parámetros arbitrarios, y debe ser capaz de predecir positivamente los resultados de observaciones futuras. Por ejemplo, la teoría de Aristóteles de que todo estaba constituido por cuatro elementos, tierra, aire, fuego y agua, era lo suficientemente simple como para ser calificada como tal, pero fallaba en que no realizaba ninguna predicción concreta. Por el contrario, la teoría de la gravedad de Newton estaba basada en un modelo incluso más simple, en el que los cuerpos se atraían entre sí con una fuerza proporcional a una cantidad llamada masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos, a pesar de lo cual era capaz de predecir el movimiento del Sol, la Luna y los planetas con un alto grado de precisión.

Cualquier teoría física es siempre provisional, en el sentido de que es sólo una hipótesis: nunca se puede probar. A pesar de que los resultados de los experimentos concuerden muchas veces con la teoría, nunca podremos estar seguros de que la próxima vez el resultado no vaya a contradecirla. Sin embargo, se puede rechazar una teoría en cuanto se encuentre una única observación que contradiga sus predicciones. Como ha subrayado el filósofo de la ciencia Karl Popper, una buena teoría está caracterizada por el hecho de predecir un gran número de resultados que en principio pueden ser refutados o invalidados por la observación. Cada vez que se comprueba que un nuevo experimento está de acuerdo con las predicciones, la teoría sobrevive y nuestra confianza en ella aumenta. Pero si por el contrario se realiza alguna vez una nueva observación que contradiga la teoría, tendremos que abandonarla o modificarla. O al menos esto es lo que se supone que debe suceder, aunque uno siempre puede cuestionar

la competencia de la persona que realizó la observación.

En la práctica, lo que sucede es que se construye una nueva teoría que en realidad es una extensión de la teoría original. Por ejemplo, observaciones tremendamente precisas del planeta Mercurio revelan una pequeña diferencia entre su movimiento y las predicciones de la teoría de la gravedad de Newton. La teoría de la relatividad general de Einstein predecía un movimiento de Mercurio ligeramente distinto del de la teoría de Newton. El hecho de que las predicciones de Einstein se ajustaran a las observaciones, mientras que las de Newton no lo hacían, fue una de las confirmaciones cruciales de la nueva teoría. Sin embargo, seguimos usando la teoría de Newton para todos los propósitos prácticos ya que las diferencias entre sus predicciones y las de la relatividad general son muy pequeñas en las situaciones que normalmente nos incumben. (¡La teoría de Newton también posee la gran ventaja de ser mucho más simple y manejable que la de Einstein!)

El objetivo final de la ciencia es el proporcionar una única que describa correctamente todo el universo. Sin embargo, el método que la mayoría de los científicos siguen en realidad es el de separar el problema en dos partes. Primero, están las leyes que nos dicen cómo cambia el universo con el tiempo. (Si conocemos cómo es el universo en un instante dado, estas leyes físicas nos dirán cómo será el universo en cualquier otro posterior). Segundo, está la cuestión del estado inicial del universo. Algunas personas creen que la ciencia se debería ocupar únicamente de la primera parte: consideran el tema de la situación inicial del universo como objeto de la metafísica o la religión. Ellos argumentarían que Dios, al ser omnipotente, podría haber iniciado el universo de la manera que más le hubiera gustado. Puede ser que sí, pero en ese caso él también haberlo hecho evolucionar de un modo totalmente arbitrario. En cambio, parece ser que eligió hacerlo evolucionar de una manera muy regular siguiendo ciertas leyes. Resulta, así pues, igualmente razonable suponer que también hay leyes que gobiernan el estado inicial.

Es muy difícil construir una única teoría capaz de describir todo el universo. En vez de ello, nos vemos forzados, de momento, a dividir el problema en varias partes, inventando un cierto número de teorías parciales. Cada una de estas teorías parciales describe y predice una cierta clase restringida de observaciones, despreciando los efectos de otras cantidades, o representando éstas por simples conjuntos de números. Puede ocurrir que esta aproximación sea completamente

errónea. Si todo en el universo depende de absolutamente todo el resto de él de una manera fundamental, podría resultar imposible acercarse a una solución completa investigando partes aisladas del problema. Sin embargo, este es ciertamente el modo en que hemos progresado en el pasado. El ejemplo clásico es de nuevo la teoría de la gravedad de Newton, la cual nos dice que la fuerza gravitacional entre dos cuerpos depende únicamente de un número asociado a cada cuerpo, su masa, siendo por lo demás independiente del tipo de sustancia que forma el cuerpo. Así, no se necesita tener una teoría de la estructura y constitución del Sol y los planetas para poder determinar sus órbitas.

Los científicos actuales describen el universo a través de dos teorías parciales fundamentales: la teoría de la relatividad general y la mecánica cuántica. Ellas constituyen el gran logro intelectual de la primera mitad de este siglo. La teoría de la relatividad general describe la fuerza de la gravedad y la estructura a gran escala del universo, es decir, la estructura a escalas que van desde sólo unos pocos kilómetros hasta un billón de billones (un 1 con veinticuatro ceros detrás) de kilómetros, el tamaño del universo observable. La mecánica cuántica, por el contrario, se ocupa de los fenómenos a escalas extremadamente pequeñas, tales como una billonésima de centímetro. Desafortunadamente, sin embargo, se sabe que estas dos teorías son inconsistentes entre sí: ambas no pueden ser correctas a la vez. Uno de los mayores esfuerzos de la física actual, y el tema principal de este libro, es la búsqueda de una nueva teoría que incorpore a las dos anteriores: una teoría cuántica de la gravedad. Aún no se dispone de tal teoría, y para ello todavía puede quedar un largo camino por recorrer, pero sí se conocen muchas de las propiedades que debe poseer. En capítulos posteriores veremos que ya se sabe relativamente bastante acerca de las predicciones que debe hacer una teoría cuántica de la gravedad.

Si se admite entonces que el universo no es arbitrario, sino que está gobernado por ciertas leyes bien definidas, habrá que combinar al final las teorías parciales en una teoría unificada completa que describirá todos los fenómenos del universo. Existe, no obstante, una paradoja fundamental en nuestra búsqueda de esta teoría unificada completa. Las ideas anteriormente perfiladas sobre las teorías científicas suponen que somos seres racionales, libres para observar el universo como nos plazca y para extraer deducciones lógicas de lo que veamos. En tal esquema parece razonable suponer que

podríamos continuar progresando indefinidamente, acercándonos cada vez más a las leyes que gobiernan el universo. Pero si realmente existiera una teoría unificada completa, ésta también determinaría presumiblemente nuestras acciones. ¡Así la teoría misma determinaría el resultado de nuestra búsqueda de ella! ¿Y por qué razón debería determinar que llegáramos a las verdaderas conclusiones a partir de la evidencia que nos presenta? ¿Es que no podría determinar igualmente bien que extrajéramos conclusiones erróneas? ¿O incluso que no extrajéramos ninguna conclusión en absoluto?

La única respuesta que puedo dar a este problema se basa en el principio de la selección natural de Darwin. La idea estriba en que en cualquier población de organismos autorreproductores, habrá variaciones tanto en el material genético como en educación de los diferentes individuos. Estas diferencias supondrán que algunos individuos sean más capaces que otros para extraer las conclusiones correctas acerca del mundo que rodea, y para actuar de acuerdo con ellas. Dichos individuos tendrán más posibilidades de sobrevivir y reproducirse, de forma que su esquema mental y de conducta acabará imponiéndose. En el pasado ha sido cierto que lo que llamamos inteligencia y descubrimiento científico han supuesto una ventaja en el aspecto de la supervivencia. No es totalmente evidente que esto tenga que seguir siendo así: nuestros descubrimientos científicos podrían destruirnos a todos perfectamente, e, incluso si no lo hacen, una teoría unificada completa no tiene por qué suponer ningún cambio en lo concerniente a nuestras posibilidades de supervivencia. Sin embargo, dado que el universo ha evolucionado de un modo regular, podríamos esperar que las capacidades de razonamiento que la selección natural nos ha dado sigan siendo válidas en nuestra búsqueda de una teoría unificada completa, y no nos conduzcan a conclusiones erróneas.

Dado que las teorías que ya poseemos son suficientes para realizar predicciones exactas de todos los fenómenos naturales, excepto de los más extremos, nuestra búsqueda de la teoría definitiva del universo parece difícil de justificar desde un punto de vista práctico. (Es interesante señalar, sin embargo, que argumentos similares podrían haberse usado en contra de la teoría de la relatividad y de la mecánica cuántica, las cuales nos han dado la energía nuclear y la revolución de la microelectrónica). Así pues, el descubrimiento de una teoría unificada completa puede no ayudar a la supervivencia de nuestra especie. Puede incluso no afectar a nuestro modo de vida. Pero

siempre, desde el origen de la civilización, la gente no se ha contentado con ver los acontecimientos como desconectados e inexplicables. Ha buscado incesantemente un conocimiento del orden subyacente del mundo. Hoy en día, aún seguimos anhelando saber por qué estamos aquí y de dónde venimos. El profundo deseo de conocimiento de la humanidad es justificación suficiente para continuar nuestra búsqueda. Y ésta no cesará hasta que poseamos una descripción completa del universo en el que vivimos.

2 Espacio y tiempo

Nuestras ideas actuales acerca del movimiento de los cuerpos se remontan a Galileo y Newton. Antes de ellos, se creía en las ideas de Aristóteles, quien decía que el estado natural de un cuerpo era estar en reposo y que éste sólo se movía si era empujado por una fuerza o un impulso. De ello se deducía que un cuerpo pesado debía caer más rápido que uno ligero, porque sufría una atracción mayor hacia la tierra.

La tradición aristotélica también mantenía que se podrían deducir todas las leyes que gobiernan el universo por medio del pensamiento puro: no era necesario comprobarlas por medio de la observación. Así, nadie antes de Galileo se preocupó de ver si los cuerpos con pesos diferentes caían con velocidades diferentes. Se dice que Galileo demostró que las anteriores ideas de Aristóteles eran falsas dejando caer diferentes pesos desde la torre inclinada de Pisa. Es casi seguro que esta historia no es cierta, aunque lo que sí hizo Galileo fue algo equivalente: dejó caer bolas de distintos pesos a lo largo de un plano inclinado. La situación es muy similar a la de los cuerpos pesados que caen verticalmente, pero es más fácil de observar porque las velocidades son menores. Las mediciones de Galileo indicaron que cada cuerpo aumentaba su velocidad al mismo ritmo, independientemente de su peso. Por ejemplo, si se suelta una bola en una pendiente que desciende un metro por cada diez metros de recorrido, la bola caerá por la pendiente con una velocidad de un metro por segundo después de un segundo, de dos metros por segundo después de dos segundos, y así sucesivamente, sin importar lo pesada que sea la bola. Por supuesto que una bola de plomo caerá más rápida que una pluma, pero ello se debe únicamente a que la pluma es frenada por la resistencia del aire. Si uno soltara dos cuerpos que no presentasen demasiada resistencia al aire, tales como dos pesos diferentes

de plomo, caerían con la misma rapidez.

Las mediciones de Galileo sirvieron de base a Newton para la obtención de sus leyes del movimiento. En los experimentos de Galileo, cuando un cuerpo caía rodando, siempre actuaba sobre él la misma fuerza (su peso) y el efecto que se producía consistía en acelerarlo de forma constante. Esto demostraba que el efecto real de una fuerza era el de cambiar la velocidad del cuerpo, en vez de simplemente ponerlo en movimiento, como se pensaba anteriormente. Ello también significaba que siempre que sobre un cuerpo no actuara ninguna fuerza, éste se mantendría moviéndose en una línea recta con la misma velocidad. Esta idea fue formulada explícitamente por primera vez en los *Principia mathematica de Newton*, publicados en 1687, y se conoce como primera ley de Newton. Lo que le sucede a un cuerpo cuando sobre él actúa una fuerza está recogido en la segunda ley de Newton. Ésta afirma que el cuerpo se acelerará, o cambiará su velocidad, a un ritmo proporcional a la fuerza. (Por ejemplo, la aceleración se duplicará cuando la fuerza aplicada sea doble). Al mismo tiempo, la aceleración disminuirá cuando aumente la masa (o la cantidad de materia) del cuerpo. (La misma fuerza actuando sobre un cuerpo de doble masa que otro, producirá la mitad de aceleración en el primero que en el segundo). Un ejemplo familiar lo tenemos en un coche: cuanto más potente sea su motor mayor aceleración poseerá, pero cuanto más pesado sea el coche menor aceleración tendrá con el mismo motor.

Además de las leyes del movimiento, Newton descubrió una ley que describía la fuerza de la gravedad, una ley que nos dice que todo cuerpo atrae a todos los demás cuerpos con una fuerza proporcional a la masa de cada uno de ellos. Así, la fuerza entre dos cuerpos se duplicará si uno de ellos (digamos, el cuerpo A) dobla su masa. Esto es lo que razonablemente se podría esperar, ya que uno puede suponer al nuevo cuerpo A formado por dos cuerpos, cada uno de ellos con la masa original. Cada uno de estos cuerpos atraerá al cuerpo B con la fuerza original. Por lo tanto, la fuerza total entre A y B será justo el doble que la fuerza original. Y si, por ejemplo, uno de los cuerpos tuviera una masa doble de la original y el otro cuerpo una masa tres veces mayor que al principio, la fuerza entre ellos sería seis veces más intensa que la original. Se puede ver ahora por qué todos los cuerpos caen con la misma rapidez: un cuerpo que tenga doble peso sufrirá una fuerza gravitatoria doble, pero al mismo tiempo tendrá una masa doble. De acuerdo con la segunda ley de Newton, estos

dos efectos se cancelarán exactamente y la aceleración será la misma en ambos casos.

La ley de la gravedad de Newton nos dice también que cuanto más separados estén los cuerpos menores será la fuerza gravitatoria entre ellos. La ley de la gravedad de Newton establece que la atracción gravitatoria producida por una estrella a una cierta distancia es exactamente la cuarta parte de la que produciría una estrella similar a la mitad de distancia. Esta ley predice con gran precisión las órbitas de la Tierra, la Luna y los planetas. Si la ley fuera que la atracción gravitatoria de una estrella decayera más rápidamente con la distancia, las órbitas de los planetas no serían elípticas, sino que éstos irían cayendo en espiral hacia el Sol. Si, por el contrario, la atracción gravitatoria decayera más lentamente, las fuerzas gravitatorias debidas a las estrellas lejanas dominarían frente a la atracción de la Tierra.

La diferencia fundamental entre las ideas de Aristóteles y las de Galileo y Newton estriba en que Aristóteles creía en un estado preferente de reposo, en el que todas las cosas subyacerían, a menos que fueran empujadas por una fuerza o impulso. En particular, él creyó que la Tierra estaba en reposo. Por el contrario, de las leyes de Newton se desprende que no existe un único estándar de reposo. Se puede suponer igualmente o que el cuerpo A está en reposo y el cuerpo B se mueve a velocidad constante con respecto de A, o que el B está en reposo y es el cuerpo A el que se mueve. Por ejemplo, si uno se olvida de momento de la rotación de la Tierra y de su órbita alrededor del Sol, se puede decir que la Tierra está en reposo y que un tren sobre ella está viajando hacia el norte a ciento cuarenta kilómetros por hora, o se puede decir igualmente que el tren está en reposo y que la Tierra se mueve hacia el sur a ciento cuarenta kilómetros por hora. Si se realizaran experimentos en el tren con objetos que se movieran, comprobaríamos que todas las leyes de Newton seguirían siendo válidas. Por ejemplo, al jugar al ping-pong en el tren, uno encontraría que la pelota obedece las leyes de Newton exactamente igual a como lo haría en una mesa situada junto a la vía. Por lo tanto, no hay forma de distinguir si es el tren o es la Tierra lo que se mueve.

La falta de un estándar absoluto de reposo significaba que no se podía determinar si dos acontecimientos que ocurrieran en tiempos diferentes habían tenido lugar en la misma posición espacial. Por ejemplo, supongamos que en el tren nuestra bola de ping-pong está

botando, moviéndose verticalmente hacia arriba y hacia abajo y golpeando la mesa dos veces en el mismo lugar con un intervalo de un segundo. Para un observador situado junto a la vía, los dos botes parecerán tener lugar con una separación de unos cuarenta metros, ya que el tren habrá recorrido esa distancia entre los dos botes. Así pues la no existencia de un reposo absoluto significa que no se puede asociar una posición absoluta en el espacio con un suceso, como Aristóteles había creído. Las posiciones de los sucesos y la distancia entre ellos serán diferentes para una persona en el tren y para otra que esté al lado de la vía, y no existe razón para preferir el punto de vista de una de las personas frente al de la otra.

Newton estuvo muy preocupado por esta falta de una posición absoluta, o espacio absoluto, como se le llamaba, porque no concordaba con su idea de un Dios absoluto. De hecho, rehusó aceptar la no existencia de un espacio absoluto, a pesar incluso de que estaba implicada por sus propias leyes. Fue duramente criticado por mucha gente debido a esta creencia irracional, destacando sobre todo la crítica del obispo Berkeley, un filósofo que creía que todos los objetos materiales, junto con el espacio y el tiempo, eran una ilusión. Cuando el famoso Dr. Johnson se enteró de la opinión de Berkeley gritó “¡Lo rebato así!” y golpeó con la punta del pie una gran piedra.

Tanto Aristóteles como Newton creían en el tiempo absoluto. Es decir, ambos pensaban que se podía afirmar inequívocamente la posibilidad de medir el intervalo de tiempo entre dos sucesos sin ambigüedad, y que dicho intervalo sería el mismo para todos los que lo midieran, con tal que usaran un buen reloj. El tiempo estaba totalmente separado y era independiente del espacio. Esto es, de hecho, lo que la mayoría de la gente consideraría como de sentido común. Sin embargo, hemos tenido que cambiar nuestras ideas acerca del espacio y del tiempo. Aunque nuestras nociones de lo que parece ser el sentido común funcionan bien cuando se usan en el estudio del movimiento de las cosas, tales como manzanas o planetas, que viajan relativamente lentas, no funcionan, en absoluto, cuando se aplican a cosas que se mueven con o cerca de la velocidad de la luz.

El hecho de que la luz viaja a una velocidad finita, aunque muy elevada, fue descubierto en 1676 por el astrónomo danés Ole Christensen Roemer. Él observó que los tiempos en los que las lunas de Júpiter parecían pasar por detrás de este no estaban regularmente espaciados, como sería de esperar si las lunas giraran alrededor de Júpiter con un ritmo constante. Dado que la Tierra y Júpiter giran alrededor

del Sol, la distancia entre ambos varía. Roemer notó que los eclipses de las lunas de Júpiter parecen ocurrir tanto más tarde cuanto más distantes de Júpiter estamos. Argumentó que se debía a que la luz proveniente de las lunas tardaba más en llegar a nosotros cuanto más lejos estábamos de ellas. Sus medidas sobre las variaciones de las distancias de la Tierra a Júpiter no eran, sin embargo, demasiado buenas, y así estimó un valor para la velocidad de la luz de 225.000 kilómetros por segundo, comparado con el valor moderno de 300.000 kilómetros por segundo. No obstante, no sólo el logro de Roemer de probar que la luz viaja a una velocidad finita, sino también de medir esa velocidad, fue notable, sobre todo teniendo en cuenta que esto ocurría once años antes de que Newton publicara los *Principia mathematica*.

Una verdadera teoría de la propagación de la luz no surgió hasta 1865, en que el físico británico James Clerk Maxwell consiguió unificar con éxito las teorías parciales que hasta entonces se habían usado para definir las fuerzas de la electricidad y el magnetismo. Las ecuaciones de Maxwell predecían que podían existir perturbaciones de carácter ondulatorio del campo electromagnético combinado, y que éstas viajarían a velocidad constante, como las olas de una balsa. Si tales ondas poseen una longitud de onda (la distancia entre una cresta de onda y la siguiente) de un metro o más, constituyen lo que hoy en día llamamos ondas de radio. Aquellas con longitudes de onda menores se llaman microondas (unos pocos centímetros) o infrarrojas (más de una diezmilésima de centímetro). La luz visible tiene sólo una longitud de onda de entre cuarenta y ochenta millonésimas de centímetro. Las ondas con todavía menores longitudes se conocen como radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

La teoría de Maxwell predecía que tanto las ondas de radio como las luminosas deberían viajar a una velocidad fija determinada. La teoría de Newton se había desprendido, sin embargo, de un sistema de referencia absoluto, de tal forma que si se suponía que la luz viajaba a una cierta velocidad fija, había que especificar con respecto a qué sistema de referencia se medía dicha velocidad. Para que esto tuviera sentido, se sugirió la existencia de una sustancia llamada «éter» que estaba presente en todas partes, incluso en el espacio «vacío». Las ondas de luz debían viajar a través del éter al igual que las ondas de sonido lo hacen a través del aire, y sus velocidades deberían ser, por lo tanto, relativas al éter. Diferentes observadores, que se movieran con relación al éter, verían acercarse la luz con velocidades

distintas, pero la velocidad de la luz con respecto al éter permanecería fija. En particular, dado que la Tierra se movía a través del éter en su órbita alrededor del Sol, la velocidad de la luz medida en la dirección del movimiento de la Tierra a través del éter (cuando nos estuviéramos moviendo hacia la fuente luminosa) debería ser mayor que la velocidad de la luz en la dirección perpendicular a ese movimiento (cuando no nos estuviéramos moviendo hacia la fuente). En 1887, Albert Michelson (quien más tarde fue el primer norteamericano que recibió el premio Nobel de física) y Edward Morley llevaron a cabo un muy esmerado experimento en la Case School of Applied Science, de Cleveland. Ellos compararon la velocidad de la luz en la dirección del movimiento de la Tierra, con la velocidad de la luz en la dirección perpendicular a dicho movimiento. Para su sorpresa ¡encontraron que ambas velocidades eran exactamente iguales!

Entre 1887 y 1905, hubo diversos intentos, los más importantes debidos al físico holandés Hendrik Lorentz, de explicar el resultado del experimento de Michelson Morley en términos de contracción de los objetos o de retardo de los relojes cuando éstos se mueven a través del éter. Sin embargo, en 1905, en un famoso artículo Albert Einstein, hasta entonces un desconocido empleado de la oficina de patentes de Suiza, señaló que la idea del éter era totalmente innecesaria, con tal que se estuviera dispuesto a abandonar la idea de un tiempo absoluto. Una proposición similar fue realizada unas semanas después por un destacado matemático francés, Henri Poincaré. Los argumentos de Einstein tenían un carácter más físico que los de Poincaré, que había estudiado el problema desde un punto de vista puramente matemático. A Einstein se le reconoce como el creador de la nueva teoría, mientras que a Poincaré se le recuerda por haber dado su nombre a una parte importante de la teoría.

El postulado fundamental de la teoría de la relatividad, nombre de esta nueva teoría, era que las leyes de la ciencia deberían ser las mismas para todos los observadores en movimiento libre, independientemente de cual fuera su velocidad. Esto ya era cierto para las leyes de Newton, pero ahora se extendía la idea para incluir también la teoría de Maxwell y la velocidad de la luz: todos los observadores deberían medir la misma velocidad de la luz sin importar la rapidez con la que se estuvieran moviendo. Esta idea tan simple tiene algunas consecuencias extraordinarias. Quizás las más conocidas sean la equivalencia entre masa y energía, resumida en la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$ (en donde E es la energía, m, la masa y c, la

velocidad de la luz), y la ley de que ningún objeto puede viajar a una velocidad mayor que la de la luz. Debido a la equivalencia entre energía y masa, la energía que un objeto adquiere debido a su movimiento se añadirá a su masa, incrementándola. En otras palabras, cuanto mayor sea la velocidad de un objeto más difícil será aumentar su velocidad. Este efecto sólo es realmente significativo para objetos que se muevan a velocidades cercanas a la de la luz. Por ejemplo, a una velocidad de un 10 por 100 de la de la luz la masa de un objeto es sólo un 0,5 por 100 mayor de la normal, mientras que a un 90 por 100 de la velocidad de la luz la masa sería de más del doble de la normal. Cuando la velocidad de un objeto se aproxima a la velocidad de la luz, su masa aumenta cada vez más rápidamente, de forma que cuesta cada vez más y más energía acelerar el objeto un poco más. De hecho no puede alcanzar nunca la velocidad de la luz, porque entonces su masa habría llegado a ser infinita, y por la equivalencia entre masa y energía, habría costado una cantidad infinita de energía el poner al objeto en ese estado. Por esta razón, cualquier objeto normal está confinado por la relatividad a moverse siempre a velocidades menores que la de la luz. Sólo la luz, u otras ondas que no posean masa intrínseca, puede moverse a la velocidad de la luz.

Otra consecuencia igualmente notable de la relatividad es el modo en que ha revolucionado nuestras ideas acerca del espacio y del tiempo. En la teoría de Newton, si un pulso de luz es enviado de un lugar a otro, observadores diferentes estarían de acuerdo en el tiempo que duró el viaje (ya que el tiempo es un concepto absoluto), pero no siempre estarían de acuerdo en la distancia recorrida por la luz (ya que el espacio no es un concepto absoluto). Dado que la velocidad de la luz es simplemente la distancia recorrida dividida por el tiempo empleado, observadores diferentes medirán velocidades de la luz diferentes. En relatividad, por el contrario, todos los observadores deben estar de acuerdo en lo rápido que viaja la luz. Ellos continuarán, no obstante, sin estar de acuerdo en la distancia recorrida por la luz, por lo que ahora ellos también deberán discrepar en el tiempo empleado. (El tiempo empleado es, después de todo, igual al espacio recorrido, sobre el que los observadores no están de acuerdo, dividido por la velocidad de la luz, sobre la que los observadores sí están de acuerdo). En otras palabras, ¡la teoría de la relatividad acabó con la idea de un tiempo absoluto! Cada observador debe tener su propia medida del tiempo, que es la que registraría un reloj que se mueve junto a él, y relojes idénticos moviéndose con

observadores diferentes no tendrían por qué coincidir.

Cada observador podría usar un radar para así saber dónde y cuándo ocurrió cualquier suceso, mediante el envío de un pulso de luz o de ondas de radio. Parte del pulso se reflejará de vuelta en el suceso y el observador medirá el tiempo que transcurre hasta recibir el eco. Se dice que el tiempo del suceso es el tiempo medio entre el instante de emisión del pulso y el de recibimiento del eco. La distancia del suceso es igual a la mitad del tiempo transcurrido en el viaje completo de ida y vuelta, multiplicado por la velocidad de la luz. (Un suceso, en este sentido, es algo que tiene lugar en un punto específico del espacio y en un determinado instante de tiempo). Esta idea se muestra en la figura 2, que representa un ejemplo de un diagrama espacio-tiempo. Usando el procedimiento anterior, observadores en movimiento relativo entre sí asignarán tiempos y posiciones diferentes a un mismo suceso. Ninguna medida de cualquier observador particular es más correcta que la de cualquier otro observador, sino que todas son equivalentes y además están relacionadas entre sí. Cualquier observador puede calcular de forma precisa la posición y el tiempo que cualquier otro observador asignará a un determinado proceso, con tal de que sepa la velocidad relativa del otro observador.

Hoy en día, se usa este método para medir distancias con precisión, debido a que podemos medir con más exactitud tiempos que distancias. De hecho, el metro se define como la distancia recorrida por la luz en 0,000000003335640952 segundos, medidos por un reloj de cesio. (La razón por la que se elige este número en particular es porque corresponde a la definición histórica del metro, en términos de dos marcas existentes en una barra de platino concreta que se guarda en París). Igualmente, podemos usar una nueva y más conveniente unidad de longitud llamada segundo-luz. Esta se define simplemente como la distancia que recorre la luz en un segundo. En la teoría de la relatividad, se definen hoy en día las distancias en función de tiempos y de la velocidad de la luz, de manera que se desprende que cualquier observador medirá la misma velocidad de la luz (por definición, 1 metro por 0,000000003335640952 segundos). No hay necesidad de introducir la idea de un éter, cuya presencia de cualquier manera no puede ser detectada, como mostró el experimento de Michelson-Morley. La teoría de la relatividad nos fuerza, por el contrario, a cambiar nuestros conceptos de espacio y tiempo. Debemos aceptar que el tiempo no está completamente separado e

independiente del espacio, sino que por el contrario se combina con él para formar un objeto llamado espacio tiempo.

Space and Time

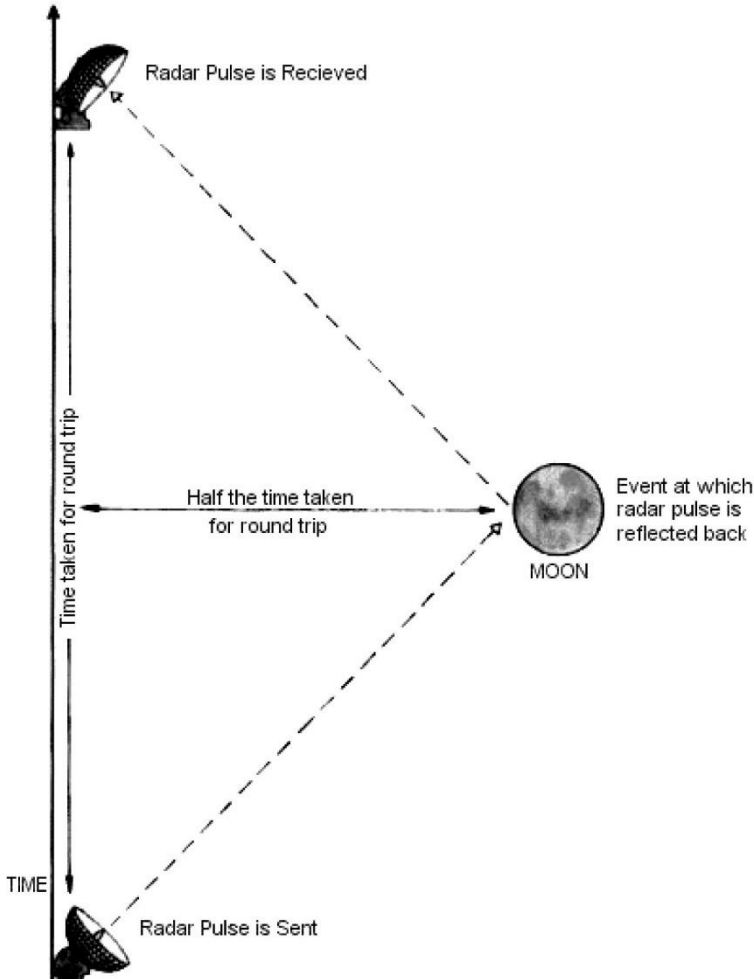


Figura 2. El tiempo se mide verticalmente y la distancia desde el observador se mide horizontalmente. El camino del observador a través del espacio y del tiempo corresponde a la línea vertical de la izquierda. Los caminos de los rayos de luz enviados y reflejados son las líneas diagonales

Por la experiencia ordinaria sabemos que se puede describir la posición de un punto en el espacio por tres números o coordenadas. Por ejemplo, uno puede decir que un punto dentro de una habitación está a tres metros de una pared, a un metro de la otra y a un metro y medio sobre el suelo. o uno podría especificar que un punto está a una cierta latitud y longitud y a una cierta altura sobre el nivel del mar. Uno tiene libertad para usar cualquier conjunto válido de coordenadas, aunque su utilidad pueda ser muy limitada. Nadie especificaría la posición de la Luna en función de los kilómetros que diste al norte y al oeste de Piccadilly Circus y del número de metros que esté sobre el nivel del mar. En vez de eso, uno podría describir la posición de la Luna en función de su distancia respecto al Sol, respecto al plano que contiene a las órbitas de los planetas y al ángulo formado entre la línea que une a la Luna y al Sol, y la línea que une al Sol y a alguna estrella cercana, tal como Alfa Centauro. Ni siquiera estas coordenadas serían de gran utilidad para describir la posición del Sol en nuestra galaxia, o la de nuestra galaxia en el grupo local de galaxias. De hecho, se puede describir el universo entero en términos de una colección de pedazos solapados. En cada pedazo, se puede usar un conjunto diferente de tres coordenadas para especificar la posición de cualquier punto.

Un suceso es algo que ocurre en un punto particular del espacio y en un instante específico de tiempo. Por ello, se puede describir por medio de cuatro números o coordenadas. La elección del sistema de coordenadas es de nuevo arbitraria; uno puede usar tres coordenadas espaciales cualesquiera bien definidas y una medida del tiempo. En relatividad, no existe una distinción real entre las coordenadas espaciales y la temporal, exactamente igual a como no hay ninguna diferencia real entre dos coordenadas espaciales cualesquiera. Se podría elegir un nuevo conjunto de coordenadas en el que, digamos, la primera coordenada espacial sea una combinación de la primera y la segunda coordenada antigua. Por ejemplo, en vez de medir la posición de un punto sobre la Tierra en kilómetros al norte de Piccadilly, y kilómetros al oeste de Piccadilly, se podría usar kilómetros al noroeste de Piccadilly y kilómetros al noroeste de Piccadilly. Similarmente, en relatividad, podría emplearse una nueva coordenada temporal que fuera igual a la coordenada temporal antigua (en segundos) más la distancia (en segundos luz) al norte de Piccadilly.

A menudo resulta útil pensar que las cuatro coordenadas de un suceso especifican su posición en un espacio cuatridimensional

llamado espacio-tiempo. Es imposible imaginar un espacio cuatridimensional. ¡Personalmente ya encuentro suficientemente difícil visualizar el espacio tridimensional! Sin embargo, resulta fácil dibujar diagramas de espacios bidimensionales, tales como la superficie de la Tierra. (La superficie terrestre es bidimensional porque la posición de un punto en ella puede ser especificada por medio de dos coordenadas, latitud y longitud). Generalmente usaré diagramas en los que el tiempo aumenta hacia arriba y una de las dimensiones espaciales se muestra horizontalmente. Las otras dos dimensiones espaciales son ignoradas o, algunas veces, una de ellas se indica en perspectiva. (Estos diagramas, como el que aparece en la figura 2, se llaman de espacio tiempo). Por ejemplo, en la figura 3 el tiempo se mide hacia arriba en años y la distancia (proyectada), a lo largo de la línea que va del Sol a Alfa Centauro, se mide horizontalmente en kilómetros. Los caminos del Sol y de Alfa Centauro, a través del espacio-tiempo, se representan por las líneas verticales a la izquierda y a la derecha del diagrama. Un rayo de luz del Sol sigue la línea diagonal y tarda cuatro años en ir del Sol a Alfa Centauro.

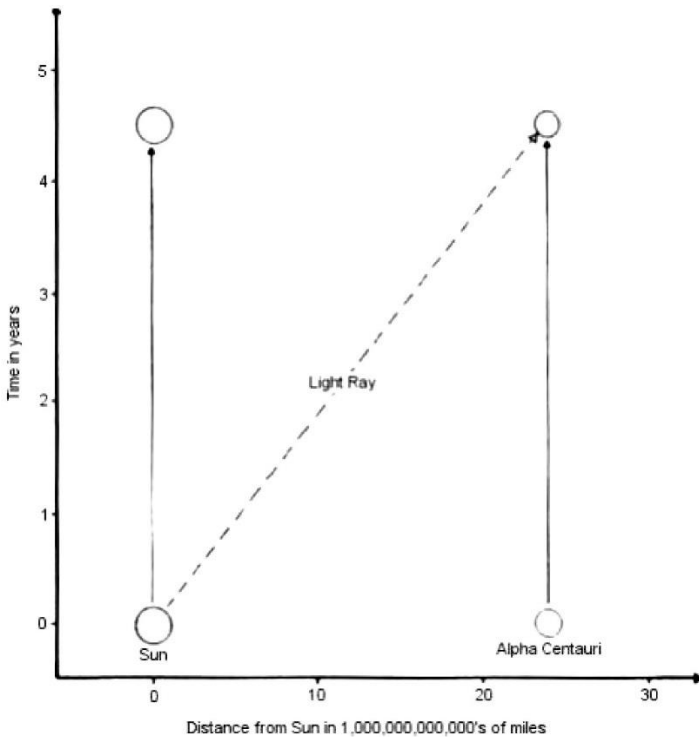


Figura 3

Como hemos visto, las ecuaciones de Maxwell predecían que la velocidad de la luz debería de ser la misma cualquiera que fuera la velocidad de la fuente, lo que ha sido confirmado por medidas muy precisas. De ello se desprende que si un pulso de luz es emitido en un instante concreto, en un punto particular del espacio, entonces, conforme va transcurriendo el tiempo, se irá extendiendo como una esfera de luz cuyo tamaño y posición son independientes de la velocidad de la fuente. Después de una millonésima de segundo la luz se habrá esparcido formando una esfera con un radio de 300 metros; después de dos millonésimas de segundo el radio será de 600 metros, y así sucesivamente. Será como las olas que se extienden sobre la superficie de un estanque cuando se lanza una piedra. Las olas se extienden como círculos que van aumentando de tamaño conforme pasa el tiempo. Si uno imagina un modelo tridimensional consistente en la superficie bidimensional del estanque y la dimensión temporal, las olas circulares que se expanden marcarán un cono cuyo vértice

estará en el lugar y tiempo en que la piedra golpeó el agua (figura 4). De manera similar, la luz, al expandirse desde un suceso dado, forma un cono tridimensional en el espacio-tiempo cuatridimensional. Dicho cono se conoce como el cono de luz futuro del suceso. De la misma forma, podemos dibujar otro cono, llamado el cono de luz pasado, el cual es el conjunto de sucesos desde los que un pulso de luz es capaz de alcanzar el suceso dado (figura 5).

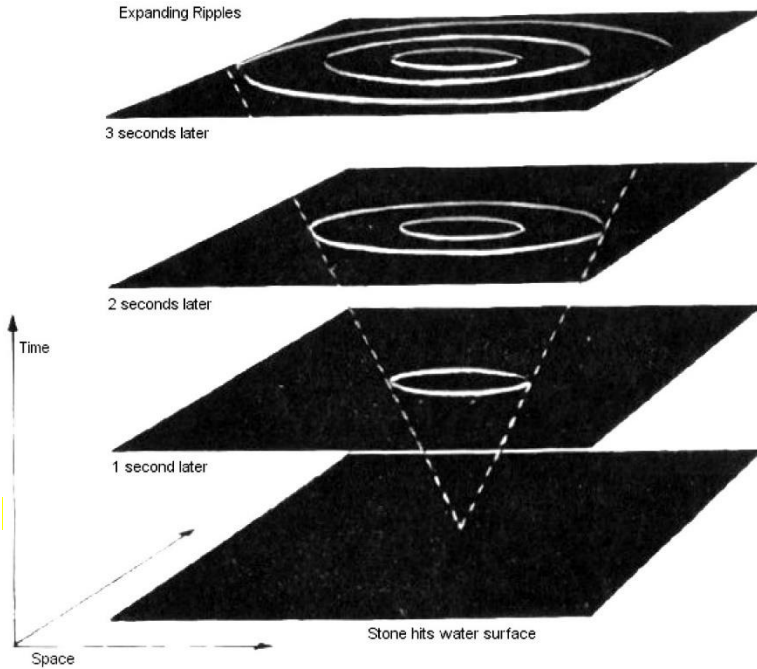


Figura 4

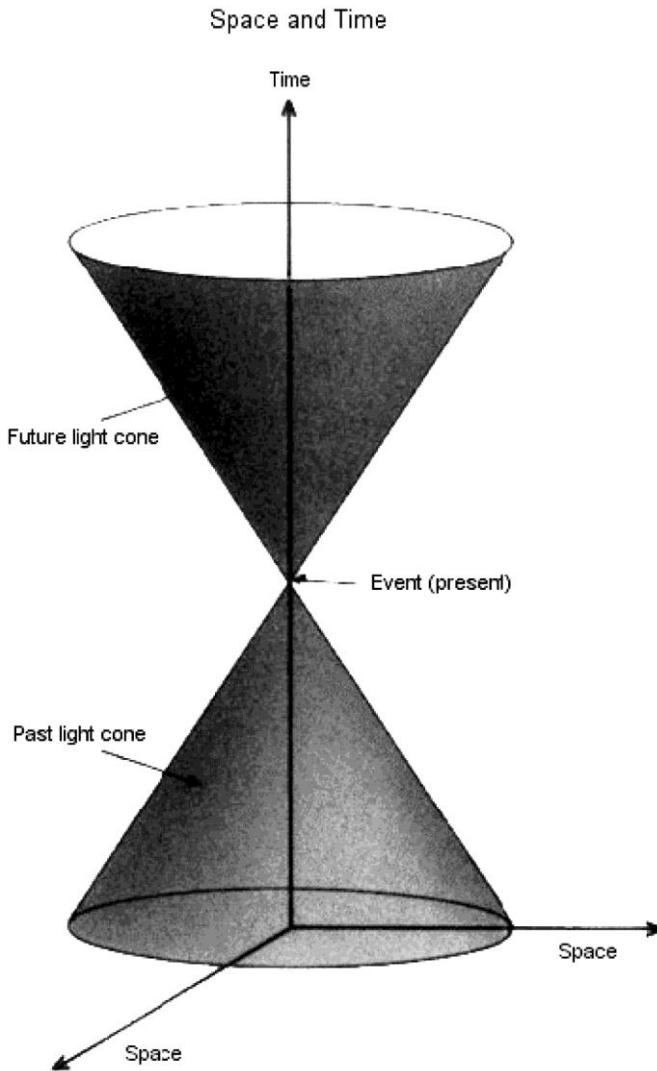


Figura 5

Los conos de luz futuro y pasado de un suceso P dividen al espacio-tiempo en tres regiones (figura 6). El futuro absoluto del suceso es la región interior del cono de luz futuro de P. Es el conjunto de todos los sucesos que pueden en principio ser afectados por lo que sucede en P. Sucesos fuera del cono de luz de P no pueden ser alcanzados

por señales provenientes de P , porque ninguna de ellas puede viajar más rápido que la luz. Estos sucesos no pueden, por tanto, ser influenciados por lo que sucede en P . El pasado absoluto de P es la región interna del cono de luz pasado. Es el conjunto de todos los sucesos desde los que las señales que viajan con velocidades iguales o menores que la de la luz, pueden alcanzar P . Es, por consiguiente, el conjunto de todos los sucesos que en un principio pueden afectar a lo que sucede en P . Si se conoce lo que sucede en un instante particular en todos los lugares de la región del espacio que cae dentro del cono de luz pasado de P , se puede predecir lo que sucederá en P . El “resto” es la región del espacio-tiempo que está fuera de los conos de luz futuro y pasado de P . Sucesos del resto no pueden ni afectar ni ser afectados por sucesos en P . Por ejemplo, si el Sol cesara de alumbrar en este mismo instante, ello no afectaría a las cosas de la Tierra en el tiempo presente porque estaría en la región del resto del suceso correspondiente a apagarse el Sol (figura 7). Sólo nos enteraríamos ocho minutos después, que es el tiempo que tarda la luz en alcanzarnos desde el Sol. Únicamente entonces estarían los sucesos de la Tierra en el cono de luz futuro del suceso en el que el Sol se apagó. De modo similar, no sabemos qué está sucediendo lejos de nosotros en el universo, en este instante: la luz que vemos de las galaxias distantes partió de ellas hace millones de años, y en el caso de los objetos más distantes observados, la luz partió hace unos ocho mil millones de años. Así, cuando miramos al universo, lo vemos tal como fue en el pasado.

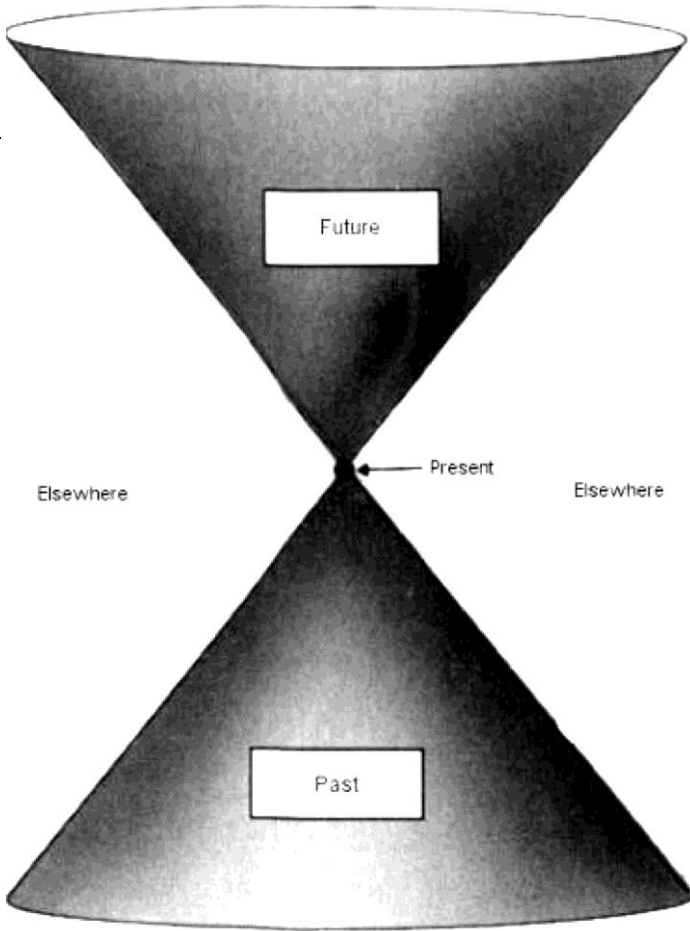


Figura 6

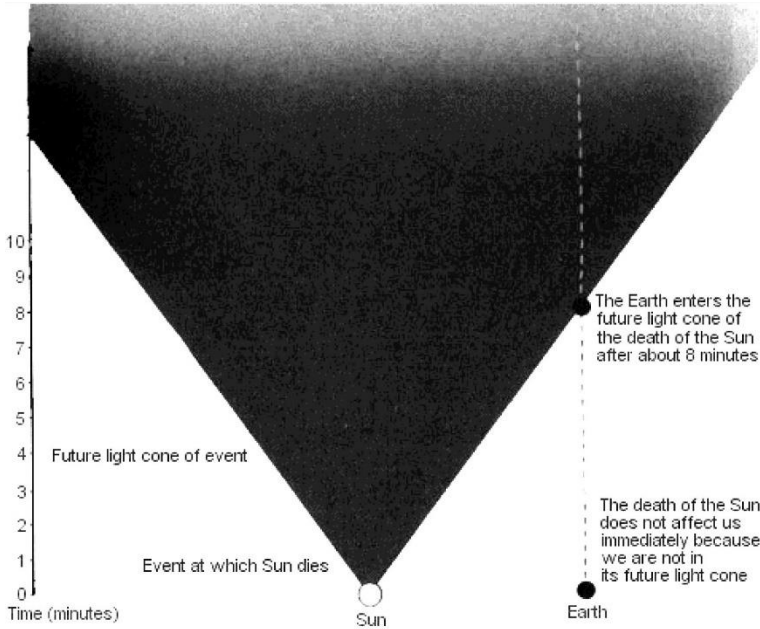


Figura 7

Si se ignoran los efectos gravitatorios, tal y como Einstein y Poincaré hicieron en 1905, uno tiene lo que se llama la teoría de la relatividad especial. Para cada suceso en el espacio-tiempo se puede construir un cono de luz (el conjunto de todos los posibles caminos luminosos en el espacio-tiempo emitidos en ese suceso) y dado que la velocidad de la luz es la misma para cada suceso y en cada dirección, todos los conos de luz serán idénticos y estarán orientados en 1 a misma dirección. La teoría también nos dice que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz. Esto significa que el camino de cualquier objeto a través del espacio y del tiempo debe estar representado por una línea que cae dentro del cono de luz de cualquier suceso en ella (figura 8).

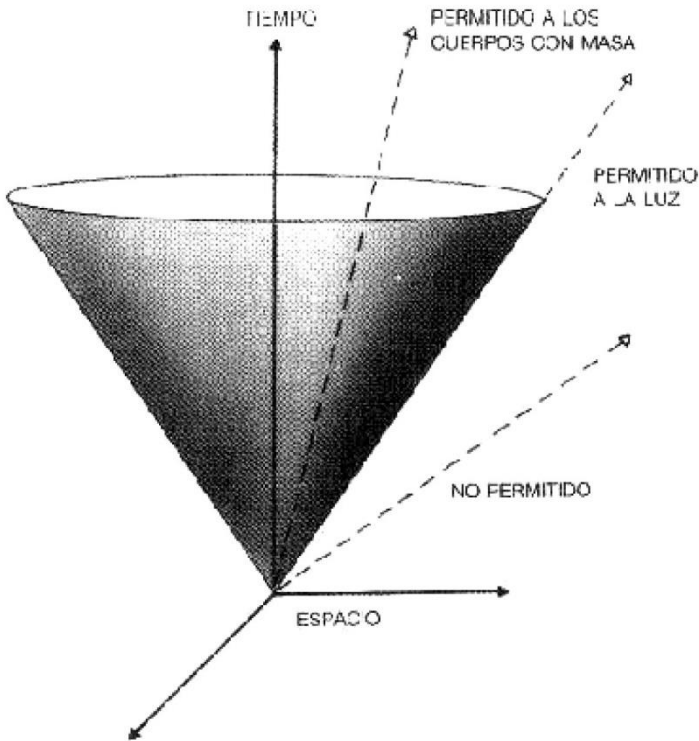


Figura 8

La teoría de la relatividad especial tuvo un gran éxito al explicar por qué la velocidad de la luz era la misma para todos los observadores (tal y como había mostrado el experimento de Michelson-Morley) y al describir adecuadamente lo que sucede cuando los objetos se mueven con velocidades cercanas a la de la luz. Sin embargo, la teoría era inconsistente con la teoría de la gravitación de Newton, que decía que los objetos se atraían mutuamente con una fuerza dependiente de la distancia entre ellos. Esto significaba que si uno movía uno de los objetos, la fuerza sobre el otro cambiaría instantáneamente. O en otras palabras, los efectos gravitatorios deberían viajar con velocidad infinita, en vez de con una velocidad igual o menor que la de la luz, como la teoría de la relatividad especial requería. Einstein realizó entre 1908 y 1914 varios intentos, sin éxito, para encontrar una teoría de la gravedad que fuera consistente con la relatividad especial. Finalmente, en 1915, propuso lo que hoy en día se conoce

como teoría de la relatividad general.

Einstein hizo la sugerencia revolucionaria de que la gravedad no es una fuerza como las otras, sino que es una consecuencia de que el espacio-tiempo no sea plano, como previamente se había supuesto: el espacio-tiempo está curvado, o “deformado”, por la distribución de masa y energía en él presente. Los cuerpos como la Tierra no están forzados a moverse en órbitas curvas por una fuerza llamada gravedad; en vez de esto, ellos siguen la trayectoria más parecida a una línea recta en un espacio curvo, es decir, lo que se conoce como una geodésico. Una geodésico es el camino más corto (o más largo) entre dos puntos cercanos. Por ejemplo, la superficie de la Tierra es un espacio curvo bidimensional. Las geodésicas en la Tierra se llaman círculos máximos, y son el camino más corto entre dos puntos (figura 9). Como la geodésica es el camino más corto entre dos aeropuertos cualesquiera, el navegante de líneas aéreas le dirá al piloto que vuele a lo largo de ella. En relatividad general, los cuerpos siguen siempre líneas rectas en el espacio-tiempo cuatridimensional; sin embargo, nos parece que se mueven a lo largo de trayectorias curvadas en nuestro espacio tridimensional. (Esto es como ver a un avión volando sobre un terreno montañoso. Aunque sigue una línea recta en el espacio tridimensional, su sombra seguirá un camino curvo en el suelo bidimensional).

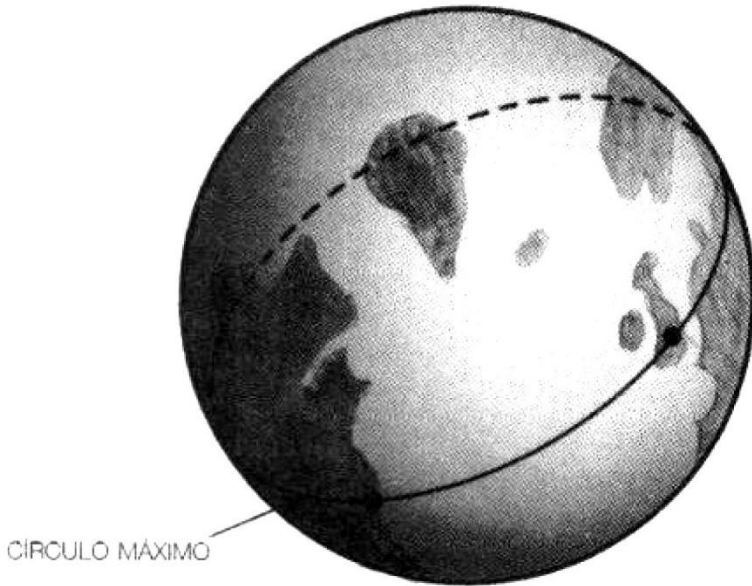


Figura 9

La masa del Sol curva el espacio-tiempo de tal modo que, a pesar de que la Tierra sigue un camino recto en el espacio-tiempo cuatridimensional, nos parece que se mueve en una órbita circular en el espacio tridimensional. De hecho, las órbitas de los planetas predichas por la relatividad general son casi exactamente las mismas que las predichas por la teoría de la gravedad newtoniana. Sin embargo, en el caso de Mercurio, que al ser el planeta más cercano al Sol sufre los efectos gravitatorios más fuertes y que, además, tiene una órbita bastante alargada, la relatividad general predice que el eje mayor de su elipse debería rotar alrededor del Sol a un ritmo de un grado por cada diez mil años. A pesar de lo pequeño de este efecto, ya había sido observado antes de 1915 y sirvió como una de las primeras confirmaciones de la teoría de Einstein. En los últimos años, incluso las desviaciones menores de las órbitas de los otros planetas respecto de las predicciones newtonianas han sido medidas por medio del radar, encontrándose que concuerdan con las predicciones de la relatividad general.

Los rayos de luz también deben seguir geodésicas en el espacio-tiempo. De nuevo, el hecho de que el espacio-tiempo sea curvo

significa que la luz ya no parece viajar en líneas rectas en el espacio. Así, la relatividad general predice que la luz debería ser desviada por los campos gravitatorios. Por ejemplo, la teoría predice que los conos de luz de puntos cercanos al Sol estarán torcidos hacia dentro, debido a la presencia de la masa del Sol. Esto quiere decir que la luz de una estrella distante, que pase cerca del Sol, será desviada un pequeño ángulo, con lo cual la estrella parecerá estar, para un observador en la Tierra, en una posición diferente a aquella en la que de hecho está (figura 10). Desde luego, si la luz de la estrella pasara siempre cerca del Sol, no seríamos capaces de distinguir si la luz era desviada sistemáticamente, o si, por el contrario, la estrella estaba realmente en la posición donde la vemos. Sin embargo, dado que la Tierra gira alrededor del Sol, diferentes estrellas parecen pasar por detrás del Sol y su luz es desviada. Cambian, así pues, su posición aparente con respecto a otras estrellas.

Normalmente es muy difícil apreciar este efecto, porque la luz del Sol hace imposible observar las estrellas que aparecen en el cielo cercanas a él. Sin embargo, es posible observarlo durante un eclipse solar, en el que la Luna se interpone entre la luz del Sol y la Tierra. Las predicciones de Einstein sobre las desviaciones de la luz no pudieron ser comprobadas inmediatamente, en 1915, a causa de la primera guerra mundial, y no fue posible hacerlo hasta 1919, en que una expedición británica, observando un eclipse desde África oriental, demostró que la luz era verdaderamente desviada por el Sol, justo como la teoría predecía. Esta comprobación de una teoría alemana por científicos británicos fue reconocida como un gran acto de reconciliación entre los dos países después de la guerra. Resulta irónico, que un examen posterior de las fotografías tomadas por aquella expedición mostrara que los errores cometidos eran tan grandes como el efecto que se trataba de medir. Sus medidas habían sido o un caso de suerte, o un caso de conocimiento del resultado que se quería obtener, lo que ocurre con relativa frecuencia en la ciencia. La desviación de la luz ha sido, no obstante, confirmada con precisión por numerosas observaciones posteriores.

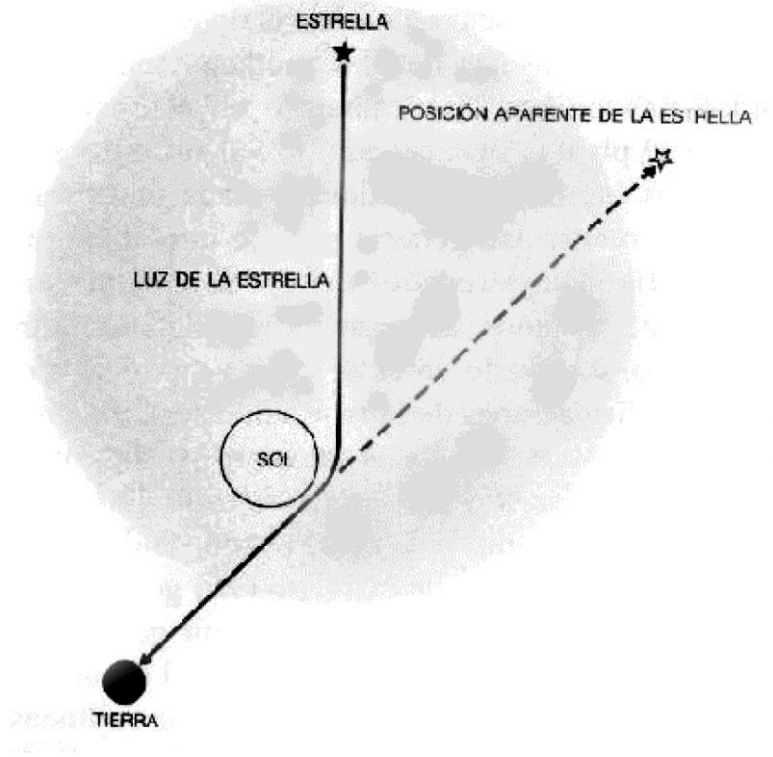


Figura 10

Otra predicción de la relatividad general es que el tiempo debería transcurrir más lentamente cerca de un cuerpo de gran masa como la Tierra. Ello se debe a que hay una relación entre la energía de la luz y su frecuencia (es decir, el número de ondas de luz por segundo): cuanto mayor es la energía, mayor es la frecuencia. Cuando la luz viaja hacia arriba en el campo gravitatorio terrestre, pierde energía y, por lo tanto, su frecuencia disminuye. (Esto significa que el período de tiempo entre una cresta de la onda y la siguiente aumenta.) A alguien situado arriba le parecería que todo lo que pasara abajo, en la Tierra, transcurriría más lentamente. Esta predicción fue comprobada en 1962, usándose un par de relojes muy precisos instalados en la parte superior e inferior de un depósito de agua. Se encontró que el de abajo, que estaba más cerca de la Tierra, iba más lento, de acuerdo exactamente con la relatividad general. La diferencia entre relojes a diferentes alturas de la Tierra es, hoy en día, de considerable

importancia práctica debido al uso de sistemas de navegación muy precisos, basados en señales provenientes de satélites. Si se ignoraran las predicciones de la relatividad general, ¡la posición que uno calcularía tendría un error de varios kilómetros!

Las leyes de Newton del movimiento acabaron con la idea de una posición absoluta en el espacio. La teoría de la relatividad elimina el concepto de un tiempo absoluto. Consideremos un par de gemelos. Supongamos que uno de ellos se va a vivir a la cima de una montaña, mientras que el otro permanece al nivel del mar. El primer gemelo envejecerá más rápidamente que el segundo. Así, si volvieran a encontrarse, uno sería más viejo que el otro. En este caso, la diferencia de edad sería muy pequeña, pero sería mucho mayor si uno de los gemelos se fuera de viaje en una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz. Cuando volviera, sería mucho más joven que el que se quedó en la Tierra. Esto se conoce como la paradoja de los gemelos, pero es sólo una paradoja si uno tiene siempre metida en la cabeza la idea de un tiempo absoluto. En la teoría de la relatividad no existe un tiempo absoluto único, sino que cada individuo posee su propia medida personal del tiempo, medida que depende de dónde está y de cómo se mueve.

Antes de 1915, se pensaba en el espacio y en el tiempo como si se tratara de un marco fijo en el que los acontecimientos tenían lugar, pero que no estaba afectado por lo que en él sucediera. Esto era cierto incluso en la teoría de la relatividad especial. Los cuerpos se movían, las fuerzas atraían y repelían, pero el tiempo y el espacio simplemente continuaban, sin ser afectados por nada. Era natural pensar que el espacio y el tiempo habían existido desde siempre.

La situación es, sin embargo, totalmente diferente en la teoría de la relatividad general. En ella, el espacio y el tiempo son cantidades dinámicas: cuando un cuerpo se mueve, o una fuerza actúa, afecta a la curvatura del espacio y del tiempo, y, en contrapartida, la estructura del espacio-tiempo afecta al modo en que los cuerpos se mueven y las fuerzas actúan. El espacio y el tiempo no sólo afectan, sino que también son afectados por todo aquello que sucede en el universo. De la misma manera que no se puede hablar acerca de los fenómenos del universo sin las nociones de espacio y tiempo, en relatividad general no tiene sentido hablar del espacio y del tiempo fuera de los límites del universo.

En las décadas siguientes al descubrimiento de la relatividad general,

estos nuevos conceptos de espacio y tiempo iban a revolucionar nuestra imagen del universo. La vieja idea de un universo esencialmente inalterable que podría haber existido, y que podría continuar existiendo por siempre, fue reemplazada por el concepto de un universo dinámico, en expansión, que parecía haber comenzado hace cierto tiempo finito, y que podría acabar en un tiempo finito en el futuro. Esa revolución es el objeto del siguiente capítulo. Y años después de haber tenido lugar, sería también el punto de arranque de mi trabajo en física teórica. Roger Penrose y yo mostramos cómo la teoría de la relatividad general de Einstein implicaba que el universo debía tener un principio y, posiblemente, un final.

MONOGRAFÍA DE COSMOLOGÍA

MONOGRAPH ON COSMOLOGY

Autobiografía y preguntas sobre cosmología

Autobiography and questions about cosmology

DEMANDADO 1-9-2025 REVISADO 8-9-2025 ACEPTADO 22-9-2025

Stephen Hawking

Gran Bretaña

Palabras claves: Autobiografía, origen de la vida, cosmología, universo

Key words: Autobiography origin of life, cosmology, universe

Resumen La gente siempre ha querido respuestas a las grandes preguntas. ¿De dónde venimos? ¿Cómo comenzó el universo? ¿Qué sentido y qué intencionalidad hay tras todo eso? ¿Hay alguien ahí afuera? Las antiguas narraciones sobre la creación nos parecen ahora menos relevantes y creíbles. Han sido reemplazadas por una variedad de lo que solo se puede considerar supersticiones, que van desde la *New age* hasta *Star trek*. Pero la ciencia real puede ser mucho más extraña, y mucho más satisfactoria, que la ciencia ficción.

Soy un científico. Y un científico con una profunda fascinación por la física, la cosmología, el universo y el futuro de la humanidad. Mis padres me educaron para tener una curiosidad inquebrantable y, al igual que mi padre, para investigar y tratar de responder a las muchas preguntas que la ciencia nos plantea. He pasado la vida viajando por el universo, en el interior de mi mente. Mediante la física teórica, he tratado de responder algunas de las grandes preguntas.

Abstract People have always wanted answers to the big questions. Where do we come from? How did the universe begin? What meaning and purpose is behind it all? Is there anyone out there? Ancient creation stories now seem less relevant and credible to us. They have been replaced by a variety of what can only be considered superstitions, ranging from New Age to Star Trek. But real science can be much stranger, and much more satisfying, than science fiction.

I am a scientist. And a scientist with a deep fascination for physics, cosmology, the universe, and the future of humanity. My parents raised me to have an unquenchable curiosity and, like my father, to investigate and try to answer the many questions that science poses. I have spent my life traveling through the universe, inside my mind. Through theoretical physics, I have tried to answer some of the big questions.

1Autobiografía y preguntas sobre cosmología

1.1 Por qué debemos hacernos importantes preguntas

La gente siempre ha querido respuestas a las grandes preguntas. ¿De dónde venimos? ¿Cómo comenzó el universo? ¿Qué sentido y qué intencionalidad hay tras todo eso? ¿Hay alguien ahí afuera? Las antiguas narraciones sobre la creación nos parecen ahora menos relevantes y creíbles. Han sido reemplazadas por una variedad de lo que solo se puede considerar supersticiones, que van desde la *New age* hasta *Star trek*. Pero la ciencia real puede ser mucho más extraña, y mucho más satisfactoria, que la ciencia ficción.

Soy un científico. Y un científico con una profunda fascinación por la física, la cosmología, el universo y el futuro de la humanidad. Mis padres me educaron para tener una curiosidad inquebrantable y, al igual que mi padre, para investigar y tratar de responder a las muchas preguntas que la ciencia nos plantea. He pasado la vida viajando por el universo, en el interior de mi mente. Mediante la física teórica, he tratado de responder algunas de las grandes preguntas. En un cierto momento, creí que vería el final de la física, tal como la conocemos, pero ahora creo que la maravilla de descubrir continuará mucho después de que me haya ido. Estamos cerca de algunas de esas respuestas, pero todavía no las tenemos. El problema es que la mayoría de la gente cree que la ciencia real es demasiado difícil y complicada para que la puedan entender. No creo sin embargo que este sea el caso. Investigar sobre las leyes fundamentales que rigen el universo requeriría una dedicación de tiempo que la mayoría de la gente no tiene; el mundo pronto se detendría si todos intentáramos hacer física teórica. Pero la mayoría de personas pueden comprender y apreciar las ideas básicas, si son presentadas de forma clara sin ecuaciones, cosa que creo que es posible y que he disfrutado tratando de hacer a lo largo de mi vida. Ha sido una época gloriosa para vivir e investigar en física teórica. Nuestra imagen del universo ha cambiado mucho en los últimos cincuenta años, y me siento feliz si he

contribuido en algo a ello. Una de las grandes revelaciones de la era espacial ha sido la perspectiva que nos ha proporcionado sobre la humanidad. Cuando contemplamos la Tierra desde el espacio, nos vemos a nosotros mismos como un todo. Vemos nuestra unidad y no nuestras divisiones. Es una imagen simple con un mensaje cautivador: un solo planeta, una sola especie humana.

Quiero sumar mi voz a la de aquellos que reclaman una acción inmediata sobre los desafíos clave de nuestra comunidad global. Espero que en el futuro, incluso cuando yo ya no esté, las personas con poder puedan mostrar creatividad, coraje y liderazgo. Dejémosles ponerse al nivel del desafío de los objetivos de desarrollo sostenible, y actuar no por su propio interés sino por el interés común. Soy muy consciente de cuán precioso es el valor del tiempo. Aprovechemos cada momento. Actuemos ahora mismo.

1.2 Autobiografía

Ya he escrito anteriormente sobre mi vida pero cuando pienso en mi fascinación de siempre por las grandes preguntas creo que vale la pena repetir algunas de mis experiencias tempranas.

Nací exactamente trescientos años después de la muerte de Galileo, y me gustaría creer que esa coincidencia ha influido en cómo ha sido mi vida científica. Sin embargo, estimo que otros doscientos mil bebés nacieron aquel mismo día. No sé si alguno de ellos se interesó posteriormente por la astronomía.

Crecí en una casa victoriana alta y estrecha en Highgate, en Londres, que mis padres compraron a bajo precio durante la segunda guerra mundial, cuando todos pensaban que Londres iba a quedar arrasada por los bombardeos. De hecho, un cohete V2 fue a caer a una casa poco más allá de la nuestra. En ese momento yo estaba lejos, con mi madre y mi hermana, y afortunadamente mi padre no resultó herido. Durante años, en el sitio de la bomba quedó un gran espacio vacío, en el que solía jugar con mi amigo Howard. Investigamos los resultados de la explosión con la misma curiosidad que ha impulsado mi vida entera.

En 1950, el lugar de trabajo de mi padre se trasladó al extremo norte de Londres, al nuevo Instituto Nacional de Investigación Médica recién construido en Mill Hill, por lo que mi familia se mudó a sus cercanías, a la ciudad catedralicia de Saint Albans. Me enviaron a la

escuela secundaria para niñas, que a pesar de su nombre admitía niños de hasta diez años de edad. Más tarde fui a la escuela de Saint Albans. Nunca llegué más allá de la mitad de la clase —era una clase muy brillante— pero mis compañeros me pusieron el apodo de Einstein, así que presumiblemente vieron en mí signos de algo mejor. Cuando tenía doce años uno de mis amigos le apostó a otro una bolsa de caramelos a que nunca llegaría a nada.

En Saint Albans tenía seis o siete amigos íntimos, y recuerdo haber mantenido con ellos largas discusiones y debates, sobre todo, desde modelos controlados por radio hasta la religión. Uno de nuestros grandes temas de discusión era el origen del universo, y si hace falta un Dios para crearlo y ponerlo en marcha. Había oído que la luz de las galaxias distantes se desplazaba hacia el extremo rojo del espectro y se suponía que esto indicaba que el universo se estaba expandiendo. Pero estaba seguro de que debía haber alguna otra explicación para ese desplazamiento hacia el rojo. ¿Tal vez la luz se cansaba y enrojecía en su camino hacia nosotros? Un universo esencialmente inmutable y eterno me parecía mucho más natural.

(Fue solo años más tarde, tras el descubrimiento de la radiación cósmica de fondo de microondas, transcurridos ya dos años de mi investigación de doctorado, que reconocí que me había equivocado). Siempre me interesó mucho el funcionamiento de las cosas, y solía desmontarlas para ver cómo funcionaban, pero no era tan bueno para volver a armarlas. Mis habilidades prácticas nunca igualaron mis cualidades teóricas. Mi padre alentó mi interés por la ciencia e insistía en que yo fuera a Oxford o Cambridge. Él mismo había ido al University College de Oxford, así que pensó que debería presentarme allí. En aquel momento, el University College no tenía ningún catedrático de matemáticas, así que no me quedaba otra opción que pedir una beca en ciencias naturales. Me sorprendió conseguirla.

La actitud predominante en Oxford en aquel momento era muy anti trabajo. Se suponía que debías ser brillante sin esfuerzo, o aceptar tus limitaciones y resignarte a una nota mínima. Yo lo tomé como una invitación a trabajar muy poco. No me siento orgulloso de ello, solo estoy describiendo mi actitud en aquel tiempo, compartida por la mayoría de mis compañeros. Uno de los resultados de mi enfermedad fue cambiar todo aquello. Cuando te enfrentas a la posibilidad de una muerte temprana, te das cuenta de que hay muchas cosas que quieres hacer antes de que tu vida termine. Como había trabajado tan poco, planeé pasar el examen final evitando las preguntas

que requiriesen algún conocimiento de los hechos, centrándome, en cambio, en problemas de física teórica.

Pero la noche anterior no dormí y el examen no me fue muy bien. Estaba en la frontera entre un sobresaliente y un notable, y tuve que ser entrevistado por los examinadores para determinar qué nota me asignaban. En la entrevista me preguntaron por mis planes futuros. Respondí que quería hacer investigación. Si me concedían un sobresaliente, iría a Cambridge. Si solo me daban un notable, me quedaría en Oxford. Me dieron un sobresaliente.

En las largas vacaciones posteriores a mi examen final, la universidad ofreció una serie de pequeñas becas de viaje. Pensé que mis posibilidades de obtener una serían mayores cuanto más lejos me propusiera ir, y dije que quería ir a Irán. Partí en el verano de 1962, en tren hasta Estambul, luego a Erzurum en el este de Turquía, luego a Tabriz, Teheran, Isfahán, Shiraz y Persépolis, la capital de los antiguos reyes persas. De regreso a casa, yo y mi compañero de viaje, Richard Chiin, quedamos atrapados en el gran terremoto de Bouin-Zahra, de 7,1 grados en la escala Richter, que mató a más de doce mil personas. Debí haber estado cerca del epicentro, pero no lo sabía porque estaba enfermo y en un autobús que iba dando tumbos por las carreteras iraníes, que entonces tenían muchos baches.

Pasamos los siguientes días en Tabriz, mientras me recuperaba de una grave disentería y de una costilla que me rompí al ser arrojado contra el asiento de enfrente en el autobús, desconociendo todavía la magnitud del desastre, porque no hablábamos farsi. Hasta que llegamos a Estambul no supimos qué había pasado. Envié una postal a mis padres, que habían estado esperando ansiosamente diez días, porque la última vez que nos comunicamos yo estaba saliendo de Teheran hacia la región del desastre en el día del terremoto. A pesar del seísmo, tengo muy buenos recuerdos de mis días en Irán. Una curiosidad intensa por el mundo puede ponernos en peligro, pero para mí esta fue probablemente la única vez en mi vida que esto ha sido cierto.

En octubre de 1962, cuando llegué a Cambridge, al Departamento de Matemáticas y Física Teórica, tenía veinte años. Había solicitado trabajar con Fred Hoyle, el astrónomo británico más famoso de la época. Digo astrónomo, porque entonces la cosmología apenas era reconocida como un campo legítimo de investigación. Sin embargo, Hoyle ya tenía suficientes estudiantes, así que con gran decepción

mía fui asignado a Dennis Sciama, de quien no había oído hablar. Pero de hecho fue bueno no haber sido estudiante de Hoyle, porque me habría arrastrado a tener que defender su teoría del estado estacionario, cosa que hubiera resultado más difícil que negociar el Brexit. Comencé mi trabajo leyendo viejos libros de texto sobre relatividad general, atraído como siempre por las preguntas más importantes.

Como algunos de ustedes pueden haber visto en la película en la que Eddie Redmayne interpreta una versión particularmente favorecedora de mí, en mi tercer año en Oxford noté que parecía ir volviéndome más torpe. Me caí una o dos veces sin poder entender por qué, y noté que ya no podía remar apropiadamente. Se hizo evidente que algo no iba del todo bien, y no me gustó nada que un médico me dijera que dejara la cerveza.

El invierno después de llegar a Cambridge fue muy frío. Estaba en casa por las vacaciones de Navidad, cuando mi madre me convenció de ir a patinar al lago de Saint Albans, aunque yo sabía que no estaba preparado para eso. Me caí y tuve grandes dificultades para reincorporarme. Mi madre se dio cuenta de que algo iba mal y me llevó al médico.

Pasé semanas en el hospital de St Bartholomew, donde me hicieron muchas pruebas. Era 1962, y las pruebas fueron algo más primitivas de lo que son ahora. Me tomaron una muestra de músculo del brazo, me clavaron electrodos y me inyectaron en la columna vertebral un fluido opaco a las radiaciones que los doctores observaron con rayos X cómo subía y bajaba al inclinar la cama. En realidad, nunca me dijeron qué era lo que fallaba, pero adiviné lo suficiente como para concluir que era algo bastante grave, así que no lo quería preguntar. Deduje de las conversaciones de los doctores que, fuera lo que fuera “eso”, solo empeoraría y no había nada que pudieran hacer, excepto darme vitaminas. De hecho, el doctor que realizó las pruebas se desentendió de mí y nunca lo volví a ver. Se dio cuenta de que no había nada que pudiera hacer por mí.

En algún momento, debí enterarme de que el diagnóstico era esclerosis lateral amiotrófica (ELA), un tipo de enfermedad motora neuronal en que las células nerviosas del cerebro y de la médula espinal se atrofian y luego se cicatrizan o se endurecen. También me enteré de que las personas con esta enfermedad pierden gradualmente la capacidad de controlar sus movimientos, de hablar, de comer y finalmente de respirar.

Mi enfermedad parecía progresar rápidamente. Como es comprensible, me deprimí, ya que no veía qué sentido tenía continuar investigando en mi doctorado si ni tan solo sabía si llegaría a vivir lo suficiente para terminarlo. Pero la progresión se ralentizó y sentí un renovado entusiasmo por mi trabajo. Después de que mis expectativas se hubieran reducido a cero, cada nuevo día se convirtió en una propina y empecé a apreciar todo lo que tenía. Mientras hay vida, hay esperanza.

Y, por supuesto, también había una chica llamada Jane, a quien había conocido en una fiesta. Estaba muy decidida a que juntos pudiéramos luchar contra mi condición. Su confianza me esperanzó. Comprometerme con ella levantó mi ánimo y me di cuenta de que si nos casáramos debería conseguir un trabajo y terminar mi doctorado. Y como siempre, las grandes preguntas me estaban impulsando. Comencé a trabajar duro y lo disfruté.

Para mantenerme durante mis estudios, solicité una beca de investigación en el College Gonville y Caius. Para mi gran sorpresa, fui elegido y he sido miembro de honor del Caius desde entonces. Ser nombrado miembro honorario fue un punto de inflexión en mi vida. Significaba que podía continuar mi investigación a pesar de mi creciente discapacidad. También significaba que Jane y yo podríamos casarnos, lo cual hicimos en julio de 1965. Nuestro primer hijo, Robert, nació dos años después de que nos casáramos. Nuestra segunda hija, Lucy, nació unos tres años después. Nuestro tercer hijo, Timothy, nacería en 1979.

Como padre, traté de inculcar la importancia de hacer siempre preguntas. Una vez, en una entrevista, mi hijo Tim contó que en un cierto momento le preocupó que una pregunta que se planteaba fuera un poco tonta. Quería saber si había muchos otros universos diminutos esparcidos. Yo le dije que nunca tuviera miedo de proponer una idea o una hipótesis, por muy tonta (son sus palabras, no las mías) que pudiera parecer.

1.3 Pregunta cosmológica

La gran pregunta en cosmología a principios de la década de 1960 era si el universo tuvo un comienzo. Muchos científicos se oponían instintivamente a esa idea, porque creían que un punto de creación sería un lugar donde la ciencia dejaría de valer. Uno debería apelar a la religión y a la mano de Dios para determinar cómo comenzó el

universo. Esto era claramente una pregunta fundamental, y era justo lo que yo necesitaba para completar mi tesis de doctorado.

Roger Penrose había demostrado que una vez que una estrella moribunda se ha contraído a un cierto radio, evolucionará inevitablemente hasta una singularidad, un punto donde el espacio y el tiempo llegarían a su fin. Por lo tanto, pensé, ya sabíamos con seguridad que nada podría evitar que una estrella fría masiva se colapsara bajo su propia gravedad hasta alcanzar una singularidad de densidad infinita. Me di cuenta de que argumentos similares podrían aplicarse a la expansión del universo. En este caso, pude demostrar que había singularidades donde comenzó el espacio tiempo.

Un momento eureka llegó en 1970, unos días después del nacimiento de mi hija Lucy. Mientras me metía en la cama un anochecer, cosa que mi discapacidad convertía en un proceso muy lento, me di cuenta de que podría aplicar a los agujeros negros la teoría de la estructura causal que había desarrollado para los teoremas de singularidad. Si la relatividad general es correcta y si la densidad de energía es positiva, el área de la superficie del horizonte de sucesos —el borde de un agujero negro— tiene la propiedad de que siempre aumenta cuando materia o radiación adicionales caen en él. Además, si dos agujeros negros chocan y se fusionan en un único agujero negro, el área del horizonte de sucesos del agujero negro resultante debe ser mayor que la suma de las áreas de los horizontes de sucesos de los agujeros negros originales.

Fue una Edad de Oro, en la que resolvimos la mayoría de los principales problemas en la teoría de los agujeros negros incluso antes de que hubiera evidencia observacional alguna de ellos. De hecho, teníamos tanto éxito con la teoría general clásica de la relatividad que, en 1973, después de la publicación con George Ellis de nuestro libro *La estructura del espacio-tiempo a gran escala*, me sentí sin saber qué hacer. Mi trabajo con Penrose había demostrado que la relatividad general dejaba de ser válida en singularidades; así pues, el siguiente paso obvio sería combinar la relatividad general —la teoría de lo muy grande— con la teoría cuántica —la teoría de lo muy pequeño—. En particular, me preguntaba si podría haber átomos cuyo núcleo fuera un pequeño agujero negro primordial, formado en el universo temprano. Mis investigaciones revelaron una relación profunda e insospechada hasta entonces entre la gravedad y la termodinámica, la ciencia del calor, y resolvieron una paradoja que había sido debatida infructuosamente durante treinta años: la radiación

remanente de un agujero negro que se contrae, ¿cómo se podría llevar toda la información sobre el agujero negro? Descubrí que la información no se pierde, pero no se recupera de manera útil: es como quemar una enciclopedia, pero reteniendo el humo y las cenizas.

Para responder esa pregunta, estudié cómo los campos cuánticos o las partículas serían dispersados al chocar con un agujero negro. Esperaba que una parte de la onda incidente sería absorbida y la parte restante dispersada. Pero con gran sorpresa hallé que parecía que también el propio agujero negro emitía. Al principio, creí que eso era un error de mis cálculos. Sin embargo, lo que me persuadió de que era real fue que dicha emisión era exactamente la que se necesitaba para identificar el área del horizonte de sucesos del agujero negro con su entropía. Dicha entropía, una medida del desorden de un sistema, se resume en la siguiente fórmula sencilla que expresa la entropía

$$S = \frac{Akc^3}{4Gh}$$

en función del área A del horizonte y de tres constantes fundamentales de la naturaleza, c , la velocidad de la luz, G , la constante de Newton de la gravitación, y h la constante de Planck. La emisión de dicha radiación térmica por parte del agujero negro se denomina ahora radiación de Hawking y me siento orgulloso de haberla descubierto. En 1974, fui elegido miembro de la Royal Society. Mi elección constituyó una sorpresa para los miembros de mi departamento porque yo era muy joven y tan solo un simple ayudante de investigación. Pero al cabo de tres años me ascendieron a profesor. Mi trabajo sobre agujeros negros me dio la esperanza de descubrir una teoría del todo, y esa búsqueda me mantuvo en marcha.

El mismo año, mi amigo Kip Thorne nos invitó, a nosotros y a otros que trabajaban en relatividad general, al Instituto de Tecnología de California (Caltech). En los últimos cuatro años, había estado usando una silla de ruedas manual y un triciclo eléctrico azul, que se movía con la lentitud de una bicicleta y en el que a veces transportaba pasajeros ilegalmente. Cuando fuimos a California, nos alojamos en una casa de estilo colonial propiedad del Caltech cerca del campus y allí utilicé por primera vez una silla de ruedas eléctrica. Eso me otorgó un grado considerable de independencia, especialmente gracias a que en Estados Unidos los edificios y las aceras son mucho más

accesibles para los discapacitados que en Gran Bretaña.

Cuando volvimos del Caltech en 1975, al principio me sentí bastante bajo de moral. Todo me parecía provinciano y restringido en comparación con la actitud de “sí se puede” que hay en América. En aquel momento, el paisaje estaba lleno de árboles muertos por la epidemia del olmo holandés y el país estaba asolado por las huelgas. Sin embargo, mi ánimo mejoró cuando vi el éxito de mi trabajo y cuando fui elegido, en 1979, para la Cátedra Lucasiana de Matemáticas, un cargo que había sido ocupado por sir Isaac Newton y por Paul Dirac.

Durante la década de 1970, había estado trabajando principalmente en agujeros negros pero mi interés en la cosmología se renovó con las sugerencias de que el universo primitivo había pasado por un período de rápida expansión inflacionaria durante la cual su tamaño creció a un ritmo cada vez mayor, tal como los precios han aumentado desde el Brexit. También pasé un tiempo trabajando con Jim Hartle, explorando la teoría del nacimiento del universo que denominamos “de ausencia de fronteras”.

A principios de los años ochenta, mi salud continuó empeorando, y sufrí ataques de asfixia prolongados porque mi laringe se iba debilitando y dejaba pasar comida a los pulmones. En 1985, en un viaje al CERN, el Centro Europeo de Investigación Nuclear, en Suiza, contraí una neumonía. Aquel momento cambió mi vida. Me llevaron con urgencia al Hospital Cantonal de Lucerna y me pusieron respiración asistida. Los doctores sugirieron a Jane que las cosas habían llegado a un punto en que ya nada se podía hacer y le sugirieron apagar el ventilador y terminar mi vida. Pero Jane se negó y ordenó que me trasladaran al Hospital Addenbrooke, en Cambridge, en ambulancia aérea.

Como pueden imaginar, fue una época muy difícil, pero afortunadamente los doctores en Addenbrooke hicieron todo lo posible para devolverme a mi estado anterior a la visita a Suiza. Sin embargo, como mi laringe aún dejaba pasar comida y saliva a los pulmones, tuvieron que realizarme una traqueotomía. Como la mayoría de ustedes sabrá, una traqueotomía elimina la capacidad de hablar. La voz es muy importante. Si se arrastra, como la mía, la gente puede pensar que eres mentalmente deficiente y te trate en consecuencia. Antes de la traqueotomía mi discurso era tan indistinto que solo las personas que me conocían bien podían entenderme. Mis hijos eran de los pocos que lo conseguían. Durante un tiempo tras la traqueotomía, la única forma en que podía comunicarme era ir formando

palabras, letra a letra, levantando las cejas cuando alguien señalaba la letra correcta en un abecedario.

Afortunadamente, un experto en informática de California llamado Walt Woltoz se enteró de mis dificultades y me envió un programa de ordenador que había escrito llamado *Ecualizador*. Esto me permitió seleccionar palabras completas de una serie de menús en la pantalla del ordenador de mi silla de ruedas, presionando un botón con la mano. Desde entonces, el sistema se ha desarrollado mucho. Hoy uso un programa llamado Acats, desarrollado por Intel, que controlo con un pequeño sensor en mis gafas mediante movimientos de mis mejillas. Tiene un teléfono móvil, que me da acceso a Internet. Puedo afirmar que soy la persona más conectada del mundo. Sin embargo, para hablar he mantenido el programa Sintetizador original, en parte porque no he escuchado ninguno con mejor fraseo, y en parte porque ahora me identifico con su voz, a pesar de su acento americano.

La idea de escribir un libro de divulgación sobre el universo me vino en 1982, en la época de mi trabajo en la teoría de la ausencia de fronteras. Pensé que me permitiría ganar una cantidad modesta para ayudar a los gastos escolares de mis hijos y a los crecientes costos de mi cuidado, pero la razón principal era que quería explicar cuanto creía haber avanzado en nuestra comprensión del universo: cuán cerca podríamos estar de encontrar una teoría completa que describa el universo y todo lo que contiene. No solo es importante hacer preguntas y encontrar las respuestas: como científico me sentía obligado a comunicar a la gente lo que estábamos aprendiendo.

Apropiadamente, *Historia del tiempo* se publicó por primera vez el Día de los Inocentes (primero de abril) de 1988. De hecho, originalmente el libro debía llamarse *Del Big Bang a los agujeros negros. Historia del tiempo*. El título se acortó y el resto es historia. Nunca esperé que *Historia del tiempo* tuviera tanto éxito como tuvo. Sin duda, la historia de interés humano de cómo he logrado llegar a ser un físico teórico y un autor superventas a pesar de mi discapacidad ha ayudado. No todos han podido llegar a terminarlo ni han entendido todo lo que leen, pero al menos han lidiado con una de las grandes preguntas de nuestra existencia y captaron la idea de que vivimos en un universo gobernado por leyes racionales que, a través de la ciencia, podemos descubrir y comprender.

Para mis colegas, solo soy otro físico, pero para el público en general me convertí posiblemente en el científico más conocido del mundo.

Esto se debe en parte a que los científicos, salvo Einstein, no son tan conocidos como las estrellas de rock, y en parte porque encajo en el estereotipo de un genio discapacitado. No puedo disfrazarme con una peluca y gafas oscuras; la silla de ruedas me delata. Ser famoso y fácilmente reconocible tiene ventajas e inconvenientes, pero los inconvenientes son más que superados por las ventajas. La gente parece realmente complacida de verme. Incluso tuve la audiencia más amplia de mi vida cuando hice de presentador de los Juegos Paralímpicos de Londres en 2012.

He tenido una vida extraordinaria en este planeta, mientras que, al mismo tiempo, he viajado por el universo mediante mi mente y las leyes de la física. He estado en los confines más lejanos de nuestra galaxia, he viajado a agujeros negros y he regresado al principio de los tiempos. En la Tierra, he experimentado altibajos, turbulencia y paz, éxito y sufrimiento, he sido rico y pobre, capaz y discapacitado. Me han elogiado y criticado, pero nunca me han ignorado. Me he sentido enormemente privilegiado de poder contribuir, con mi trabajo, a nuestra comprensión del universo. Pero sería un universo vacío, si no fuera por las personas que amo y que me aman. Sin ellas, la maravilla de todo se habría perdido para mí.

Y al final de todo esto, el hecho de que los humanos, que al fin y al cabo somos conjuntos de partículas fundamentales de la naturaleza, hayamos podido alcanzar una cierta comprensión de las leyes que gobiernan el universo y a nosotros mismos, es un gran triunfo. Quiero compartir mi emoción sobre esas grandes preguntas y mi entusiasmo sobre esa búsqueda.

1.4 ¿Cuál era su sueño cuando era un niño, y hasta qué punto se ha realizado?

Quería ser un gran científico. Sin embargo, en la escuela no era muy buen estudiante y raramente me hallaba en la primera mitad de mi clase. Mi trabajo era bastante deficiente y mi escritura poco aseada. Pero en la escuela tenía buenos amigos y hablábamos de todo y, en especial, sobre el origen del universo. Aquí es donde empezó mi sueño, y he tenido la suerte de que se ha realizado.

Espero que algún día lleguemos a saber las respuestas a todas esas preguntas. Pero hay otros desafíos, otras grandes preguntas en el planeta que deben ser respondidas, y estas también necesitan una nueva generación interesada, comprometida y que comprenda bien

la ciencia. ¿Cómo alimentar a una población en constante crecimiento, proporcionar agua limpia, generar energía renovable, prevenir y curar enfermedades, y frenar el cambio climático global? Espero que la ciencia y la tecnología proporcionen las respuestas a esas preguntas, pero hará falta gente con conocimiento y comprensión para implementar esas soluciones. Debemos luchar para que cada mujer y cada hombre tengan la oportunidad de vivir vidas sanas y seguras, con oportunidades y amor. Todos somos viajeros en el tiempo, viajamos juntos hacia el futuro. Trabajemos unidos para construir ese futuro, un lugar que nos guste visitar. Seamos valientes, curiosos, decididos, superemos las dificultades. Se puede conseguir

2 ¿Cómo empezó todo?

Hamlet dijo: “Podría estar encerrado en una cáscara de nuez y considerarme rey de un espacio infinito”. Creo que lo que quería decir es que, aunque los humanos somos físicamente muy limitados, particularmente en mi propio caso, nuestras mentes son libres de explorar todo el universo y de ir con valentía incluso hasta donde Star trek teme pisar. ¿Es el universo realmente infinito, o tan solo muy grande? ¿Tuvo un comienzo? ¿Durará siempre más o solo mucho tiempo? ¿Cómo pueden nuestras mentes finitas comprender un universo infinito? ¿No resulta pretencioso incluso el hecho de intentarlo?

A riesgo de incurrir en el destino de Prometeo, que robó el fuego de los dioses para que lo utilizaran los humanos, creo que podemos y debemos tratar de entender el universo. Su castigo fue ser encadenado a una roca para toda la eternidad, aunque felizmente fue liberado por Hércules. Ya hemos hecho progresos notables en la comprensión del cosmos, aunque todavía no tenemos una imagen completa de él. Me gusta pensar que quizás no estemos muy lejos de conseguirla.

Según el pueblo de los Boshongo, de África central, al principio solo había la oscuridad, el agua y el gran dios Bumba. Un día Bumba, con dolor de estómago, vomitó el Sol. El Sol secó parte del agua, dejando al descubierto la tierra. Todavía dolorido, Bumba vomitó la Luna, las estrellas y luego algunos animales: el leopardo, el cocodrilo, la tortuga y, finalmente, el hombre.

Esos mitos de creación, como muchos otros, intentan responder las preguntas que todos nos formulamos. ¿Por qué estamos aquí? ¿De

dónde venimos? La respuesta más habitual es que los humanos son de origen relativamente reciente porque es obvio que la especie humana va mejorando en conocimiento y tecnología. Por lo tanto, no puede haber existido desde hace mucho tiempo ya que si fuera así habría progresado mucho más aún. Por ejemplo, según el obispo Ussher, el libro del Génesis sitúa el principio del tiempo en el atardecer del 22 de octubre de 4004 a. C. a las seis de la tarde. En cambio, el entorno físico, como las montañas y los ríos, cambia muy poco en toda la vida de un humano. Por lo tanto, se pensaba que eran un fondo constante y que o bien existió desde siempre como un paisaje vacío, o bien fue creado al mismo tiempo que los humanos. Sin embargo, no todos se sentían satisfechos con la idea de que el universo hubiera tenido un comienzo. Por ejemplo, Aristóteles, el más famoso de los filósofos griegos, creía que el universo tenía que haber existido siempre. Algo eterno es más perfecto que algo creado. Sugirió que la razón por la que vemos progreso es que se habían ido repitiendo inundaciones u otros desastres naturales, que hacían retroceder la civilización a sus orígenes. La motivación para creer en un universo eterno era el deseo de evitar invocar la intervención divina para crear el universo y ponerlo en marcha. En cambio, los que creían que el universo tuvo un comienzo, lo usaron como argumento para la existencia de Dios como primera causa, o primer motor, del universo.

Si uno creía que el universo tuvo un comienzo, las preguntas obvias eran: ¿Qué sucedió antes del comienzo? ¿Qué estaba haciendo Dios antes de hacer el mundo? ¿Estaba preparando el infierno para las personas que hicieran este tipo de preguntas? El problema de si el universo tuvo o no un comienzo constituyó una gran preocupación para el filósofo alemán Immanuel Kant. Constató que, tanto si lo hubiera tenido como si no, había contradicciones lógicas, o antinomias. Si el universo había tenido un comienzo, ¿por qué transcurrió un tiempo infinito antes de que comenzara? Llamó a eso la tesis. Por otro lado, si el universo había existido siempre, ¿por qué tardó un tiempo infinito en llegar a la etapa actual? Llamó a eso la antítesis. Tanto la tesis como la antítesis dependían del hecho de que Kant suponía, como casi todos los demás, que el tiempo era absoluto. Es decir, que el tiempo va de un pasado infinito a un futuro infinito independientemente de cualquier universo que haya podido existir o dejado de existir.

Esta sigue siendo la imagen en la mente de muchos científicos hoy en día. Sin embargo, en 1915 Einstein presentó su revolucionaria

teoría general de la relatividad. En ella, el espacio y el tiempo no son absolutos ni son un fondo fijo en que se producen los acontecimientos sino magnitudes dinámicas cuya forma depende de la materia y la energía en el universo, y que tan solo están definidas dentro del universo, por lo cual no tiene sentido hablar de tiempo antes de que el universo comenzara. Eso sería como preguntar por un punto al sur del Polo Sur. No está definido.

Aunque la teoría de Einstein unificó el tiempo y el espacio, no nos dice mucho sobre el espacio en sí. Algo que parece obvio sobre el espacio es que sigue y sigue y sigue. No esperamos que el universo termine en una pared de ladrillos, aunque no hay ninguna razón lógica por la que ello no pueda ocurrir. No obstante, instrumentos modernos como el telescopio espacial Hubble nos permiten explorar profundamente en el espacio. Lo que vemos son centenares de miles de millones de galaxias, de diversas formas o tamaños. Hay galaxias elípticas gigantes y galaxias espirales como la nuestra. Cada galaxia contiene centenares de miles de millones de estrellas, muchas de las cuales tienen planetas a su alrededor. Nuestra propia galaxia bloquea nuestra visión en ciertas direcciones, pero, salvo eso, las galaxias se distribuyen aproximadamente de manera uniforme en el espacio, con algunas concentraciones y vacíos locales. La densidad del número de galaxias parece disminuir a distancias muy grandes, pero parece que es simplemente porque están tan lejos y se ven tan débiles que no podemos distinguirlos. Por lo que podemos decir, el universo se prolonga indefinidamente en el espacio, más o menos parecido a como es aquí.

Aunque el universo parece ser muy similar en cada posición en el espacio, definitivamente cambia en el tiempo. Esto no se observó hasta los primeros años del siglo pasado. Hasta entonces, se creía que el universo era esencialmente constante en el tiempo. Podría haber existido durante un tiempo infinito, pero eso parecía llevar a conclusiones absurdas. Si las estrellas hubieran estado radiando durante un tiempo infinito, habrían calentado el universo hasta su temperatura. Incluso por la noche, todo el cielo sería tan brillante como el Sol, porque cada línea de visión terminaría en una estrella o en una nube de polvo que se habría calentado hasta la temperatura de las estrellas. Entonces, la observación que todos hemos hecho de que el cielo por la noche es oscuro, es muy importante. Implica que el universo no puede haber existido siempre en el estado en que lo vemos hoy. Algo debe haber sucedido en el pasado para hacer que las estrellas se

encendieran hace un tiempo finito. Así, la luz de las estrellas muy distantes no habría tenido tiempo de alcanzarnos todavía. Esto explicaría por qué el cielo nocturno no brilla en todas direcciones.

Si las estrellas hubieran estado ahí desde siempre, ¿por qué se iluminaron repentinamente hace unos cuantos miles de millones de años? ¿Qué reloj les indicó que había llegado la hora de brillar? Esto desconcertó a los filósofos que, como Immanuel Kant, creían que el universo había existido siempre. No obstante, para la mayoría de la gente, resultaba consistente con la idea de que el universo había sido creado como es ahora, hace solo unos pocos miles de años, como había concluido el obispo Ussher. Sin embargo, las discrepancias con esta idea comenzaron a aparecer con observaciones del telescopio de cientos de pulgadas del observatorio del Monte Wilson, en la década de 1920. Primero, Edwin Hubble descubrió que muchas manchas de luz muy tenues, llamadas nebulosas, eran de hecho otras galaxias, grandes colecciones de estrellas como nuestro Sol, pero a una gran distancia. Para que parezcan tan pequeñas y débiles, las distancias tenían que ser tan grandes que su luz habría tardado millones o incluso miles de millones de años hasta llegar a nosotros. Esto indicó que el comienzo del universo no podría haberse producido hace tan solo unos miles de años.

Pero la segunda cosa que descubrió Hubble resultó aún más notable. Mediante un análisis de la luz de las galaxias, Hubble pudo medir si se estaban acercando hacia nosotros o alejándose. Con gran sorpresa, descubrió que casi todas se estaban alejando. Además, cuanto más alejadas estaban, más rápidamente se alejaban. En otras palabras, el universo se está expandiendo. Las galaxias se están alejando las unas de las otras.

El descubrimiento de la expansión del universo fue una de las grandes revoluciones intelectuales del siglo XX. Fue una sorpresa total y cambió por completo la discusión sobre el origen del universo. Si las galaxias se están separando, deben haber estado más juntas en el pasado. A partir de la tasa actual de expansión, podemos estimar que debieron haber estado muy juntas hace de unos diez a unos quince mil millones de años. Parece, pues, que el universo podría haber comenzado en aquella época, con todo su contenido en el mismo punto en el espacio.

No obstante, muchos científicos discrepaban de la idea de que el universo hubiera tenido un comienzo, porque parecía implicar que la física dejaba de ser válida. Uno debería invocar a un agente externo,

que a efectos prácticos podemos llamar Dios, para determinar cómo comenzó el universo. Por lo tanto propusieron teorías en las que el universo se estaba expandiendo en el presente, pero no había tenido comienzo. Una de ellas era la teoría del estado estacionario, propuesta por Hermann Bondi, Thomas Gold y Fred Hoyle en 1948.

En la teoría del estado estacionario, la idea era que a medida que las galaxias se separaban, iban apareciendo nuevas galaxias a partir de materia que, según se suponía, se iba creando continuamente en el espacio. El universo habría existido siempre y siempre habría tenido el mismo aspecto. Esta última propiedad tenía la gran virtud de ser una predicción concreta que podría ser sometida a observación. En la década de 1960, el grupo de radioastronomía de Cambridge, dirigido por Martin Ryle, hizo un amplio estudio de radiofuentes. Estas se distribuían de manera bastante uniforme en todo el cielo, lo que indica que la mayoría de las fuentes se encuentran fuera de nuestra galaxia. Las fuentes más débiles estarían más lejos, en promedio.

La teoría del estado estacionario predecía una relación entre la cantidad de fuentes y sus intensidades. Pero las observaciones mostraron más fuentes débiles que las predichas, lo cual indica que la densidad de fuentes fue más alta en el pasado. Esto entraba en contradicción con la suposición básica de la teoría del estado estacionario de que todo permanecía constante en el tiempo. Por eso, y por otros motivos, la teoría del estado estacionario fue abandonada.

Otro intento de evitar que el universo hubiera tenido un comienzo fue la sugerencia de que había habido una fase previa de contracción, pero que, debido a la rotación y a las irregularidades locales, no todas las galaxias habrían coincidido en el mismo punto. Las diferentes galaxias habrían pasado unas al lado de otras, y el universo se habría vuelto a expandir con densidad siempre finita. De hecho, dos físicos rusos, Yevgueni Lifshits e Isaak Khalatnikov, afirmaron haber demostrado que una contracción general sin simetría exacta siempre conduciría a un rebote, con densidad siempre finita. Este resultado era muy conveniente para el materialismo dialéctico marxista-leninista porque evitaba preguntas incómodas sobre la creación del universo. Por lo tanto, se convirtió en un artículo de fe para los científicos soviéticos.

El comienzo de mi investigación en cosmología se produjo casi al mismo tiempo en que Lifshits y Khalatnikov publicaron su conclusión de que el universo no había tenido un comienzo. Me di cuenta de

que esto era una cuestión muy importante, pero no me convencieron los argumentos que Lifshits y Khalatnikov habían usado.

Estamos acostumbrados a la idea de que los sucesos son causados por sucesos anteriores, que a su vez son causados por sucesos aún anteriores. Hay una cadena de causalidades que se remonta al pasado. Pero supongamos que esa cadena tiene un comienzo, supongamos que hubo un primer suceso. ¿Qué lo causó? Esta no era una pregunta que muchos científicos quisieran abordar. Intentaban evitarla, ya sea suponiendo, al igual que los rusos y los teóricos del estado estacionario, que el universo no tuvo comienzo, o sosteniendo que su origen no entra en el ámbito de la ciencia sino que corresponde a la metafísica o la religión. En mi opinión, ningún científico verdadero debería adoptar esa posición. Si las leyes de la ciencia quedan en suspenso al comienzo del universo, es posible que también fallen en otros momentos. Una ley no es una ley si solo se cumple a veces. Creo que deberíamos tratar de entender el comienzo del universo sobre la base de la ciencia. Puede ser una tarea más allá de nuestro alcance, pero al menos deberíamos intentarlo.

Roger Penrose y yo logramos probar teoremas geométricos que demostraban que si la teoría de la relatividad general de Einstein es correcta, y si se satisfacen ciertas condiciones razonables, el universo debe haber tenido un comienzo. Es difícil discutir con un teorema matemático, por lo que al final Lifshits y Khalatnikov admitieron que el universo debería haber tenido un comienzo. Aunque la idea de un principio del universo no fuese bienvenida por las ideas comunistas, nunca se permitió que la ideología se interpusiera en el camino de la física. La física era necesaria para la bomba, y era importante que funcionara. En cambio, la ideología soviética impidió el progreso en biología al negar la verdad de la genética.

Aunque los teoremas que Roger Penrose y yo demostramos pusieron de manifiesto que el universo tuvo que tener un comienzo, no dieron mucha información sobre la naturaleza de dicho comienzo. Indicaban que el universo comenzó en el *big bang*, un instante en que todo el universo, y todo su contenido, se comprimió en un único punto de densidad infinita, una singularidad del espacio-tiempo. En este punto, la teoría de la relatividad general de Einstein habría dejado de ser válida. Por lo tanto, no podemos usarla para decir cómo comenzó el universo. El origen del universo, pues, parece quedar fuera del alcance de la ciencia.

La evidencia observacional para confirmar la idea de que el universo

tuvo un comienzo muy denso llegó en octubre de 1965, unos meses después de mi primer resultado sobre la singularidad, con el descubrimiento de un tenue fondo de microondas en el espacio. Esas microondas son las mismas que las de los hornos de microondas, pero mucho menos potentes. Calentarían una pizza tan solo a 270,4 grados Celsius bajo cero, lo cual no es muy adecuado para descongelarla, y mucho menos para cocinarla. Podemos observar esas microondas sintonizando el televisor en un canal vacío. Un pequeño tanto por ciento de la nieve que vemos en la pantalla es debido a ese fondo de microondas. La única interpretación razonable del fondo es que es la radiación remanente de un estado temprano muy caliente y denso. A medida que el universo se expandió, la radiación se habría enfriado hasta reducirse al tenue remanente que actualmente observamos.

Que el universo hubiera comenzado con una singularidad no era una idea que me gustara, ni a mí ni a muchos otros. La razón por la que la relatividad general de Einstein dejaba de ser válida cerca del *big bang* era que se trata de lo que llamamos una teoría clásica. Es decir, suponía implícitamente lo que parece obvio por el sentido común: que cada partícula tiene una posición y una velocidad bien definidas. En una teoría clásica así, si conociéramos simultáneamente las posiciones y las velocidades de todas las partículas del universo, podríamos calcular dónde estarían en cualquier otro momento, pasado o futuro. Sin embargo, a principios del siglo XX, los científicos descubrieron que no podían calcular exactamente lo que sucedería a distancias muy cortas. No era solo que se necesitaran mejores teorías. Parece que en la naturaleza hay un cierto nivel de aleatoriedad o incertidumbre, que no se puede eliminar por muy buenas que sean las teorías. Eso se puede resumir en el Principio de Incertidumbre, formulado en 1927 por el científico alemán Werner Heisenberg. No es posible predecir con exactitud tanto la posición como la velocidad de una partícula. Cuanto más exactamente se predice la posición, con menor precisión se podrá predecir la velocidad, y viceversa.

Einstein objetó fuertemente la idea de que el universo está gobernado por el azar. Sus sentimientos fueron resumidos en su famoso dicho “Dios no juega a los dados”. Pero todas las evidencias apuntan a que Dios es un buen jugador. El universo es como un casino gigante con dados o ruletas rodando. El propietario de un casino corre el riesgo de perder dinero cada vez que se lanza un dado o se hace girar una ruleta. No obstante, en un gran número de apuestas, las

probabilidades promedian y el propietario del casino se asegura de que promedien a su favor. Por eso los dueños de casinos son tan ricos. La única posibilidad que tiene de ganar contra ellos es apostar todo su dinero en unos pocos lanzamientos de dados o vueltas de ruleta.

Lo mismo ocurre con el universo. Cuando el universo es grande, hay una gran cantidad de lanzamientos de dados y los resultados promedian a algo que podemos predecir. Pero cuando el universo es muy pequeño, cerca del *big bang*, solo hay una pequeña cantidad de lanzamientos de dados, y el Principio de Incertidumbre resulta muy importante. Para entender el origen del universo, por lo tanto, tenemos que incorporar el Principio de Incertidumbre en la teoría general de la relatividad de Einstein. Este ha sido el gran desafío en física teórica en los últimos treinta años. Todavía no lo hemos resuelto, pero hemos progresado mucho.

Supongamos ahora que intentamos predecir el futuro. Como solo conocemos cierta combinación de la posición y la velocidad de una partícula, no podemos efectuar predicciones precisas acerca de sus posiciones y velocidades futuras. Solo podemos asignar una probabilidad a combinaciones particulares de posiciones y velocidades. Por lo tanto, hay una cierta probabilidad de un futuro particular de nuestro universo. Pero ahora supongamos que intentamos comprender el pasado de la misma manera.

Dada la naturaleza de las observaciones que podemos llevar a cabo hoy, todo lo que podemos hacer es asignar una probabilidad a una historia particular del universo. Así el universo debe tener cada historia posible, cada una con su propia probabilidad. Debe haber una historia del universo en que Inglaterra vuelve a ganar la Copa del Mundo, aunque tal vez la probabilidad sea baja. La idea de que el universo tiene múltiples historias puede parecer ciencia ficción, pero es ahora aceptada como hecho científico. Es debida a Richard Feynman, que trabajó en el eminentemente respetable Instituto de Tecnología de California, y tocaba a veces los tambores de bongo en un local de carretera. La idea en que se basa el enfoque de Feynman a cómo funcionan las cosas consiste en asignar una probabilidad particular a cada historia. Funciona espectacularmente bien para predecir el futuro, de manera que creemos que también funciona para explorar el pasado.

Actualmente, los científicos están trabajando para combinar la teoría de la relatividad general de Einstein y la idea de Feynman de historias

múltiples en una teoría unificada completa que describa todo lo que sucede en el universo. Esa teoría unificada nos permitirá calcular cómo evolucionará el universo, si conocemos su estado en un momento dado. Pero la teoría unificada en sí no dice cómo comenzó el universo, ni cuál fue su estado inicial. Para eso, necesitamos las denominadas condiciones de frontera, que nos dicen lo que sucede en las fronteras del universo, los bordes del espacio y del tiempo. Pero si la frontera del universo fuera un punto normal de espacio y tiempo, podríamos traspasarlo y reclamar el territorio de más allá como parte del universo. Por otro lado, si el límite del universo estuviera en un borde irregular donde el espacio o el tiempo se arrugan y la densidad se hiciera infinita, sería muy difícil definir condiciones de frontera significativas.

No obstante, Jim Hartle, de la Universidad de California (Santa Bárbara), y yo nos dimos cuenta de que había una tercera posibilidad. Tal vez el universo no tiene límite en el espacio y el tiempo. A primera vista, esto parece estar en contradicción directa con los teoremas geométricos que mencioné antes, que muestran que el universo debe haber tenido un comienzo, un límite en el tiempo. Sin embargo, para hacer que las técnicas de Feynman resulten matemáticamente bien definidas, los matemáticos desarrollaron un concepto denominado tiempo imaginario. Tiene poco que ver con el tiempo que experimentamos. Es un truco matemático para lograr que los cálculos funcionen y reemplaza el tiempo real que experimentamos. Nuestra idea fue decir que no había frontera en el tiempo imaginario. Llamamos a esta propuesta “ausencia de fronteras”.

Si la condición de frontera del universo es que no tiene fronteras en el tiempo imaginario, no tendrá una única historia. Hay muchas historias en el tiempo imaginario y cada una de ellas determina una historia en el tiempo real. Por lo tanto, tenemos una gran abundancia de historias para el universo. ¿Qué distingue una historia particular, o el conjunto de historias en que vivimos, del conjunto de todas las historias posibles del universo?

Un punto que podemos notar es que muchas de esas posibles historias del universo no pasan por la secuencia de formación de galaxias y estrellas, algo que fue esencial para nuestro propio desarrollo. Es posible que seres inteligentes puedan evolucionar sin galaxias y estrellas, pero parece poco probable. Así que el hecho de que existamos como seres que pueden hacerse la pregunta “¿Por qué el

universo es como es?" es una restricción sobre la historia en que vivimos. Implica que es una de la minoría de historias que contienen galaxias y estrellas. Este es un ejemplo de lo que se conoce como principio antrópico. El principio antrópico dice que el universo tiene que ser más o menos como lo vemos, porque si fuera diferente no habría nadie para observarlo.

A muchos científicos les desagrada el principio antrópico, porque les parece poco preciso y sin mucho poder predictivo. Pero el principio antrópico puede recibir una formulación precisa, y parece esencial cuando se considera el origen del universo. La teoría M, que es nuestro mejor candidato para una teoría unificada completa, permite un gran número de historias posibles del universo. La mayoría de esas historias son bastante inadecuadas para el desarrollo de vida inteligente: o están vacías, o duran demasiado poco, o están demasiado curvadas, o fallan de alguna otra manera. Sin embargo, según la idea de múltiples historias de Richard Feynman, esas historias deshabitadas pueden tener una probabilidad bastante alta.

Realmente no nos importa cuántas historias pueda haber que no contengan seres inteligentes. Solo nos interesa el subconjunto de historias en que se desarrolla vida inteligente. La vida inteligente no tiene por qué ser como los humanos. Pequeños hombres verdes también podrían serlo. De hecho, podrían hacerlo mejor: nuestra especie humana no tiene un gran historial en comportamiento inteligente.

Como ejemplo del poder del principio antrópico, consideremos el número de direcciones en el espacio. Es una experiencia común que vivimos en un espacio tridimensional. Es decir, podemos representar la posición de un punto en el espacio mediante tres números, por ejemplo, latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar. Pero ¿por qué el espacio es tridimensional? ¿Por qué no hay dos, cuatro o algún otro número de dimensiones, como en ciencia ficción? De hecho, en la teoría M el espacio tiene diez dimensiones, pero se cree que siete de ellas están curvadas sobre sí mismas con un radio muy pequeño, dejando tres direcciones grandes y casi planas. Es como una paja de beber: la superficie de una paja es bidimensional, pero una dirección está acurrucada en un círculo pequeño de modo que, de lejos, la paja parece una línea unidimensional.

¿Por qué no vivimos en una historia en que ocho dimensiones estén acurrucadas, dejando solo dos dimensiones extensas? En un animal bidimensional la digestión sería un trabajo difícil. Si tuviera un intestino que lo atravesara, como nosotros, lo dividiría en dos y la pobre

criatura se derrumbaría. Así que dos direcciones extensas son insuficientes para una cosa tan complicada como la vida inteligente. Hay algo especial respecto de las tres dimensiones espaciales. En tres dimensiones, los planetas pueden tener órbitas estables alrededor de las estrellas. Es una consecuencia de que la gravitación obedezca la ley del inverso de los cuadrados, tal como descubrió Robert Hooke en 1665 y desarrolló Isaac Newton. Pensemos en la atracción gravitatoria entre dos cuerpos separados una cierta distancia. Si dicha distancia se duplica, la fuerza se divide por cuatro; si la distancia se triplica, la fuerza se divide por nueve; si se cuadruplica, la fuerza se divide por dieciséis, y así sucesivamente. Eso conduce a órbitas planetarias estables. Pensemos ahora en un universo de cuatro dimensiones espaciales. En él, la gravitación obedecería una ley del inverso de los cubos. Si la distancia entre dos cuerpos se duplicara, la fuerza se dividiría por ocho; si se triplicara, se dividiría por veintisiete; si se cuadruplicara, se dividiría por sesenta y cuatro. Este cambio, una ley del inverso de los cubos, impediría que los planetas tuvieran órbitas estables alrededor de sus soles. O bien caerían a su sol, o escaparían a la oscuridad y frío exteriores. Del mismo modo, las órbitas de los electrones en los átomos no serían estables, así que no existiría la materia tal como la conocemos. Por lo tanto, aunque la idea de historias múltiples permitiría cualquier número de direcciones extensas, únicamente historias con tres direcciones extensas contendrán seres. Solo en tales historias se formulará la pregunta “¿Por qué el espacio tiene tres dimensiones?”.

Una característica notable del universo que observamos es el fondo de microondas descubierto por Arno Penzias y Robert Wilson. Es esencialmente un remanente fósil de cuando el universo era muy joven. Ese fondo es casi el mismo independientemente de la dirección en que lo observemos. Las diferencias entre las diferentes direcciones son menores que una parte en 100.000. Esas diferencias son increíblemente diminutas y necesitan alguna explicación. La explicación generalmente aceptada de esa homogeneidad es que en épocas muy tempranas el universo experimentó un período de expansión muy rápida, en que creció en un factor de mil billones de billones. Ese proceso se denomina inflación, algo que fue bueno para el universo, a diferencia de lo que ocurre con la inflación de los precios que tan a menudo nos agobia. Si eso fuera todo, la radiación de microondas sería completamente idéntica en todas direcciones. Así pues, ¿de dónde proceden esas diminutas discrepancias?

2.1 ¿Qué había antes del big bang?

Según la propuesta de ausencia de fronteras, preguntar lo que había antes del *big bang* carece de sentido —es como preguntar qué hay al sur del Polo Sur— porque no hay noción de tiempo a la que nos podamos referir. El concepto de tiempo solo existe en el universo.

A principios de 1982, escribí un artículo proponiendo que esas diferencias surgieron de las fluctuaciones cuánticas durante el período inflacionario. Las fluctuaciones cuánticas tienen lugar como consecuencia del Principio de Incertidumbre. Además, dichas fluctuaciones fueron las semillas de las estructuras de nuestro universo, de las estrellas de las galaxias y de nosotros mismos. Esa idea es básicamente el mismo mecanismo que la llamada radiación Hawking del horizonte de los agujeros negros, que predije una década antes, excepto que ahora proviene del horizonte cosmológico, la superficie que divide el universo entre la parte que podemos observar y la que no podemos observar. Aquel verano celebramos un congreso en Cambridge, al que asistieron todas las principales figuras en dicho campo. En esa reunión, establecimos la mayor parte de la imagen actual de la inflación, incluidas las importantes fluctuaciones de densidad, que dan lugar a la formación de galaxias, y a nuestra existencia. Diversas personas contribuyeron a la respuesta final. Eso fue diez años antes de que las fluctuaciones en el fondo cósmico de microondas fueran descubiertas por el satélite COBE en 1993, por lo que la teoría iba muy por delante de los experimentos.

La cosmología se convirtió en una ciencia de precisión diez años más tarde, en 2003, con los primeros resultados del satélite WMAP. El WMAP produjo un mapa maravilloso de la temperatura del fondo cósmico de microondas, una instantánea del universo cuando tenía aproximadamente una centésima parte de su edad actual. Las irregularidades que se observan son las predichas por la inflación, y significan que algunas regiones del universo tenían una densidad ligeramente más alta que otras. La atracción gravitatoria de la densidad adicional ralentiza la expansión de esa región, y puede hacer que acabe por colapsarse formando galaxias y estrellas. Así que observe con atención el mapa del cielo de microondas: es el anteproyecto de toda la estructura en el universo. Somos un producto de las fluctuaciones cuánticas del universo muy temprano. Dios realmente juega a los dados.

El satélite WMAP ha sido sustituido por el satélite Planck, con un mapa del universo de resolución mucho más alta. El satélite Planck

está poniendo a prueba nuestras teorías muy seriamente, e incluso puede detectar la impronta de las ondas gravitatorias predichas por la inflación. Esto sería la gravedad cuántica escrita en el cielo.

Puede haber otros universos. La teoría M predice que se crearon muchos universos de la nada, correspondientes a las diferentes historias posibles. Cada universo tiene muchas historias posibles y muchos estados posibles en tiempos ulteriores, es decir, en instantes como el presente, muy posteriores a su creación. La mayoría de esos estados serán bastante diferentes del universo que observamos.

Todavía hay esperanza de que veamos la primera evidencia de la teoría M en el acelerador de partículas LHC en Ginebra. Desde la perspectiva de la teoría M solo detecta bajas energías, pero podríamos estar de suerte y ver una señal más débil de la teoría fundamental, como la supersimetría. Pienso que el descubrimiento de socios supersimétricos de las partículas ya conocidas revolucionaría nuestra comprensión del universo.

En 2012, fue anunciado el descubrimiento del bosón de Higgs en el Gran Colisionador de Hadrones LHC del CERN en Ginebra. Fue el primer descubrimiento de una nueva partícula elemental en el siglo XXI. Todavía hay alguna esperanza de que el LHC descubra la supersimetría. Pero incluso si el LHC no descubre ninguna nueva partícula elemental, la supersimetría todavía podría ser hallada en la próxima generación de aceleradores que actualmente están siendo planeados.

El comienzo del universo en el *big bang* caliente es el laboratorio definitivo de altas energías para poner a prueba la teoría M y nuestras ideas sobre los bloques constituyentes del espacio-tiempo y de la materia. Diferentes teorías dejan huellas diferentes en la estructura actual del universo, por lo cual los datos astrofísicos pueden darnos pistas acerca de la unificación de todas las fuerzas de la naturaleza. Así que bien puede haber otros universos, pero desgraciadamente nunca podremos explorarlos.

Hemos visto algunas cosas sobre el origen del universo. Pero eso deja dos grandes preguntas. ¿Se acabará el universo? ¿El universo es único?

¿Cuál será el comportamiento futuro de las historias más probables del universo? Ahí parece haber varias posibilidades compatibles con la aparición de seres inteligentes. Dependen de la cantidad de materia en el universo. Si se supera una cierta cantidad crítica, la atracción gravitacional entre las galaxias ralentizará su expansión.

Al final, comenzarán a caer las unas hacia las otras y todas se unirán en una *gran implosión o big crunch*, que será el final de la historia del universo, en el tiempo real. Cuando estaba en el Lejano Oriente me pidieron que no mencionara el *big crunch*, por el efecto que pudiera tener en los mercados. Pero los mercados se colapsaron, así que tal vez la historia se produjo, en cierta manera. En Gran Bretaña, la gente no parece demasiado preocupada por un posible fin, situado a unos veinte mil millones de años en el futuro. Se puede comer y beber mucho y ser feliz, antes de eso.

Si la densidad del universo está por debajo del valor crítico, la gravedad es demasiado débil para impedir que las galaxias se sigan separando siempre más. Todas las estrellas se consumirán y el universo se irá quedando más y más vacío, y más y más frío. Entonces, de nuevo, las cosas llegarán a su fin, pero en una forma menos dramática. Aun así, nos quedan algunos miles de millones de años por delante.

En esta respuesta he tratado de explicar algo sobre los orígenes, el futuro y la naturaleza de nuestro universo. En el tiempo imaginario, comenzó como una esfera pequeña y ligeramente aplanada, bastante parecida a la cáscara de nuez con la que comencé el capítulo. Sin embargo, dicha cáscara codifica todo lo que sucede en el tiempo real. Así pues, Hamlet tenía razón. En pocas palabras, podemos estar confinados en una cáscara de nuez sin dejar de considerarnos reyes de un espacio infinito.

Tres preguntas básicas sobre Ciencia⁴

Three basic questions about science

DEMANDADO 1-9-2025 REVISADO 8-9-2025 ACEPTADO 23-9-2025

Isaac Asimov

Boston University, Estados Unidos

Palabras claves: Ley natural, método científico, intuición, científicos

Key words: Natural law, scientific method, intuition, scientists

⁴ Por el año 1965, esa respetable revista que es *Science digest* inició una nueva sección titulada "Please explain" ["Por favor, explique"]. El propósito de esta sección era seleccionar algunas de las preguntas formuladas por los lectores y contestarlas en unas 500 palabras. La revista me preguntó si estaba dispuesto a abordar de vez en cuando una pregunta a cambio de una cantidad razonable de dinero. "Bien", contesté con ciertas reservas, "pero siempre que sea de vez en cuando". Tuve que suponerlo. Mi colaboración, que en principio iba a ser esporádica, adquirió carácter mensual, y la sección "Please explain" pasó a ser "Isaac Asimov explains" ["I. A. explica"]. (Para evitar la posible trampa de mi archiconocida modestia diré que el cambio se hizo sin consultarme.) Cuando quise darme cuenta, llevaba ya colaborando más de ocho años y había acumulado un centenar de preguntas y respuestas. ¿Y quién podría resistir la tentación de reunir esos ensayos y hacer con ellos un libro? ¡Yo, desde luego, no! ¡Ni tampoco Houghton Mifflin!

Como las respuestas que tengo que dar dependen de las preguntas que formulan los lectores, los ensayos no se reparten uniformemente por todo el campo de la ciencia. Por alguna razón, los lectores se hallan profundamente interesados por la física teórica, siendo especialmente numerosas las preguntas acerca de la velocidad de la luz y de las partículas subatómicas. De ahí que exista cierta duplicidad entre las respuestas, así como algunas omisiones flagrantes. Ambas cosas tienen sus ventajas. Las duplicidades provienen, en parte, de que he intentado hacer las respuestas lo más completas posible. El lector puede consultar por tanto cualquier cuestión que se le venga a la imaginación y leer el libro en el orden que le plazca. Y en cuanto a las omisiones... ¿qué hay de malo en dejar que susciten una sana curiosidad? Si es suficientemente sana, envíe su propia pregunta a *Science digest*. Si tengo ocasión (y sé lo suficiente) la contestaré, y de aquí a ocho años podría haber material bastante para publicar un libro titulado *Isaac Asimov sigue explicando (Asimov)*.

Resumen Está claro que ninguna teoría ni ley natural tiene carácter definitivo. El proceso se repite una y otra vez. Continuamente se hacen y obtienen nuevos datos, nuevas observaciones, nuevos experimentos. Las viejas leyes naturales se ven constantemente superadas por otras más generales que explican todo cuanto explicaban las antiguas y un poco más.

Todo esto, como digo, es una versión ideal del método científico. En la práctica no es necesario que el científico pase por los distintos puntos como si fuese una serie de ejercicios caligráficos, y normalmente no lo hace.

Más que nada son factores como la intuición, la sagacidad y la suerte, a secas, los que juegan un papel. La historia de la ciencia está llena de casos en los que un científico da de pronto con una idea brillante basada en datos insuficientes y en poca o ninguna experimentación, llegando así a una verdad útil cuyo descubrimiento quizá hubiese requerido años mediante la aplicación directa y estricta del método científico. F. A. Kekulé dio con la estructura del benceno mientras descabezaba un sueño en el autobús. Otto Loewi despertó en medio de la noche con la solución del problema de la conducción sináptica. Donald Glaser concibió la idea de la cámara de burbujas mientras miraba ociosamente su vaso de cerveza.

¿Quiere decir esto que a fin de cuentas todo es cuestión de suerte y no de cabeza? No, no y mil veces no. Esta clase de «suerte» sólo se da en los mejores cerebros; sólo en aquellos casos cuya “intuición” es la recompensa de una larga experiencia, una comprensión profunda y un pensamiento disciplinado.

Abstract It is clear that no theory or natural law is definitive. The process repeats itself over and over again. New data, new observations, and new experiments are continually being made and obtained. Old natural laws are constantly being superseded by more general ones that explain everything the old ones explained and a little more.

All of this, as I say, is an idealized version of the scientific method. In practice, it is not necessary for scientists to go through the different steps as if they were a series of calligraphic exercises, and they do not normally do so.

More than anything else, it is factors such as intuition, sagacity, and luck, pure and simple, that play a role. The history of science is full of cases in which a scientist suddenly comes up with a brilliant idea based on insufficient data and little or no experimentation, thus

arriving at a useful truth whose discovery might have taken years through the direct and strict application of the scientific method. F. A. Kekulé came up with the structure of benzene while dozing off on the bus. Otto Loewi woke up in the middle of the night with the solution to the problem of synaptic conduction. Donald Glaser conceived the idea of the bubble chamber while idly staring at his glass of beer.

Does this mean that, ultimately, it's all a matter of luck and not brains? No, no, and a thousand times no. This kind of "luck" only occurs in the best minds; only in those whose "intuition" is the reward of long experience, deep understanding, and disciplined thinking.

1 ¿Qué es el método científico?

Evidentemente, el método científico es el método que utilizan los científicos para hacer descubrimientos científicos. Pero esta definición no parece muy útil. ¿Podemos dar más detalles? Pues bien, cabría dar la siguiente versión ideal de dicho método:

1 Detectar la existencia de un problema, como puede ser, por ejemplo, la cuestión de por qué los objetos se mueven como lo hacen, acelerando en ciertas condiciones y decelerando en otras.

2 Separar luego y desechar los aspectos no esenciales del problema. El olor de un objeto, por ejemplo, no juega ningún papel en su movimiento.

3 Reunir todos los datos posibles que incidan en el problema. En los tiempos antiguos y medievales equivalía simplemente a la observación sagaz de la naturaleza, tal como existía. A principios de los tiempos modernos empezó a entreverse la posibilidad de ayudar a la naturaleza en ese sentido. Cabía planear deliberadamente una situación en la cual los objetos se comportarán de una manera determinada y suministrarán datos relevantes para el problema. Uno podía, por ejemplo, hacer rodar una serie de esferas a lo largo de un plano inclinado, variando el tamaño de las esferas, la naturaleza de su superficie, la inclinación del plano, etc. Tales situaciones deliberadamente planeadas son experimentos, y el papel del experimento es tan capital para la ciencia moderna, que a veces se habla de "ciencia experimental" para distinguirla de la ciencia de los antiguos griegos.

4 Reunidos todos los datos elabórese una generalización provisional que los describa a todos ellos de la manera más simple posible:

un enunciado breve o una relación matemática. Esto es una hipótesis.

88

5 Con la hipótesis en la mano se pueden predecir los resultados de experimentos que no se nos habían ocurrido hasta entonces. Intentar hacerlos y mirar si la hipótesis es válida.

6 Si los experimentos funcionan tal como se esperaba, la hipótesis sale reforzada y puede adquirir el status de una teoría o incluso de un “ley natural”.

Está claro que ninguna teoría ni ley natural tiene carácter definitivo. El proceso se repite una y otra vez. Continuamente se hacen y obtienen nuevos datos, nuevas observaciones, nuevos experimentos. Las viejas leyes naturales se ven constantemente superadas por otras más generales que explican todo cuanto explicaban las antiguas y un poco más.

Todo esto, como digo, es una versión ideal del método científico. En la práctica no es necesario que el científico pase por los distintos puntos como si fuese una serie de ejercicios caligráficos, y normalmente no lo hace.

Más que nada son factores como la intuición, la sagacidad y la suerte, a secas, los que juegan un papel. La historia de la ciencia está llena de casos en los que un científico da de pronto con una idea brillante basada en datos insuficientes y en poca o ninguna experimentación, llegando así a una verdad útil cuyo descubrimiento quizá hubiese requerido años mediante la aplicación directa y estricta del método científico. F. A. Kekulé dio con la estructura del benceno mientras descabezaba un sueño en el autobús. Otto Loewi despertó en medio de la noche con la solución del problema de la conducción sináptica. Donald Glaser concibió la idea de la cámara de burbujas mientras miraba ociosamente su vaso de cerveza.

¿Quiere decir esto que a fin de cuentas todo es cuestión de suerte y no de cabeza? No, no y mil veces no. Esta clase de «suerte» sólo se da en los mejores cerebros; sólo en aquellos casos cuya “intuición” es la recompensa de una larga experiencia, una comprensión profunda y un pensamiento disciplinado.

2 ¿Quién fue, en su opinión, el científico más grande que jamás existió?

Si la pregunta fuese “¿Quién fue el segundo científico más grande?” sería imposible de contestar. Hay por lo menos una docena de

hombres que, en mi opinión, podrían aspirar a esa segunda plaza. Entre ellos figurarían, por ejemplo, Albert Einstein, Ernest Rutherford, Niels Bohr, Louis Pasteur, Charles Darwin, Galileo Galilei, Clerk Maxwell, Arquímedes y otros.

Incluso es muy probable que ni siquiera exista eso que hemos llamado el segundo científico más grande. Las credenciales de tantos y tantos son tan buenas y la dificultad de distinguir niveles de mérito es tan grande, que al final quizá tendríamos que declarar un empate entre diez o doce.

Pero como la pregunta es “¿Quién es el más grande?”, no hay problema alguno. En mi opinión, la mayoría de los historiadores de la ciencia no dudarían en afirmar que Isaac Newton fue el talento científico más grande que jamás haya visto el mundo. Tenía sus faltas, viva el cielo: era un mal conferenciante, tenía algo de cobarde moral y de llorón autocompasivo y de vez en cuando era víctima de serias depresiones. Pero como científico no tenía igual.

Fundó las matemáticas superiores después de elaborar el cálculo. Fundó la óptica moderna mediante sus experimentos de descomponer la luz blanca en los colores del espectro. Fundó la física moderna al establecer las leyes del movimiento y deducir sus consecuencias. Fundó la astronomía moderna estableciendo la ley de la gravitación universal.

Cualquiera de estas cuatro hazañas habría bastado por sí sola para distinguirlo como científico de importancia capital. Las cuatro juntas le colocan en primer lugar de modo incuestionable.

Pero no son sólo sus descubrimientos lo que hay que destacar en la figura de Newton. Más importante aún fue su manera de presentarlos.

Los antiguos griegos habían reunido una cantidad ingente de pensamiento científico y filosófico. Los nombres de Platón, Aristóteles, Euclides, Arquímedes y Ptolomeo habían descollado durante dos mil años como gigantes sobre las generaciones siguientes. Los grandes pensadores árabes y europeos echaron mano de los griegos y apenas osaron exponer una idea propia sin refrendarla con alguna referencia a los antiguos. Aristóteles, en particular, fue el “maestro de aquellos que saben”.

Durante los siglos XVI y XVII, una serie de experimentadores, como Galileo y Robert Boyle, demostraron que los antiguos griegos no

siempre dieron con la respuesta correcta. Galileo, por ejemplo, tiró abajo las ideas de Aristóteles acerca de la física, efectuando el trabajo que Newton resumió más tarde en sus tres leyes del movimiento. No obstante, los intelectuales europeos siguieron sin atreverse a romper con los durante tanto tiempo idolatrados griegos.

Luego, en 1687 publicó Newton sus *Principia mathematica*, en latín (el libro científico más grande jamás escrito, según la mayoría de los científicos). Allí presentó sus leyes del movimiento, su teoría de la gravitación y muchas otras cosas, utilizando las matemáticas en el estilo estrictamente griego y organizando todo de manera impecablemente elegante. Quienes leyeron el libro tuvieron que admitir que al fin se hallaban ante una mente igual o superior a cualquiera de las de la Antigüedad, y que la visión del mundo que presentaba era hermosa, completa e infinitamente superior en racionalidad e inevitabilidad a todo lo que contenían los libros griegos.

Ese hombre y ese libro destruyeron la influencia paralizante de los antiguos y rompieron para siempre el complejo de inferioridad intelectual del hombre moderno.

Tras la muerte de Newton, Alexander Pope lo resumió todo en dos líneas: “La Naturaleza y sus leyes permanecían ocultas en la noche. Dijo Dios: ¡Sea Newton! Y todo fue luz”.

3 ¿Por qué dos o más científicos, ignorantes del trabajo de los otros, dan a menudo simultáneamente con la misma teoría?

La manera más simple de contestar a esto es decir que los científicos no trabajan en el vacío. Están inmersos, por así decirlo, en la estructura y progreso evolutivo de la ciencia, y todos ellos encaran los mismos problemas en cada momento.

Así, en la primera mitad del siglo XIX el problema de la evolución de las especies estaba “en el candelerero”. Algunos biólogos se oponían acaloradamente a la idea misma, mientras que otros especulaban ávidamente con sus consecuencias y trataban de encontrar pruebas que la apoyaran. Pero lo cierto es que, cada uno a su manera, casi todos los biólogos pensaban sobre la misma cuestión. La clave del problema era ésta: Si la evolución es un hecho, ¿qué es lo que la motiva?

En Gran Bretaña, Charles Darwin pensaba sobre ello. En las Indias Orientales, Alfred Wallace, inglés también, pensaba sobre el mismo problema. Ambos habían viajado por todo el mundo; ambos habían

hecho observaciones similares; y sucedió que ambos, en un punto crucial de su pensamiento, leyeron un libro de Thomas Malthus que describía los efectos de la presión demográfica sobre los seres humanos. Tanto Darwin como Wallace empezaron a pensar sobre la presión demográfica en todas las especies. ¿Qué individuos sobrevivirían y cuáles no? Ambos llegaron a la teoría de la evolución por selección natural.

Lo cual no tiene en realidad nada de sorprendente. Dos hombres que trabajan sobre el mismo problema y con los mismos métodos, encarrados con los mismos hechos a observar y disponiendo de los mismos libros de consulta, es muy probable que lleguen a las mismas soluciones. Lo que ya me sorprende más es que el segundo nombre de Darwin, Wallace y Malthus empezase en los tres casos por R.

A finales del siglo XIX eran muchos los biólogos que trataban de poner en claro la mecánica de la genética. Tres hombres, trabajando los tres en el mismo problema, al mismo tiempo y de la misma manera, pero en diferentes países, llegaron a las mismas conclusiones. Pero entonces los tres, repasando la literatura, descubrieron que otro, Gregor Mendel, había obtenido treinta y cuatro años antes las leyes de la herencia y habían pasado inadvertido.

Una de las aspiraciones más ambiciosas de los años 1880-1889 era la producción barata de aluminio. Se conocían los usos y la naturaleza del metal, pero resultaba difícil prepararlo a partir de sus minerales. Millones de dólares dependían literalmente de la obtención de una técnica sencilla. Es difícil precisar el número de químicos que se hallaban trabajando en el mismo problema, apoyándose en las mismas experiencias de otros científicos. Dos de ellos: Charles Hall en los Estados Unidos y Paul Héroult en Francia, obtuvieron la misma respuesta en el mismo año de 1886. Nada más natural. Pero ¿y esto?: los apellidos de ambos empezaban por H, ambos nacieron en 1863 y ambos murieron en 1914.

Hoy día son muchos los que tratan de idear teorías que expliquen el comportamiento de las partículas subatómicas. Murray Gell-Mann y Yuval Ne'eman, uno en América y otro en Israel, llegaron simultáneamente a teorías parecidas. El principio del másar se obtuvo simultáneamente en Estados Unidos y en la Unión Soviética. Y estoy casi seguro de que el proceso clave para el aprovechamiento futuro de la potencia de la fusión nuclear será obtenido independiente y simultáneamente por dos o más personas.

Naturalmente, hay veces en que el rayo brilla una sola vez. Gregor Mendel no tuvo competidores, ni tampoco Newton ni Einstein. Sus grandes ideas sólo se les ocurrieron a ellos y el resto del mundo les siguió.

MONOGRAFÍA DE TESTAMENTO VITAL Y EUTANASIA

MONOGRAPH ON LIVING WILLS AND EUTHANASIA

93

De la voluntad anticipada al testamento vital pasando por la planificación anticipada en enfermos terminales, y la eutanasia

From advance directives to living wills, advance planning for the terminally ill, and euthanasia

DEMANDADO 9-7-2025 REVISADO 17-9-2025 ACEPTADO 6-10-2025

Miguel-Héctor Fernández-Carrión

Academia Iberoamericana de las Ciencias

Palabras claves: Voluntad anticipada, testamento vital, planificación anticipada, enfermos terminales, eutanasia

Key words: Advance directives, living wills, advance planning, terminally ill patients, euthanasia

Resumen El documento de las voluntades anticipadas también es conocido como testamento vital o directrices anticipadas. De esta forma se aprecia que desde el empleo del concepto de testamento vital, en el segundo tercio del siglo XX, se ha querido cambiar el término por otros similares, pero con menos significación jurídica; pues, a nivel jurídico, un testamento es un acto unilateral, personal y revocable mediante el cual una persona en particular (testador) dispone, en el testamento normal, de sus bienes y derechos transmisibles, además de manifestar sus últimos deberes y voluntades, para que se cumplan después de su muerte; mientras, que el testamento vital, como su nombre indica, alude en particular a su última voluntad en cuanto a los tratamientos, en suma los cuidados médicos que desea recibir o rechazar en situación terminal, en caso de no poder expresar su voluntad debido a una enfermedad o pérdida permanente de la conciencia o la voz y la posibilidad de escritura, y en el que designar a un representante para que tome las decisiones oportunas en cada momento en su nombre, e incluso puede incluir las instrucciones sobre tratamientos específicos para proseguir la vida o no hacerlo de

forma prolongada sin poder contar con la posibilidad de retornar a un estado de conciencia o de salud mínima para sobrevivir sólo con sus propias capacidades (FC), donación de órganos, hasta incluso puede mencionar aspectos generales relacionados con el funeral y enterramiento o cremación.

La ley de voluntad anticipada se ha aplicado en Países Bajos, Bélgica, Luxemburgo, Canadá, Nueva Zelanda, España, Australia y Colombia; mientras, que en México no se aplica a nivel federal, sino en algunos estados (Ciudad de México, Coahuila, Aguascalientes...).

Pero próximo cronológicamente al empleo del término de testamento vital se aplica, igualmente en la sociedad anglosajona, en Gran Bretaña, el concepto de “los cuidados paliativos” en la fundación del Saint Christopher’s Hospice en Londres, en 1967, aunque con el tiempo se ha intentado vincular los cuidados paliativos con el de planificación anticipada, pues obviamente involucra la programación, preparación y el apoyo institucional médico para acompañar el final de la vida y el duelo de cada paciente terminal en particular. Desde entonces ha surgido un movimiento moderno o actual sobre esta cuestión que entiende que Saint Christopher’s Hospice es el origen de ese movimiento de hospice y cuidados paliativos, que ha sentado la base para la planificación anticipada de la atención médica a este tipo de atención a enfermos terminales.

Por todo ello, desde la segunda mitad del siglo XX y especialmente, desde principios del siglo XXI se ha pretendido legislativa, política y médicamente hacer sinónimo los distintos términos de voluntad anticipada, testamento vital, voluntad terminal... y planificación anticipada; aunque como se ha expuesto en el presente capítulo, son conceptos que difieren entre sí en algún aspecto específico legislativo, político, social o médico.

Abstract Advance directives are also known as living wills or advance directives. Thus, it can be seen that since the concept of living wills was first used in the second third of the 20th century, there has been a desire to replace the term with other similar ones, but with less legal significance; legally speaking, a will is a unilateral, personal, and revocable act by which a particular person (the testator) disposes of their transferable assets and rights in a normal will, as well as expressing their last wishes and duties to be carried out after their death. A living will, as its name suggests, refers in particular to a person’s last wishes regarding treatment, in short, the medical care they wish to receive or refuse in a terminal situation, in the event that they are

unable to express their wishes due to illness or permanent loss of consciousness or voice and the ability to write, and in which they designate a representative to make the appropriate decisions on their behalf at any given time. It may even include instructions on specific treatments to prolong life or not to do so in a prolonged manner without the possibility of returning to a state of consciousness or minimum health to survive on their own (FC), organ donation, and may even mention general aspects related to the funeral and burial or cremation.

Since the second half of the 20th century, and especially since the beginning of the 21st century, there have been attempts to legislatively, politically, and medically make the different terms advance directive, living will, terminal directive, and advance planning synonymous, although, as discussed in this chapter, these concepts differ from each other in specific legislative, political, social, or medical aspects.

1 Testamento vital y voluntades anticipadas

El término de “testamento vital”, es reciente, se atribuye, abogado Luis Kutner de Chicago y cofundador de Amnistía Internacional, en 1961, años más tarde, en 1967, trabaja en su empleo, y en 1969 publica en el periódico *Indiana law Journal* un modelo de documento para hacer público las voluntades relativas a tratamientos médicos con enfermos terminales (Betancor 1995).

En la doctrina jurídica⁵ estadounidense alude al concepto de “living will” al referirse al final de la vida (Cano 2007), y se le une el término de “durable power of attorney”, porque se nombra un representante que tome las decisiones de su última voluntad de acuerdo con los deseos del paciente terminal. Ambos modelos de documentos se incluyen en las denominadas “Advances health care directives” (Berrocal, Abellán, 2009: 95-96), que son similares a los actuales conceptos de voluntades anticipadas o instrucciones previas. Pero el término de “testamento” ha sido cuestionado, desde el momento que se ha querido generalizar su empleo en la sociedad, pues se alude que no es acertado utilizarlo jurídicamente, sino utilizar el de “documento de

⁵ Entendida como una reflexión teórica, atendiendo la literatura jurídica que existe hasta ese momento, sobre las diferentes cuestiones jurídicas que plantea el contenido y la organización del ordenamiento jurídico sobre una cuestión en particular.

instrucciones previas o voluntades anticipadas” en relación con el derecho a la autonomía del paciente inmerso en un proceso de fase terminal y atendiendo a la idea de una muerte digna (Betancor, 1995, Domínguez, 2008: 412), al estar acorde a sus deseos propios, normalmente ideado con el deseo del paciente de no sufrir y de él en conjunto con la voluntad de sus familiares de no alargar la agonía innecesariamente, por razones humanitarias y/o económicas (FC). Y, su elaboración se entiende en previsión de que dicho paciente no esté consciente o no cuente con las facultades suficientes para una necesaria comunicación con los médicos que lo atiende (Boladeras, 2009: 155).

Posteriormente, a principios del siglo XXI, se acuña el término de “voluntad anticipada” en relación con la aprobación política de la primera “Ley de voluntad anticipada” en la Ciudad de México (entonces Distrito Federal)⁶, y publicada el 7 de enero de 2008 en la *Gaceta oficial del Distrito Federal*, posteriormente varios estados mexicanos han adoptado normativas similares para regular este tipo de documentos legales.

Pero el documento de las voluntades anticipadas también es conocido como testamento vital o directrices anticipadas. De esta forma se aprecia que desde el empleo del concepto de testamento vital, en el segundo tercio del siglo XX, se ha querido cambiar el término por otros similares, pero con menos significación jurídica; pues, a nivel jurídico, un testamento es un acto unilateral, personal y revocable mediante el cual una persona en particular (testador) dispone, en el testamento normal, de sus bienes y derechos transmisibles, además de manifestar sus últimos deberes y voluntades, para que se cumplan después de su muerte; mientras, que el testamento vital, como su nombre indica, alude en particular a su última voluntad en cuanto a los tratamientos, en suma los cuidados médicos que desea recibir o rechazar en situación terminal, en caso de no poder expresar su voluntad debido a una enfermedad o pérdida permanente de la conciencia o la voz y la posibilidad de escritura, y en el que designar a un representante para que tome las decisiones oportunas en cada momento en su nombre, e incluso puede incluir las instrucciones sobre tratamientos específicos para proseguir la vida o no hacerlo de forma prolongada sin poder contar con la posibilidad de retornar a un estado de conciencia o de salud mínima para sobrevivir sólo con sus

⁶ Documento que fue trabajado por el Instituto de Investigaciones Legislativas, que está integrado en el Congreso de la Ciudad de México.

propias capacidades (FC), donación de órganos, hasta incluso puede mencionar aspectos generales relacionados con el funeral y enterramiento o cremación.

La ley de voluntad anticipada se ha aplicado en Países Bajos, Bélgica, Luxemburgo, Canadá, Nueva Zelanda, España, Australia y Colombia; mientras, que en México no se aplica a nivel federal, sino en algunos estados (Ciudad de México, Coahuila, Aguascalientes...).

Pero próximo cronológicamente al empleo del término de testamento vital se aplica, igualmente en la sociedad anglosajona, en Gran Bretaña, el concepto de “los cuidados paliativos” en la fundación del Saint Christopher’s Hospice en Londres, en 1967, aunque con el tiempo se ha intentado vincular los cuidados paliativos con el de planificación anticipada, pues obviamente involucra la programación, preparación y el apoyo institucional médico para acompañar el final de la vida y el duelo de cada paciente terminal en particular. Desde entonces ha surgido un movimiento moderno o actual sobre esta cuestión que entiende que Saint Christopher’s Hospice es el origen de ese movimiento de hospice y cuidados paliativos, que ha sentado la base para la planificación anticipada de la atención médica a este tipo de atención a enfermos terminales.

Por todo ello, desde la segunda mitad del siglo XX y especialmente, desde principios del siglo XXI se ha pretendido legislativa, política y médicamente hacer sinónimo los distintos términos de voluntad anticipada, testamento vital, voluntad terminal... y planificación anticipada; aunque como se ha expuesto en el presente capítulo, son conceptos que difieren entre sí en algún aspecto específico legislativo, político, social o médico.

2 Diferencia entre testamento vital y el testamento con vital con anexo temporal

Normalmente el término de testamento vital es el que se debería aplicar –según Fernández-Carrión–, por encima de conceptos como voluntad anticipada, entre otros, pues cuenta con mayor fundamento jurídico, al poder vincularse con la concepción de testamento convencional de bienes materiales y este en cambio puede hacerlo sobre cuestiones vitales de cada testamentario en particular.

Los vocablos de voluntad anticipada... o terminal, se debería aplicar exclusivamente para uso coloquial entre pacientes, familiares y

profesionales de la salud. Y, en cambio, el término de planificación anticipada en enfermos terminales, es el que se pretende establecer actualmente los políticos en comunión con un gran número de médicos, instituciones de salud en distintos países del mundo y organismos médicos-farmacéuticos transnacional en el ámbito hospitalario y de investigación sobre la salud, como lo evidencia públicamente los Institutos Nacionales de Salud (National Institutes of Health, NIH) del Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (U.S. Department of Health&Human Services, HHS), al exponer las características y las funciones de la “Planificación anticipada para los cuidados de salud”, señalando:

La planificación anticipada para los cuidados de salud no es solamente para las personas de edad avanzada. A cualquier edad, una crisis de salud podría dejarlo demasiado enfermo para tomar sus propias decisiones referentes a la atención médica. Incluso si no está enfermo ahora, planificar la atención médica para el futuro es un paso importante para asegurarse de recibir los cuidados que usted desearía, si no puede hablar por usted mismo y los médicos y familiares están tomando [en futuro] las decisiones por usted.

Muchos estadounidenses enfrentan preguntas sobre los tratamientos médicos, pero es posible que no sean capaces de decidir lo que quieren, por ejemplo, en una emergencia o al final de la vida. Este artículo explicará los tipos de decisiones que pueden ser necesarios tomar en tales casos y las preguntas en las que usted puede pensar [y no en otras preguntas que se le pueda ocurrir, que no esté dictadas por el gobierno de los Estados Unidos, o la IA de turno] ahora para estar preparado más adelante (NIH, s/f).

En una sociedad vigilada masivamente en la actualidad, cuando desde principios del siglo XXI comienza a estar también dirigida indirectamente por la inteligencia artificial (IA), y entre medias se encuentra estos escritos oficiales con unas directrices claras de hacerse obedecer, en esta ocasión, sobre una cuestión médica específica sobre el final de la vida, bajo la denominación de “planificación anticipada para los cuidados de salud”.

En este estadio intermedio, entre la libertad de las personas y el control dictatorial-tecnológico de la sociedad por parte del poder global en el nuevo orden mundial, se encuentra la legislación actual de la mayoría de los estados-nación de gran parte del mundo, que es analizada desde la perspectiva de la limitación de la libertad personal en favor del control global, por Gregorio Jesús Palacios García-Cervigón en la “Toma de decisiones sobre la capacidad de un sujeto en

situaciones difíciles” (2019: 43-63). Palacios indica, que:

La capacidad legal está íntimamente relacionada con la competencia para la toma de decisiones. Si en un sujeto concreto [paciente] se demuestra una pérdida permanente de competencia, la capacidad legal puede ser modificada en sede judicial (incapacitación judicial) privando al sujeto total o parcialmente de su derecho a decidir, y nombrándose a un tutor legal quién será el responsable último de las decisiones que esa persona deba tomar a partir de ese momento (44),

pero mientras tanto, o incluso en ese momento posjudicial –según Palacios- “es el médico responsable del paciente el que deberá hacer la valoración en cada caso concreto” (45), que no queda reducido al ámbito de un proceso terminal, sino que puede incluir hasta el “alta voluntaria” del hospital que se hace depender de la decisión del “médico responsable” (Palacios 2019: 47-49) sobre cada enfermo, o en su defecto la aplica la dirección del centro de salud. Tema que alcanza hasta “el rechazo a las actuaciones médicas”, en el que Palacios la hace depender de la “valoración de competencias” que hace el paciente, o en su defecto los familiares del mismo y el médico (Palacios, 2019: 43-46). Para la resolución de toda esta problemática se hace necesario que los pacientes cuenten con un testamento vital que incluya –como apunta Fernández-Carrión- no sólo el final de la existencia, sino todos los momentos de la vida del enfermo, denominándose entonces “testamento vital con anexo temporal” (FC), para diferenciarlo del que aluda exclusivamente al fin de la vida del interesado.

Desde este momento, y a partir de este escrito se ofrece la posibilidad de que toda persona pueda elaborar y contar con un testamento vital completo para todos los momentos de su vida, es decir con anexo temporal, con respaldo legal en todos los países que aceptan en el momento presente los documentos de voluntades anticipadas, por encima de que en el futuro se pueda mantener los términos de voluntades anticipadas o algún otro sinónimo que se apliquen de forma puntal legalmente.

Núria Terribas-Sala en “Las voluntades anticipadas y su utilización en la toma de decisiones” (2017: 41-57) incluye un “Modelo orientativo de documento de voluntades anticipadas”, y en la misma publicación Miguel-Héctor Fernández-Carrión presenta los “Aspectos técnicos para la elaboración de documentos de voluntades anticipadas o testamento vital”, donde muestra por su parte la “Propuesta de modelo de documento de voluntades anticipadas” (DVA Base) (2017: 59-80);

pero, actualmente, con el título de “Aspectos técnicos para la elaboración del testamento vital con anexo temporal”, incluye el “Modelo de documento de testamento vital con anexo temporal”, que hace público como primicia mundial en el presente libro y con el mismo título en la *Revista Vectores de investigación*, en el número 22.

3 Eutanasia

Mientras que los conceptos de voluntades anticipadas... o testamento vital se han intentado vincular o aplicar como sinónimos, a lo largo del tiempo, como se ha indicado anteriormente; no sucede igual con el término de eutanasia, que es aplicado como un concepto único, indivisible y evidente, y se ha intentado dejar claro desde sus inicios que no tiene nada que ver o no es posible vincularlo con la idea de voluntad anticipada, pues legal, política y a través de las organizaciones contrarias a la eutanasia han logrado que médica, legal y socialmente se diferencie completamente ambos conceptos y sean imposible conjuntarlos en la actualidad. Pero, en realidad, la eutanasia es una de las formas o más bien una de las posibles alternativas que puede aplicar cualquier persona al fin de su vida en circunstancias específicas; se emplee o no, se piense en ella o no se haga, es decir, tiene una vinculación filosófica y sociológica con la acción existencial del ser humano, pues es una de las opciones con la que cuenta las personas para el fin de su vida con ayuda externa con medicación fundamentalmente, aplicando o en cambio dejando de emplear la medicación usada normalmente en cuidados intensivos, dependiendo en todo caso del tipo de enfermedad y el estado de salud concreto que muestra el paciente en ese preciso momento, no tratándose por tanto en ningún caso de suicidio.

La eutanasia, procede etimológicamente del griego “εὐθανασία” o “euthanasía”, que significa “buena muerte” o “muerte apacible”, y del latín “eutanasia”. Su antónimo es distanasia, y consiste en la intervención deliberada para poner fin a una vida sin perspectiva de cura (RAE, s/f, DMD, 2015)⁷.

Los países que en la actualidad cuenta con eutanasia activa legal, son: Países Bajos, Bélgica, Luxemburgo, Canadá, Colombia, Ecuador, España, Nueva Zelanda y Portugal, y en los estados de Australia

⁷ La eutanasia se practica tanto en humanos, en el ámbito médico, como en animales de otras especies, entendida como eutanasia animal, en clínica veterinaria.

meridional, Australia occidental, Nueva Gales del sur, Queensland, Tasmania y Victoria.

Sobre eutanasia se presenta un extenso trabajo sobre los pros y los contras de su aplicación, con respaldo legal, en el presente libro en el capítulo elaborado por Fernández-Carrión bajo el título de “Perspectivas a favor y en contra de la eutanasia, desde una reflexión transdisciplinar”.

Referencias

- Betancor, Juana Teresa (1995) “El testamento vital”, *Egukilore*, No. 9, 97-112.
- Berrocal Lanzarote, Ana Isabel, Abellán Salort, José Carlos (2009) *Autonomía, libertad y testamentos vitales*, Madrid, Dykinson, 95-96.
- Boladeras, Margarita (2009) *El derecho a no sufrir*, Barcelona, Los libros del lince.
- Dominguez Luelmo, Andrés (2008) “La expresión anticipada de voluntades en el ámbito sanitario: el documento de instrucciones previas”, *Aspectos médicos y jurídicos del dolor, la enfermedad terminal y la eutanasia*, M. Gómez Tomillo (edición), Fundación Lilly.
- Fundación Pro derecho a morir dignamente (DMD) (2015) “Eutanasia”, dmd.org.co/2015/10/03/eutanasia-2/.
- Kutner, Luis (1969) “Due process of euthanasia: The living will, a proposal”, *Indiana law journal*, 549.
- Marcos del Cano, A.M. “Las voluntades anticipadas”, *10 palabras claves al final de la vida*, Estella, Editorial Verbo divino, 389-425.
- National Institute on Aging (s/f) “Planificación anticipada para los cuidados de salud”, www.nia.nih.org/espa-nol/planificacion-legal-financiera/planificacion-anticipada-cuidados-salud.
- Palacios García-Cervigón, Gregorio Jesús (2019) “Toma de decisiones sobre la capacidad de un sujeto en situaciones difíciles”, *Educación y salud. Desde el ámbito académico y profesional*, Jerónimo Amado López Arriaga, Miguel-Héctor Fernández-Carrión, et al. (coordinadores), México/Madrid, APublicaciones et al., 43-63.
- Real Academia Española (RAE s/f) *Diccionario de la lengua española*, <https://dle.rae.es>

MONOGRAFÍA DE EUTANASIA

MONOGRAPH ON EUTHANASIA

103

Perspectivas a favor y en contra de la eutanasia, desde una reflexión transdisciplinar

Perspectives for and against euthanasia, from a transdisciplinary perspective

DEMANDADO 19-4-2025 REVISADO 18-9-2025 ACEPTADO 23-10-2025

Miguel-Héctor Fernández-Carrión

Academia Iberoamericana de las Ciencias

Palabras claves: Eutanasia, transdisciplinariedad, dignidad humana

Key words: Euthanasia, transdisciplinarity, human dignity

Resumen En los tiempos actuales coexiste el debate con sus pros y sus contra entorno a la eutanasia. Cuenta con una actualidad cada vez más creciente e impactante en las legislaciones y en las discusiones públicas que tienen lugar en un gran número de países de Europa y América; estas discusiones normalmente se llevan a cabo desde una perspectiva disciplinar, mientras con el presente artículo se defiende tomar un posicionamiento demandante de la metodología transdisciplinar, para ello se analizará los pros y la contra de la eutanasia desde el criterio de la bioética, la filosofía, el derecho y la sociología; para un futuro se propone la necesidad de que se conjunte los saberes y se aplique los axiomas transdisciplinares: niveles de realidad, percepción... y, conocimiento, en el estudio de la práctica a favor o en contra de la muerte digna.

La decisión de solicitar la eutanasia como el no hacerlo, no depende solamente de un posicionamiento religioso o moral, o una situación médica exclusiva, sino que demanda atender a la situación psicológica, grado cultural, sociabilidad..., así como niveles de realidad, percepción... del enfermo terminal y entorno; lo que se logra metodológicamente, con la aplicación de la transdisciplinariedad.

Abstract In today's world, there is ongoing debate surrounding the pros and cons of euthanasia. It is becoming an increasingly topical

and influential issue in legislation and public discussions in many countries in Europe and America. These discussions are usually conducted from a disciplinary perspective, while this article advocates taking a position that demands a transdisciplinary methodology. To this end, the pros and cons of euthanasia will be analyzed from the perspectives of bioethics, philosophy, law, and sociology. For the future, it proposes the need to combine knowledge and apply transdisciplinary axioms: levels of reality, perception, and knowledge in the study of the practice for or against dignified death.

The decision to request euthanasia, like the decision not to do so, does not depend solely on religious or moral positioning, or an exclusive medical situation, but rather requires attention to the psychological situation, cultural level, sociability, etc., as well as levels of reality, perception, etc., of the terminally ill patient and their environment. This is achieved methodologically through the application of transdisciplinarity.

1 Introducción

En la actualidad coexiste el debate con sus pros y sus contras entorno a la eutanasia. Cuenta con una actualidad cada vez más creciente e impactante en las legislaciones y en las discusiones públicas que tienen lugar en un gran número de países de Europa y América; estas discusiones normalmente se llevan a cabo desde una perspectiva disciplinar, mientras con el presente artículo se defiende tomar un posicionamiento demandante de la metodología transdisciplinar, para ello se analizará los pros y la contra de la eutanasia desde el criterio de la bioética, la filosofía, el derecho y la sociología; para un futuro se propone la necesidad de que se conjunte los saberes y se aplique los axiomas transdisciplinares: niveles de realidad, percepción... y, conocimiento, en el estudio de la práctica a favor o en contra de la muerte digna.

“Eutanasia: concepción tipología, pros y contra desde una reflexión transdisciplinar”, consta de un primer apartado dedicado al concepto de la eutanasia; posteriormente, se presenta una selección de posicionamientos de los pros y contra; de los detractores, destaca la iglesia católica y una visión general de opiniones diversas; mientras que a favor, sobresale la posición de la escuela laica y la legislación partidaria (aunque por razones de extensión del texto se deja pendiente para otro momento). Posteriormente se alude a la postura intermedia, y se finaliza tratando una visión general transdisciplinar sobre la

eutanasia.

El azar es parte la vida, aunque da inseguridad al ser humano. El problema es que las personas no aceptan fácilmente la ausencia de seguridad y sentido; es capaz de soportar cualquier “cómo”, pero sólo si tiene un “porqué”. La libertad es el presupuesto necesario para poder hablar de la existencia de actos humanos voluntarios. Se puede vivir en relación con la realidad y con la libertad mediante nuestros sistemas de: conocimiento empírico, intuición, adaptabilidad, ciencia, magia, religión... y ética, aunque dichos sistemas deberán retomar una perspectiva integral y que atienda a todas las posibilidades para poder generar soluciones y garantizar que todo aquel que se enfrente a tan perturbadora situación tenga la posibilidad de respetar su dignidad como ser humano. Es posible que existen un sin número de preguntas y un mayor número de respuestas, sin embargo, al apelar a las condiciones humanas de reinterpretación de la realidad y capacidad de evolución, siempre introspectiva y nada rigurosa, demanda que se haga desde una perspectiva integradora y transdisciplinar.

La decisión de solicitar la eutanasia como el no hacerlo, no depende solamente de un posicionamiento religioso o moral, o una situación médica exclusiva, sino que demanda atender a la situación psicológica, grado cultural, sociabilidad..., así como niveles de realidad, percepción... del enfermo terminal y entorno; lo que se logra metodológicamente, con la aplicación de la transdisciplinariedad.

2 Pros y contras de la eutanasia

Últimamente, desde finales del siglo XX, a partir de la definición y el criterio en favor de una muerte digna, propuesto por Plats como, “el acto de matar, dejar morir o ayudar a morir a un integrante de la especie humana por su bien o interés se ha denominado eutanasia (Plats, 1997); que hace alusión a un acto piadoso por naturaleza, encaminado a aliviar el sufrimiento intenso de un ser humano próximo a morir o en condiciones de salud tales que afectan de modo severo e irreversible su calidad de vida; ha dado lugar a múltiples controversias, desde el hecho de qué se debe entender propiamente por eutanasia, pasando por las implicaciones éticas del problema, hasta la conveniencia de su legalización. Filósofos, médicos, abogados, religiosos, psicólogos, humanistas y otros tipos de profesionales han reflexionado sobre esta cuestión sin que, hasta ahora, se haya llegado

a una conclusión unánime sobre la moralidad o aceptación de dicho acto, por la sensación de impotencia y malestar que deja hablar de un tema tan complicado como la muerte y sus consecuencias inmediatas sobre el enfermo terminal y su entorno social.

Algunos análisis sociológicos nos revelan que un elemento característico de la cultura, en países donde el fin de la vida forma parte de la historia nacional, como sucede en México, por ejemplo, se aprecia un especial reconocimiento hacia la muerte. En general, la muerte es el nuevo tabú social. En muchos países occidentales, en los hospitales se oculta como si se tratara de algo que no existe, que es incorrecto o indecoroso, los velatorios suelen estar en sitios ocultos, el duelo de la familia apenas se hace explícito, las manifestaciones de dolor, son consideradas de mal gusto; lo que en general no sucede en México, donde muchos velatorios duran varios días en casa del difunto, acompañado en ocasiones de música de mariachi, por ejemplo. Visto desde una perspectiva internacional –apunta Fernández-Carrión– la celebración u ocultación o ninguneo de la muerte es independiente de la afectación más o menos real de un suceso de muerte en cada persona en particular (en este caso no se alude a la cultura colectiva de la muerte) y la incidencia de la posible aplicación de la eutanasia en la dignificación de la muerte.

Las controversias acerca de la ética de la eutanasia tienen su origen desde la antigüedad, desde la civilización greco-romana. Platón, Sócrates y Epicuro defendían el suicidio en los casos donde una enfermedad dolorosa causara sufrimiento. Mientras que por el contrario Aristóteles, Pitágoras e Hipócrates, lo condenaba de acuerdo al juramento de Hipócrates (principal pilar de sustentación de la dignidad de la profesión médica), de esta forma la escuela hipocrática se pronunciaba contra lo que hoy se denomina eutanasia o suicidio asistido. Esta discusión no sólo se desarrolló en Grecia, sino también en Egipto, donde Cleopatra Filopátor Nea Thea o Cleopatra VII creó una “Academia” para estudiar formas de muerte menos dolorosas para el ser humano (Goldim, 1997). El tema prosiguió a lo largo de la historia, con la participación de Lutero; Thomas Moro, a través de su escrito *Utopía*; David Hume, en *El suicidio*, Karl Marx, en *Medical eutanasia* y Schopenhauer, entre otros pensadores.

Tomas Moro en particular se muestra partidario con la eutanasia “activa”, con los siguientes criterios:

Ya dije que se esmeran en la atención a los enfermos. No escatiman nada que pueda contribuir a su curación, tratarse de medicinas o de

alimentos. Consuelan a los enfermos incurables, visitándolas con frecuencia, charlando con ellos, prestándoles toda clase de cuidados. Pero, cuando a estos males incurables se añaden sufrimientos atroces, entonces los magistrados y los sacerdotes se presentan al paciente y tratan de hacerle ver que está ya privado de los bienes y de las funciones vitales, que está sobreviviendo a su propia muerte y que es una carga para sí mismo y para los demás [...]. Y, puesto que, en estas condiciones, la vida es un puro tormento, que no dude en aceptar la muerte [...], en liberarse a sí mismo o permitir que le liberen los otros. Seguir estos consejos será una muestra de sabiduría, ya que la muerte no le apartará de los goces de la vida, sino del suplicio [...] Los que son así convencidos ponen fin a sus vidas voluntariamente dejando de comer o se les da un soporífero, muriendo sin darse cuenta de ello [...] Pero no obligan a nadie a morir contra su voluntad ni por ello le privan de los cuidados que le venían dispensando (Tomas Moro, s/f, libro segundo: 52-53).

Subsecuentemente el tema toma notoriedad durante los años que precedieron a la segunda guerra mundial, basado en las teorías del jurista Binding y del psiquiatra también de origen alemán Hoche, quienes se constituyeron en los portavoces de una especie de eutanasia, que favorecía la eliminación de la vida de unos “condenados a muerte” en beneficio de la “purificación de la raza aria”. En 1920, el penalista Karl Binding y el psiquiatra Alfred Hoche publican *Die freigabe der vernichtung lebensunwerten lebens...* (*La autorización para exterminar las vidas inútiles: extensión y forma*), donde se excusa al gobierno nazi, al comentar numerosos asesinatos a enfermos mentales, subnormales, incurables... y judíos, bajo la denominación de “sterbehilfe” (ayuda para morir).

Posteriormente, en el medio científico se han establecido directrices que normalizan conductas mediante un consenso para permitir un abordaje lúcido y racional de la mencionada cuestión de la eutanasia, infelizmente aún sin solución (Beauchamp y Chidress, 1999). Previamente, el moralista alemán Klous Demmer se cuestiona el tema, con los siguientes criterios: “El progreso de las técnicas de reanimación pone en discusión el concepto de muerte natural y humanamente digna, considerado válido hasta ahora. Hay que plantear, pues, de modo nuevo la clásica pregunta que si la medicina debe aplicar todos los medios de que dispone” (Demmer, 1992: 729), o como señala Keown y Matos el término sigue constituyendo un motivo serio para la sociedad (Keown y Matos, 2004). Por todo ello, se puede indicar que en la actualidad se han ampliado el debate, y la controversia ha llegado alcanzar escala mundial. La Organización Mundial de la Salud

(OMS) define la eutanasia como aquella acción del médico que provoca deliberadamente la muerte del paciente (OMS, 2002). Esta definición resalta la intención del acto médico, es decir, el querer provocar voluntariamente la muerte del otro: el paciente. La eutanasia se puede realizar por acción directa: proporcionando una inyección letal al enfermo, o por acción indirecta: no proporcionando el soporte básico para la supervivencia del mismo. En ambos casos, la finalidad es la misma: apoyar la muerte digna de un enfermo en estado terminal.

James Drane realizar una visión histórica de los partidarios y contrarios a la eutanasia y el suicidio asistido, en un principio desde el estudio de la postura mantenida por los “creyentes cristianos y judíos”, y más tarde se centra en los posicionamientos existentes en los Estados Unidos (Drane, 2013: 169-172). Asimismo, Jaime Escobar Triana alude igualmente a los criterios de los favorables y contrarios (2013: 172-175).

Un tema aparte, sería el propuesto por Kottow al introducir una visión social sobre el debate sobre la eutanasia, al señalar que

El problema que tanto la sociedad como la medicina y la bioética enfrentan es que el envejecimiento poblacional y la intervención geriátrica multiplican las situaciones de solicitud de muerte asistida. La mantención con vida de pacientes deteriorados que no desean continuar viviendo es, también, un problema de recursos: los elevados costos restan cobertura a otras situaciones médicas, además de introducir una nueva cuña de desigualdad entre quienes pueden solventar una medicina paliativa efectiva, en comparación con quienes carecen de esa posibilidad (Kottow: 2013, 181).

Este mismo posicionamiento, lo realiza Miguel Manzanera García, para el caso específico de Bolivia (mientras que Kottow alude a Chile); aunque más que de eutanasia se refiere a la dificultad de recibir apoyo médico en general, al carecer de seguridad social, tanto pública como privada

es un problema social que afecta sobre todo a la clase social baja, pero también en una cierta medida la clase media [urbana y rural] (...). En la ciudad [en particular] hay muchas deficiencias en salud pública y la salud privada es inasequible para personas de escasos ingresos. Además hay que tener en cuenta los elevados índices de pobreza que incide en la desnutrición y la mala alimentación de la niñez y de la población pobre [que les produce en ocasiones la muerte de forma natural] (Manzanera, 2013: 190).

Esta misma precariedad económica es también la razón por la que

algunos enfermos terminales que no pueden sufragar los gastos médicos les motivan solicitan finalizar lo antes posible la agonía personal y/o familiar (Fernández-Carrión).

2.1 Posicionamientos en contra de la eutanasia

La eutanasia es un acto –según los opositores- que busca provocar la muerte a una persona enferma que conlleva graves consecuencias familiares, sociales, médicas, éticas y políticas.

Según Semet, Smith y Durán (1993) los grupos que se oponen al aborto son generalmente los que se oponen también a la eutanasia, entre ellos se encuentran: los grupos religiosos conservadores, quienes se oponen a la libertad personal de elección en muchas áreas de la vida; así como las asociaciones médicas que se dedican a salvar y alargar la vida y se sienten incómodos ayudando a la gente a terminar sus vidas y algunos grupos de incapacitados que sienten miedo de que la eutanasia sea el primer paso hacia la inclinación de terminar, sin su voluntad, con las vidas de la gente incapacitada (Sernet et al, 1993: 2). De acuerdo a estos criterios, la información y el conocimiento del paciente sobre su enfermedad y su demanda libre y voluntaria de poner fin a su vida con ayuda del suicidio asistido, no cambia que se trate de un “homicidio” –según los opositores-, pues lo que se propone entra en grave conflicto con los principios rectores del derecho, de la medicina y de la bioética hasta nuestros días.

Los posicionamientos contrarios a la eutanasia proceden desde la antigüedad, destacando entre ellos a Aristóteles, Pitágoras e Hipócrates. De igual forma, sobre salen los colectivos religiosos, de entre los que se encuentran los católicos.

2.1.1 La iglesia católica

Tradicionalmente la religión ha representado una influencia significativa sobre los valores morales, aunque ésta se ha ido perdiendo a medida que se ha consolidado el funcionamiento secular de las sociedades. Las convicciones religiosas subyacen en la mayoría de las mentalidades de las personas y siguen presentes en el debate ético y legal que realizan las sociedades sobre diversos temas. Puesto que las religiones ayudan a enfrentar el misterio y el terror que representa la muerte y sirven de consuelo para superar la angustiosa situación de acercarse al final de la vida; pues, quienes profesan un

determinado credo no son indiferentes a lo que éste señale con respecto a la eutanasia.

Las raíces de la oposición católica con respecto a la eutanasia se encuentran en el antiguo testamento, particularmente en el quinto mandamiento que prohíbe matar; que por extensión condena el homicidio, el suicidio, el aborto y la eutanasia.

La iglesia católica⁸ tiene la convicción de que Dios es el único dueño de la vida, mientras que los hombres y las mujeres son meros administradores. A partir de los siglos XVI y XVII, la teología moral católica se refiere al tema basándose en la distinción entre medios ordinarios y extraordinarios.

El papa recomienda el apoyo de los cuidados paliativos y la supresión del dolor para que los enfermos estén en condiciones de atender las obligaciones morales, familiares y espirituales, en un momento tan trascendental como es el final de la vida, y por ello aprueba la administración de calmantes aun cuando estos acorten la vida (Álvarez del Río, 2005: 100).

Igualmente, Pío XII se refirió varias veces, dentro de sus numerosas enseñanzas sobre problemas médicos, a la cuestión de la eutanasia. En sus textos, el papa la rechaza entendiéndola sinónima a “muerte piadosa”, mientras que acepta la eutanasia activa indirecta. El 22 de febrero de 1941, el Santo oficio se pronuncia contra la eutanasia eugenésica, al señalar, que:

No es lícito matar directamente, por orden de la autoridad pública, a aquellos que, sin haber cometido delito alguno que merezca la muerte, no están en condiciones, a causa de sus deficiencias físicas o psíquicas, de ser útiles a la nación y son considerados más bien como carga y obstáculo para su progreso y desarrollo (APV, 1999: s.p.).

Por esto, la defensa del valor y la dignidad de la vida humana no es total, puesto que hay una afirmación implícita sobre la legitimidad de la pena de muerte. El Vaticano también se pronuncia de un modo muy contrario a la eutanasia, mencionada junto al aborto, al suicidio y al genocidio, con los siguientes términos: “todas estas prácticas y otras parecidas son en sí mismas infamantes, degradan la civilización humana, deshonran más a sus autores que a sus víctimas y son totalmente contrarias al honor debido al Creador” (Pablo VII, 1965, s.p.)

De igual forma la Congregación para la doctrina de la fe expresa la

⁸ En la misma línea de pensamiento se muestra la Conferencia Episcopal Española (2004).

postura oficial de la iglesia católica en el tema de la eutanasia, de acuerdo a los siguientes puntos:

- 1 Hay en él una clara afirmación de la inviolabilidad de la vida humana: nadie puede atentar contra la vida de un inocente sin violar un derecho fundamental, irrenunciable e inalienable. Es inadmisibles poner fin a la vida de un enfermo, incluso ante un dolor prolongado e insostenible. Por tanto, el documento rechaza totalmente la eutanasia activa.
- 2 Subraya el valor cristiano del dolor y se reafirma en la legitimidad del uso de calmantes.
- 3 Condena el encarnizamiento terapéutico y afirma el derecho a morir con toda serenidad, con dignidad humana y cristiana (Juan Pablo II, 2004).

Asimismo, el mismo papa en la encíclica “*Evangelium vitae*” alude que en el siglo XX se asiste a los peligros tecnológicos y sistemáticos contra la vida, amenazas que suponen una verdadera “conjura”. Esta denuncia afecta, sobre todo, a una realidad crucial: la eutanasia (Juan Pablo II, 2004).

En la misma línea de oposición, pero aludiendo en este caso al proceso de ejecución obligada de condenados por la ley, Amnistía Internacional, por ejemplo, publicó en el “Diario médico”, el 3 de noviembre de 1998, que los médicos que intervengan en la ejecución de un reo por medio de una inyección letal incurrirán en una práctica contraria a la ética profesional, aunque les ampare la legislación del país. Se ha afirmado que cuando se introdujo el uso de la inyección letal se presentó como un sistema que humanizaba las ejecuciones. Sin embargo, en la práctica, se tiene constancia de un alto número de casos en los que ha fallado y ha causado una muerte dolorosa. La despenalización de la eutanasia, para los contrarios, conllevará a la decadencia ética.

2.1.2 Teóricos por cuenta propia

Entre los teóricos contrarios a la eutanasia, se puede aludir a la figura de Marrero et al. (1996), quien señala que existe una serie de objeciones importantes en contra de la legalización de la eutanasia que se dividen en tres apartados, desde el punto de vista de los médicos, del enfermo y de la sociedad.

De igual forma, Florencia Luna, presenta una serie de

“contraargumentos” en torno a diferentes supuestos de demandas de suicidio asistido (Luna, 2013: 183-186). Asimismo, José Alberto Mainetti sobre los dos “principales argumentos a favor de la legalización” de la eutanasia y el suicidio asistido considera que se fundamenta en una “serie de ficciones morales y jurídicas” (Mainetti, 2013: 187), y de igual forma se expresa María Teresa Rotondo al decir que “no permitir que la persona llegue al proceso de la muerte en forma natural es un acto injusto” (Rotondo, 2013: 195).

Como alternativa a la eutanasia y el suicidio asistido Fermin Roland Schram (2013: 200) y Leo Pessini (2013: 191-192), entre otros autores proponen como alternativa los cuidados paliativos

3 Posicionamientos a favor de la eutanasia

Como se ha reiterado en señalar, la eutanasia es un acto que busca facilitar una muerte digna a una persona enferma. Los primeros partidarios de la eutanasia se encuentran en la Grecia clásica, protagonizada por los filósofos Platón, Sócrates, Epicuro y Plinio; posteriormente en Roma destacan Séneca y el emperador César Augusto.

En la época contemporánea sobresale el posicionamiento a favor mantenido por el grupo de médicos del Concord Hillsie Medical Center, de Massachusetts, que recopila la opinión de médicos y ciudadanos en Estados Unidos, constatando un número creciente de personas favorables a la eutanasia, como se recoge en Eutanasia: los dilemas morales, de Robert M. Baird y Stuart E. Rosenbaum (1992). De igual criterio es Sherwin B. Nuland (1995), que la acepta en los supuestos de “paciente terminal que, con plenas facultades mentales y después de consultar a otras personas [no alude en este caso que estos tengan que ser obligatoriamente médicos], escoge racionalmente su forma de morir” (Wanzer et al., 1992); asimismo, se muestran a favor de la eutanasia activa y es demandada racionalmente (“competente”) por parte de Engelhardt y Ernlé W.D. Young (capellán del Hospital de la Stanford University), este último señala que

Las disposiciones que prohíben la ayuda al suicidio deberán ser abolidas cuando esa ayuda se limita a suministrar apoyo moral o información (...) [y las que prohíben los casos de eutanasia activa] deben permanecer, pero incluyendo la previsión de atenuante o incluso eximente cuando se demuestre con claridad que quien ayudó lo hizo sólo por compasión y altruismo, y no obedeciendo a otro móvil siniestro (Young, 1992: 136).

Mientras, José Vico Peinado (1995), de la Universidad Pontificia de Salamanca, distingue tres tipos de eutanasia, unas aceptables y otras

rechazables, según su criterio: la eutanasia activa heterónoma (o impuesta, contra o sin la voluntad del paciente) es rechazable; en cambio, la eutanasia activa autónoma (muerte libremente elegida por el paciente y secundada por quienes los atienden) y la eutanasia ortotanasia o pasiva (que supone la suspensión del tratamiento y la privación de los medios médicos que prolongarían la agonía del paciente –anti-distanasio-) son aceptables (Vico, 1995: 220)⁹. En una posición extrema, se muestra la filósofa y filóloga de la Universidad de Basilea Annemarie Pieper (1985) al afirmar en su artículo “Argumentos éticos a favor del suicidio” que “la vida es una condición necesaria, pero no suficiente, para existir en cuanto hombre. La condición suficiente para que el hombre exista como hombre, de una manera humana digna, es la libertad” (Pieper, 1985: 369), y Derecho a morir dignamente (DMD) en el título significativo de Argumentos y reflexiones para quienes defendemos que la libertad de disponer de la propia vida es un derecho fundamental del siglo XXI (2017).

Holanda es el primer país del mundo que permite por ley la eutanasia, a partir del 1 de abril de 2002, con el apoyo del 85% de la población. Previamente, era reconocida por el Tribunal Supremo, a partir de 1984 y es despenalizada en 1994. Actualmente, es por tanto una opción legal para los pacientes terminales sin convertir judicialmente a los médicos en criminales (Ferrer, 2002). La aprobación legal de la eutanasia en Holanda provocó la solicitud por parte de algunos partidos políticos españoles la legalización de la eutanasia en España, como propone por ejemplo la Asociación Catalana de Estudios Bioéticos.

La verdadera alternativa a la eutanasia y al encarnizamiento terapéutico es la humanización de la muerte, y ayudar al enfermo a vivir lo mejor posible el último periodo de la vida. Es fundamental expresar el apoyo, mejorar el trato y los cuidados, y mantener el compromiso de no abandonarle, tanto por parte del médico, como por los cuidadores, los familiares, y el entorno social (Fibla, 2000). La respuesta ante la petición de eutanasia no es sólo la legalización sino una mejor

⁹ Atendiendo a la postura de Vico, Berestain dirá que “no todos los teólogos católicos condenan el morir con dignidad ni la eutanasia activa; mucho menos la pasiva. Lógicamente y por muy diversas razones, no cabe afirmar que existe un argumento religioso o teológico unánime para exigir que el Código Penal tipifique y sancione todos los supuestos de eutanasia activa; mucho menos la pasiva. Más bien parece aconsejable seguir el ejemplo de los países que permiten, de hecho, los casos extremos” (Berestain, 1997: 31).

educación y atención sanitaria y social.

La solución vendrá cuando se comience a practicar una medicina más humanitaria, es decir, dar un cuidado integral a quien pronto va a morir, tratando tanto los sufrimientos físicos como los sufrimientos psíquicos, sociales y espirituales o personales del enfermo. Hay que ser respetuosos con la vida y también con la muerte.

En la *Declaración "lura et bona" sobre la eutanasia*, publicada en 1980 (Seper y Hamer, 1980), "el documento reconoce –según Álvarez de Río– el dolor que vive un enfermo terminal y aprueba el uso de medicinas para aliviarlo, aun si éstas abrevian la vida, desaprueba el encarecimiento terapéutico y acepta el derecho a morir con dignidad" (Álvarez del Río, 2005: 99). El concepto de "morir con dignidad" no puede ser entendido exclusivamente como eutanasia, aunque equivocadamente se pueda entender como tal tras una simple lectura del término. Aunque teóricamente no es partidario, acepta en la práctica la eutanasia la Asamblea Médica Mundial en la Declaración de la AMM sobre eutanasia¹⁰, al señalar que "la eutanasia, es decir el acto deliberado de poner fin a la vida de un paciente, aunque sea por voluntad propia o a petición de sus familiares, es contraria a la ética. Ello no impide al médico respetar el deseo del paciente de dejar que el proceso natural de la muerte siga su curso en la fase terminal de su enfermedad" (AMM, 1987).

Totalmente partidario se muestra Gafo Fernández, quien considera que la eutanasia debe entenderse como el acto de poner fin a la vida de una persona enferma que no tiene esperanzas de vivir en condiciones humanas (Gafo, 2000). Mientras, que José Vico Peinado entiende que la eutanasia trata de acortar un proceso de muerte ya iniciado, que inevitablemente va a ocurrir y que atenta contra el derecho del enfermo a morir dignamente. Dicho autor considera insuficiente la argumentación del Vaticano para condenar la eutanasia y cuestiona la diferencia que existe entre la eutanasia pasiva, permitida y la activa (como se ha apuntado anteriormente).

Desde un posicionamiento teórico aparentemente a favor, de la eutanasia o al menos hace mención de su existencia, Ludwig Schmidt distingue entre eutanasia de "hecho", por hacerlo según "sus

¹⁰ Aprobada por la 39 Asamblea Médica mundial celebrada en Madrid, en octubre de 1987 y reafirmada en la 170 sesión del Consejo Divonne-les-Bains, en Francia, en mayo de 2005 y en la 200 sesión del Consejo de la AMM, en Noruega, en abril de 2015.

critérios” y “no (...) de derecho”, al no estar despenalizado (en Venezuela, por ejemplo) (Schmidt, 2013: 199).

4 Posiciones intermedias

Un posicionamiento intermedio podría venir determinado por lo que se podría denominar tiempo “circunstancial” –según Fernández-Carrión-, que cambia de acuerdo a la legislación que se aplique en cada momento histórico tomado de referencia: en un momento está prohibido y es penalizado, mientras que en otro momento puede suceder lo contrario.

En cambio, el posicionamiento intermedio “permanente” (de acuerdo a Fernández-Carrión) lo propone Francesc Abel y Núria Terribas al defender la inviolabilidad de la vida, como “don divino”, al mismo tiempo que puede darse el caso de que un enfermo se administre con “responsabilidad”, en situación extrema de sufrimiento, para acelerar el “momento final” de su vida con la ayuda de otros. Como sería el caso, que un paciente oncológico, por ejemplo, rechace una quimioterapia, aun sabiendo que su pronóstico vital se reducirá ostensiblemente, y en otros supuestos, por el contrario, no, cuando un paciente no acepta un ventilador mecánico o una sonda de alimentación “cuando de ello depende su supervivencia de forma mucho más directa” (Abel, Terribas, 2013: 168). Asimismo, Pedro Federico Hooft también alude a otros casos posibles de posicionamiento intermedio (Hooft, 2013: 176-177).

5 Eutanasia y transdisciplinariedad

La eutanasia ha sido un concepto y una práctica que históricamente ha preocupado a la humanidad cuestionarse y proponer alternativas éticas a problemas médicos cotidianos (FC), de diversos puntos de vista, todos ellos en referencia a una perspectiva histórico sociocultural (Goldim, 2004) determinada, sin embargo, dichas similitudes y/o diferencias de criterios no deben ser objeto de satanización o veneración sin fundamentar la visión que se tenga, pues incluso las posturas que se han adoptado actualmente en muchos países son objeto de discusión por parte de otros; apreciándose que la conjugación de las peculiaridades que distinguen a la cultura, subcultura, incluido los saberes populares, de cada país, y que son difíciles de equiparar, lo cual le otorga un estatus diferenciador, aunque no imposible de

unificar. Por ello, la perspectiva transdisciplinaria, asevera que no existe un espacio cultural privilegiado desde donde se pueda juzgar las demás culturas, ya que la metodología transdisciplinar es, en sí mismo, transcultural y de conjunción de saberes.

Entendiéndose por eutanasia como una cuestión actual, se propone un análisis holístico en pro de una perspectiva generalista para ésta y un sin número de materias que provoca consensos o discrepancias, casi siempre atendidas desde un punto de vista pluridimensional, como lo enmarca Jacques Robin al señalar que la transdisciplinariedad vivida puede conducir no sólo a un cambio de mentalidades, sino también de comportamiento social (cfr. Almarza, 2006).

Todo lo que el ser humano comprende y asimila procede de una realidad, la “misma que es objeto de estudio de esta área y da un punto más de complejidad, son consecuentemente diferentes grados de entendimiento por los cuales se deben acceder y trascender a nivel de conceptualización y esclarecimiento” (Nicolescu, 1996: 12); no sólo sobre la eutanasia, sino de todas aquellas temáticas que por ahora son aplicadas como herramientas teóricas y prácticas, se intenta lograr una comprensión multidimensional e integradora. De este modo, no se pretende no considerar los aportes científicos realizados hasta el momento; sin embargo, las necesidades actuales a nivel sociocultural demandan de una perspectiva transdisciplinaria¹¹. Este posicionamiento teórico se aprecia reforzado por un entendimiento aún más ambicioso que ayuda a comprender la realidad desde un pensamiento menos conservador y más ideal para nuestro tiempo; concomitante con la teoría del quantum establecida por Max Planck, que muestra el problema complejo de la discontinuidad de la materia, común con la metodología transdisciplinar.

La transdisciplina es propositiva, paliativa, generadora de cambios imperiosos en diferentes estratos sociales, condiciones humanas y distintas áreas de conocimiento, no tratándose de un paradigma difuso, sino más bien complejo y al mismo clarificador de la

¹¹ Para la comprensión de la metodología transdisciplinar se debe atender a los escritos de Basarab Nicolescu en “Transdisciplinariedad: pasado, presente y futuro (1era. Parte) (2006a), “Transdisciplinariedad... (2da. Parte) ([2006]b) y “La transdisciplinariedad. Manifiesto” (1996); Núñez et al “Transdisciplinariedad y sostenibilidad encuentro con Basarab Nicolescu” (2011) y Fernández-Carrión “Pensamiento conjunto: entre pensamiento complejo y transdisciplinariedad” (2017) y “(...) de la multidisciplinariedad a la transdisciplinariedad” (2014), entre otros autores.

multiplicidad de realidades y pensamientos. Es así que un planteamiento transdisciplinario se convierte por sí mismo en una propuesta transcultural, transreligiosa, transnacional, transhistórica y transpolítica, capaz de reflejar una responsabilidad individual y colectiva del desarrollo interior del ser humano, donde las estructuras sociales deben crear las condiciones ideales para que dicha responsabilidad pueda surgir y realizarse, sin olvidar que el bienestar material e inmaterial (FC) se relacionan entre sí, evocando al mis tiempo que la constitución y dignidad del ser humano también es de orden cósmico y planetario (Niscolescu, 1996) y global (FC).

El entendimiento de la transdisciplinariedad debe remontarse a aquel momento en el cual se irrumpen los límites entre las disciplinas sobre todo en el campo de la docencia, la investigación y el pensamiento, para superar la pluri y la interdisciplinariedad, conjunción de conocimientos científicos y saberes ancestrales, más que populares. La necesidad de un punto de vista holista es inminente, sobre todo en temáticas tan complejas como lo es la eutanasia, ya que plantea enormes retos de concordancia y desafíos irrepitibles en nuestro mundo contemporáneo cambiante.

Karin Lagos Bossman y Eduardo Rodríguez Yunta resaltan, de forma genérica, la importancia de la transdisciplinariedad en la bioética, por encima de la disciplina, multi e interdisciplinariedad (Lagos Bossman y Rodríguez Yunta, 2006: 37). La metodología transdisciplinar aplicada a la eutanasia, en particular –como apunta Fernández-Carrión–, posibilita teóricamente que se conjunte diferentes áreas del conocimiento (medicina general, psiquiatría, sociología, derecho, etc.), distintos saberes (científicos y populares, estos últimos a través de atender a tratamientos naturistas comunes a las poblaciones originarias, etc.) y el empleo de los axiomas transdisciplinarios: niveles de realidad, tercero incluido (Nicolescu, 1996), niveles de percepción, niveles de conocimiento, etc. (Fernández-Carrión (2017) y complejidad. Según esta metodología, en la práctica de un acto de eutanasia, se debe atender –como apunta Fernández-Carrión– por igual a los criterios del(los) médico(s) intervinientes en dicha práctica de salud, así como enfermera(s), familiares, amigos o personas vinculadas de una u otra forma con dicha acción sanitaria y el enfermo en particular, todo ello a través de la consideración en particular del concepto de niveles de percepción; para de esta forma, poder constatar los niveles de conocimientos distintos que cuentan médicos, paciente y familiares, etc. Según la diferencia entre los niveles de realidad,

percepción y conocimiento que presenta cada uno de los intervinientes y partícipes, unido a la consideración del tercer incluido y la complejidad presente en la acción analizada; todo ello, con la intención de señalar que el planteamiento convencional de la aplicación de la eutanasia sobre un paciente terminal determinado debe ser distinto en cada caso, atendiendo a niveles de realidad, percepción, etc. interviniente en dicho caso entre los diferentes actores partícipes, y no sólo hacerlo desde un posicionamiento unificador y unilateral, como se efectúa normalmente en los medios médicos convencionales, considerando exclusivamente los dictados legales y la consideración del médico por encima del criterio del enfermo y en su defecto de alguno de sus familiares. La aplicación de la metodología transdisciplinar posibilita la comprensión de la eutanasia atendiendo a todos, o al menos al mayor número de factores: culturales, políticos, sociales, culturales y religiosos o morales al que alude todos y cada uno de los partícipes en cada una de las acciones eutanásicas, entendidas como un caso independiente de otras, por sus peculiaridades propias y del entorno y fundamento teórico aludido en dicha ocasión. Con esta práctica particular de la eutanasia con aplicación de la metodología transdisciplinar vincula la acción con el empleo de la bioética, en particular, con perspectiva social, tal como la plantea Pfeiffer en *Bioética ¿estrategia de dominación para América Latina?* (edición, 2004 a) y *“Progreso y ciencia. Una reflexión ética”* (2004b), y Salazar en *“Bioética ¿ciencia o disciplina?”* (2000), entre otros, como se recoge y se analiza en extensión en la *“Introducción: Conceptualización y desarrollo de la bioética social latinoamericana”*, de Fernández-Carrión y Márquez (Fernández-Carrión y Márquez, 2017: 17-40), donde se proclama inicialmente la elaboración de una ética *“del cuidado y la solidaridad”* (León Correa, 2008: 1079)¹², en defensa de la población más vulnerable y el derecho a la salud pública (Maglio y Pfeiffer, 2004: 123). De esta forma se establece –según Fernández-Carrión– una complementariedad de la metodología transdisciplinar en la aplicación de un posicionamiento de bioética social en la práctica de cada caso particular de eutanasia.

Como ejemplo, de un posicionamiento en parte próximo al criterio transdisciplinar Javier Luna Orosco distingue entre eutanasia y el suicidio asistido, al señalar que

¹² Francisco León también trabajo sobre el mismo tema de una bioética social en *“Una bioética social para Latinoamérica”* (2005) y *Temas de bioética social* (2011).

(...) asumiendo que los seres humanos somos iguales en derechos y deberes, pero diferentes según nuestros aconteceres y la potestad de tomar decisiones, se hace necesario tomar muy en cuenta la trascendencia de esas diferencias, en sentido de reconocer que los absolutismos para el rechazo o la aceptación de posiciones que generan dilemas éticos, no son saludables (Orosco, 2013: 182).

6 Conclusiones

La eutanasia desde la antigüedad ha sido cuestionada por diferentes filósofos (Sócrates, Platón, Epicuro, Aristóteles), médico (Hipócrates) y político (César Augusto), siempre ha sido fuente de debate de partidarios y detractores; pero es en la edad contemporánea cuando la población, y en particular pacientes terminales y enfermos incurables hacen público la demanda de una muerte digna, atendiendo a su derecho de autonomía personal, como sucede en España, con Ramón Sampredo (de 1993 a 1998) y Chile (Manuel Almeyda, en 2014; Valentina Maureira, en 2015 y Paula Díaz Ahumada, en 2018).

Desde tiempos inmemoriales han coexistido los detractores y los partidarios de la eutanasia; entre los primeros destacan Aristóteles, Pitágoras, Hipócrates...; posteriormente, lo hace Juan Pablo II, Pablo VII, y actualmente Alberto Mainetti, Florencia Luna, María Teresa Rondono... En cambio, entre los segundos sobresalen Platón, Sócrates, Epicuro, Séneca, César Augusto, Tomás Moro..., y en los momentos presenten Sherwin B. Nuland, Dietrich von Engelhardt, Javier Gafó Fernández... Todo ello, se produce con la existencia de un posicionamiento intermedio propuesto por Francesc Abel y Núria Terribas.

La eutanasia a partir de la mitad del siglo XX, en 1969, se ha venido regularizando legalmente en diferentes países del mundo; se inicia en Holanda, le prosigue Bélgica; posteriormente, en el primer cuarto del siglo XXI, lo hace Luxemburgo, Washington, el Estado de Montana y de Vermont en Estados Unidos... y Canadá.

La necesidad de aplicar una metodología transdisciplinaria sobre el complejo proceso de la eutanasia, donde se encuentran, por diferentes circunstancias y avatares de la vida, la inminente muerte de un ser querido que se advierte desde el preámbulo temático, la problemática tácita, pues para el enfermo terminal, sus familiares y los médicos que lo atienden, las decisiones sobre el tratamiento a seguir presenta importantes consecuencias y de igual forma adquiere también relevancia todos los factores que intervienen en la vida del

paciente y en las decisiones médicas. Todas las actividades que son parte del acontecer diario del paciente terminar, pueden mejorarse desde una perspectiva transdisciplinaria; por ello, se propone un transhumanismo que ofrece a cada ser humano la capacidad máxima de desarrollo cultural, psicológico o espiritual y personal. Se trata de buscar lo que hay entre, a través y más allá de cada uno de los seres humanos, lo que se podría llamar el “ser de los seres”.

Temas tan importantes como la eutanasia por su naturaleza profundamente humana deberían ser cada vez más del dominio público, para generar y exponer puntos de vista particulares y/o colectivos, coincidentes o dispares, hasta dar con un resultado más sensible e informado, no sólo en relación con los profesionales de la salud sino también con respeto a los pacientes, familiares y la sociedad en general; por lo cual, se comprende la temática de manera holística, es decir saber que este asunto involucra a distintas disciplinas como la abogacía y la política, en el entendimiento legislativo; la filosofía desde la ética; la teología desde la religión; la sociología con la comprensión social y la economía desde la asimilación de la realidad económica de cada uno de los afectados.

Provistos de una perspectiva bioética, la toma de decisiones es sustancialmente crítica y en especial cuando se trata de la vida humana y más aún en el momento que se ostenta preponderar la dignidad de esa misma existencia, con lo cual se suele argüir a principios explícitos en el marco teórico filosófico-religioso. La confrontación entre la perspectiva humanista y religiosa, en la conformación de la diversidad cultural, podría desarrollarse de forma útil, desde la perspectiva de “la visión transdisciplinaria [que] es decididamente abierta, en la medida en que trasciende el campo de las ciencias exactas por medio del dialogo y su reconciliación no sólo con las ciencias humanas, sino también con el arte, la literatura, la poesía y la experiencia interior” (Nicolescu, 1996).

Todo ello serán buenos indicios en el entendimiento de una nueva forma de pensar; sin embargo, no será suficiente que todo un grupo de médicos, filósofos, etc., generen separadamente ese cambio de paradigma, ya que es necesaria la conjunción de todos los conocimientos y saberes, en beneficio de la sociedad.

La premisa integradora y metodología transdisciplinar en el tratado de la eutanasia, no sólo evoca a los cuidados de salud, sino al conjunto de los aspectos legales, tecnológicos... y teológicos junto a los saberes populares, a la par de poner atención a la comprensión de

diferentes niveles de realidad, percepción...; cada una de estas perspectivas indica, como lo enmarca Nicolescu, un necesario análisis transcultural, transreligiosa, transnacional, transhistórica... y transpolítica, para lograr una perspectiva integradora de respeto de los puntos de vista de cada uno de los integrantes de la acción médica, sin importar el estrato social, nivel profesional y religión del paciente, denotando en el cuidado de hoy en día que se pueden preponderar por encima de cualquier racionalización que genera una comprensión exclusivamente local y que atienda únicamente las circunstancias personales a otra más amplia dentro de un contexto universal y una perspectiva transdisciplinar.

La eutanasia es un acto que busca facilitar la muerte digna a una persona enferma que conlleva consecuencias personales, familiares, sociales, médicas, éticas, políticas y económicas. Para los contrarios de la eutanasia significa una derrota social y profesional ante el problema de la enfermedad y de la muerte; mientras que para los partidarios conlleva la aceptación de la libertad personal y autonomía del paciente y/o familiares (en el caso que en enfermo no se encuentre con capacidad de decisión) para tener una muerte digna.

La decisión de solicitar la eutanasia como el no hacerlo, no depende solamente de una posición religiosa y una situación médica y económica exclusivamente, sino que es necesario atender a la situación psicológica, grado cultural, sociabilidad... así como niveles de realidad, percepción... (metodología transdisciplinar que se deja emplear en su extensión para otro momento) del enfermo terminal.

Referencias

- Abel, F., Terribas, N. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo y contrapuntos bioéticos*, Lynette Hooft (editoria), Editorial Biblos et al., Buenos Aires, 167-169.
- Academia Pontificia para la Vida (APV) (1999) "Dignidad del moribundo: La eutanasia y el suicidio asistido", *V Asamblea general de la academia pontificia para la vida* (27/02/99), <http://muertedigna.org/textos/euta-420.htm>.
- Almarza Rísquez, F. (2006) "Convergencia transdisciplinar: una nueva lógica de la Realidad", *Revista Tharsis del Programa de Cooperación Interfacultades de la UCV*, Caracas, No. 2003.
- Álvarez del Río, A. (2005) *Práctica y ética de la eutanasia*, México, Fondo de Cultura Económica.

- Asamblea Médica Mundial (1987) "Declaración de la AMM sobre eutanasia", www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-la-amm-sobre-la-eutanasia.
- Baird, R.M, Rosenbaum, S.E. (1992) *Eutanasia: los dilemas morales*, Barcelona, Alcor-Martínez Roca.
- Beauchamp, T., Childress, J. (1999) *Principios de ética biomédica*, Barcelona, Masson, 4 edc.
- Beristain, A. (1997) "La eutanasia ayer, hoy y mañana", *Derecho y salud*, No. 5, 19-32.
- Binding, K., Hoche, A. (1920) *Die freigábe der vernichtung lebensunwerten lebens: Ihr mass und ihere form*, Leipzig, Meiner.
- Conferencia Episcopal Española (2004) *La eutanasia: 100 cuestiones y respuestas sobre la defensa de la vida humana y la actitud de los católicos*, Conferencia Episcopal Español, Madrid, Ediciones Palabra.
- Demmer, K. (1992) "Eutanasia", *Diccionario de teología moral*, Madrid, Ediciones Paulinas.
- Derecho a morir dignamente (DMD) (2017) *Cuaderno DMD. Argumentos y reflexiones para quienes defendemos que la libertad de disponer de la propia vida es un derecho fundamental del siglo XXI*, Madrid, DMD, 2 edc.
- Drane, J. (2013) "Eutanasia y suicidio asistió", *Diálogo...*, 169-172.
- Escobar Triana, J. (2013) "Eutanasia y suicidio asistió", *Diálogo...*, 172-175.
- Fernández-Carrión, M.H. (2014) "Migración e imagen: de la multidisciplinariedad a la transdisciplinariedad", *Debates éticos con metodología transdisciplinaria*, María del Rosario Guerra González (coordinadora), México, Plaza y Valdés Editores, 187-227.
- Fernández-Carrión, M.-H. (2017) "Introducción: conceptualización y desarrollo de la bioética social latinoamericana", *Bioética. El final de la vida y las voluntades anticipadas*, Jorge Olvera-García, Octavio Márquez, Miguel-Héctor Fernández-Carrión et al. (coordinadores), México-Barcelona, Editorial Gedisa et al., 17-40.
- Ferrer, Isabel (2002) "La ley sobre la eutanasia entra en vigor en Holanda...", *El País*, 2 abril de 2002 https://elpais.com/diario/2004/04/02/sociedad/1017698403_850215html.
- Fibla, C. (2000) *Debate sobre la eutanasia*, México, Editorial Planeta.
- Gafo Fernández, J. (2000) "Eutanasia", *10 palabras clave en Bioética*, Navarra, Verbo Divino, Navarra, 5 edc.
- Goldim, J. R. (2004) *Breve histórico de eutanasia*, <http://www.ufrgs.br/HCPA/gppg/euthist.htm21>.

- Goldim J. R. (1997) "Breve Histórico da Eutanásia", www.ufrgs.br/HCPA/gppgl_euthist.htm
- Hoof, P.F. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 176-177.
- Keown, J. (compilador) (2004) *La eutanasia examinada. Perspectivas éticas, clínicas y legales*, México, Fondo de Cultura Económica, traducción Esteban Torres Alexander.
- Keown J., Matos, T. (2004) *La eutanasia examinada: Perspectivas éticas, clínicas y legales*, Madrid, Fondo de Cultura Económica.
- Kottow, M. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 178-181,
- Lagos Bossman, K., Rodríguez Yunta, E. (2006) "Ciencia e investigación", *Investigación en salud. Dimensión ética*, Fernando Lolas, Álvaro Quezada y Eduardo Rodríguez (editores), Santiago de Chile, CIEEB, Universidad de Chile, 25-37.
- León Correa, F. J. (2011) *Temas de bioética social*, Santiago de Chile, Fundación Interuniversitaria Ciencia y Vida.
- León Correa, F. (2008) "De los principios de la bioética clínica a una bioética social para Chile", *Revista médica de Chile*, vol. 136, No. 8, agosto, 1078-1082.
- (2005) "Una bioética social para Latinoamérica", *Agora Philosophica, Revista Marplatense de Filosofía*, vol. VI, No. 11, junio, 19-26.
- Luna, F. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 183-186.
- Luna Orosco, J. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 182-183.
- Maglio, I., Pfeiffer, M. L. (2004) "El artículo 19 de la Declaración de Helsinki y el informe Nuffield", *Bioética ¿estrategia de dominación para América Latina?*, María Luisa Pfeiffer (editora), Buenos Aires, Ediciones Suárez, 73-79.
- Mainetti, J.A. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 186-188.
- Marrero Amaro, M. et al., (1996) "Principios básicos de la bioética", *Revista Cubana de Enfermería*, 12 (1).
- Moro, T. (s/f) *Utopía*, <http://www.biblioteca.org.ar/libros/300883.pdf>.
- Nicolescu, B. (2006a) "Transdisciplinariedad: pasado, presente y futuro (primera parte)", www.ceuarkos.com/Vision_docente/revista31/t3.htm.
- ([2006b]) "Transdisciplinariedad: pasado, presente y futuro (segunda parte)", www.ceuarkos.com/Vision_docente/revista32/t4.htm.
- (1996) *La transdisciplinariedad. Manifiesto*, México, Multidiversidad mundo real Edgar Morin.

- 124 —
- Núñez, C., Irmgard Rehaag, A., Sánchez Vargas, E. (compiladores.) (2011) *Transdisciplinariedad y sostenibilidad encuentro con Basarab Nicolescu*, Veracruz, Editoriales de la Nada.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2002) *Veinticinco preguntas y respuestas sobre salud y derechos humanos*, París, OMS.
- Pablo VII (1965) *Constitución pastoral*, Roma, http://www.vatican.va/archive/hist_councils/ii_vatican_council/documents/.
- Pablo, J. II (2004) *Evangelium vitae*, Roma, Vaticano.
- Pessini, L. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 191-192.
- Pfeiffer, M. L. (2004a) "Prólogo" y "Epílogo", *Bioética ¿estrategia de dominación para América Latina?*, María Luisa Pfeiffer (editora), Buenos Aires, Ediciones Suárez, 7-11 y 237-255.
- (2004b) "Progreso y ciencia. Una reflexión ética", *Bioética ¿estrategia de dominación para América Latina?*, María Luisa Pfeiffer (editora), Buenos Aires, Ediciones Suárez, 13-41.
- Pieper, Annemarie (1985) *Ethik und Moral: eine einföhrung in die praktische philosophie (Argumentos éticos en favor de la licitud del suicidio)*, Munich, Beck.
- Platts, Mark (compilador) (1997) *Dilemas éticos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica.
- Roland Schram, F. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 200.
- Rotondo, M.T. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 192-198.
- Salazar, A. (2000) "Bioética ¿ciencia o disciplina?", *Investigación en enfermería: imagen y desarrollo*, vol. 5, No. 1 y 2, 65-77.
- Schmidt, L. (2013) "Eutanasia y suicidio asistido", *Diálogo...*, 198-200.
- Seper, Franjo, Hamer, Jérôme (1980) "Sagrada congregación para la doctrina de la fe. Declaración 'Iura et Bona' sobre la eutanasia", Vaticano, http://www.vatican.va/roman_curia/congregations/cfaith/documen-ts/rc_con_cfaith_doc_19800505_euthanasia_sp.html.
- Sernet Rodríguez, B., Smith Smith, V., Durán Castillo, F. (1993) *Dilemas bioéticos al final de la vida*, Santiago de Cuba, Instituto Superior de Ciencias Médicas.
- Vico Peinado, J. (1995) *Dolor y muerte humana digna: bioética teológica*, Madrid, San Pablo.
- Wanzer, Sidney H. et al. (1992) "La responsabilidad de médico frente a los enfermos irremediables: una segunda ojeada", *Eutanasia: los dilemas morales*, Robert M. Baird y Stuart E. Rosenbaum, Barcelona, Alcor-Martínez Roca, 174-190.

Biografía de los autores

AUTHOR BIOGRAPHY

ASIMOV, ISAAC¹³

(Petrovichi, Smoliensk, 1920 - Nueva York, 1992) Escritor estadounidense de origen ruso que destacó especialmente en el género de la ciencia-ficción y la divulgación científica.

Nacido en el seno de una familia judía, fue el primogénito del matrimonio formado por Judah Asimov y Anna Rachel Berman. Algunos biógrafos fijan erróneamente su nacimiento el día 4 de octubre de 1919, sin reparar en el hecho de que su madre modificó esta fecha con el propósito de que el pequeño Isaac pudiese ingresar en la enseñanza pública un año antes del que le correspondía por su edad.

A comienzos de 1923, la familia Asimov abandonó la recién creada Unión Soviética para trasladarse a los Estados Unidos de América. Instalados, en un principio, en el barrio neoyorquino de Brooklyn (habitado en su mayor parte por ciudadanos hebreos), los Asimov salieron adelante en su nuevo país merced a la tienda de dulces regentada por el cabeza de familia, negocio que poco a poco fue prosperando y mudando de ubicación.

En dicho establecimiento se ponían a la venta una serie de publicaciones de ciencia ficción que el jovencísimo Isaac comenzó a devorar con verdadera curiosidad tan pronto como hubo aprendido a leer, sin sospechar que, con el paso de los años, algunas de esas revistas habrían de salir a la calle llevando en sus portadas su propio nombre.

Esta precocidad intelectual animó a sus progenitores a facilitarle una temprana formación escolar, por lo que su madre falsificó su fecha de nacimiento para hacer posible su ingreso, en 1925, en una escuela pública de Nueva York. Cursó luego su formación secundaria en la East New York Junior High School, donde se graduó en 1930; pasó luego a la Boys High School, en la que permaneció hasta 1935, año en el que, una vez completados con brillantez sus estudios de bachillerato, se halló preparado para emprender su formación superior con tan sólo quince años de edad.

Matriculado en la universidad neoyorquina de Columbia en 1935, al cabo de cuatro años Isaac Asimov ya había conseguido el título de Licenciado en Químicas; posteriormente, nuevos estudios superiores

¹³ Tomás Fernández y Elena Tamaro (2004) *Biografía de Isaac Asimov*, Barcelona, Editorial Biografías y Vidas, <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/asimov.htm>.

le permitieron licenciarse en Ciencias y Artes y doctorarse en Filosofía. En contra del deseo de sus padres, que esperaban que se dedicara al ejercicio de la medicina, Asimov decidió que su futuro profesional pasaba necesariamente por el cultivo de la literatura.

Durante la segunda guerra mundial trabajó para la Marina estadounidense en unos laboratorios de Filadelfia. En 1942 contrajo matrimonio con Gertrudis Blugerman, con la que tendría dos hijos. Acabada la contienda, Asimov abandonó su puesto en la Navy y siguió estudios de Bioquímica en la Universidad de Columbia, por la que se doctoró en 1948. Al año siguiente ingresó en el claustro de la Medical School de la Universidad de Boston, para ejercer la docencia en calidad de profesor ayudante de Bioquímica, materia que continuó explicando en dichas aulas durante casi un decenio (1949-1958).

En 1970, Isaac Asimov se separó de su esposa Gertrude para casarse, tres años después, con Janet Opal Jeppson, con la que no tuvo descendencia. A comienzos de la década de los noventa, a raíz de una intervención quirúrgica motivada por una grave afección prostática, Isaac Asimov se vio obligado a reducir su intensa actividad creativa e investigadora. La muerte le sobrevino en la ciudad de Nueva York a comienzos de la primavera de 1992, como consecuencia de un fallo cardíaco y una insuficiencia renal; diez años después, su segunda esposa reveló que el escritor había contraído el sida en 1983, al recibir una transfusión de sangre infectada en el transcurso de una operación.

LA OBRA DE ISAAC ASIMOV Escritor prolífico (más de quinientos títulos publicados) y gran divulgador, la obra futurista de Asimov ha gozado de gran popularidad por el sabio equilibrio que consigue entre el estilo, la imaginación literaria y el mundo tecnológico y científico. Continuator en una línea actualizada y acaso más rigurosa de los clásicos del género (Julio Verne, H. G. Wells) y orientado en ocasiones hacia las visiones distópicas más características del siglo XX (Aldous Huxley, George Orwell, Ray Bradbury), en 1939 empezó a publicar cuentos de ciencia ficción en las revistas especializadas, imponiéndose en pocos años como el principal representante de la rama "tecnológica" de este género, en la que la visión del mundo futuro y de nuevas formas de organización social se basa siempre en premisas de carácter científico (aunque más o menos futuristas) y los avances tecnológicos correspondientes.

En sus relatos de robots, recogidos en *Yo, Robot* (1950) y *El segundo libro de robots* (1964), Asimov fijó las tres leyes de la robótica, que ponen al robot al servicio total del hombre y, aunque algunas veces parecen violarlas, se acaba descubriendo que esto sucede en aras de un interés superior de la Humanidad. Pero mientras los robots evolucionan hacia un modelo androide de inteligencia y lucidez moral

superiores a las de los hombres, éstos, movidos por sus impulsos egoístas, incuban una profunda hostilidad hacia ellos.

Entre 1942 y 1949 Asimov publica en *Astounding science fiction* los relatos que después constituirán su *Trilogía de las fundaciones*, compuesta de *Fundación* (1951), *Fundación e imperio* (1952) y *La segunda Fundación* (1953). Este desigual pero poderoso corpus de historias se centra en la decadencia de un enorme Imperio galáctico de origen terrestre y sobre el intento del psicólogo Hari Seldon para limitar a sólo mil años el período de barbarie que ya ha comenzado, objetivo que se propone gracias a las dos fundaciones de científicos y psicólogos que él ha creado para este fin y a la "psicohistoria", nueva ciencia para predecir los comportamientos futuros de las masas.

En 1983 publicó una continuación de la Trilogía, *Los límites de la Fundación*, novela bastante prolija, llena de intrigas por el poder e interrogantes que resolver. Entre sus varias novelas de los años cincuenta, a menudo sólo parcialmente logradas, destacan *Abismos de acero* (1953) y *El sol desnudo* (1957), en donde Asimov asocia con éxito la ciencia ficción con la investigación policíaca, creando el personaje del detective Elijah Baley, auxiliado en su trabajo por un robot.

En esta última novela es especialmente afortunada la descripción de la sociedad terrestre que vive bajo bóvedas de acero subterráneas y en condiciones prácticamente de miseria, en comparación con los planetas supercivilizados de los cuales depende. De 1972 es *Los propios dioses*, con sus memorables habitantes de un "universo paralelo", de consistencia fluida y que conviven formando tríadas.

Las novelas de Asimov, generalmente más satisfactorias que sus numerosísimos cuentos, tienen un estilo a menudo sin relieve, basado casi exclusivamente en los diálogos, y dedicado poco más que a servir de vehículo a las tesis del autor. Pero en este tejido de ideas está también su fuerza, y el buen ritmo de su redacción consigue casi siempre implicar al lector en un *crescendo* excitante, proponiendo, con una argumentación infatigable, infinitas preguntas sobre el hombre y sobre el intrincado camino con el que intenta programar su propio futuro.

Con sus decenas de libros de divulgación científica, Asimov afirmó siempre su fe optimista en un progreso basado en un uso racional de la ciencia y la tecnología. En el terreno de la divulgación, también abordó otros campos del saber, como la historia, las matemáticas, la psicología y la sociología, y llegó a hablar de una nueva disciplina humanística, la psicohistoria, que, según su propuesta, sería una suma de las aportaciones de las cuatro ramas del conocimiento

humano recién mencionadas. Llevado de su afán didáctico, escribió también algunas obras destinadas al público infantil y juvenil, en las que combinaba la ficción con una serie de rudimentos científicos e históricos.

Tomás Fernández, Elena Tamaro

FERNÁNDEZ-CARRIÓN, MIGUEL-HÉCTOR¹⁴

Doctor en Historia por la Universidad Complutense de Madrid y doctorado (con Diploma de Estudios Avanzados) en Economía por la Universidad Nacional de Educación a Distancia en Madrid. Ha sido docente y/o investigador en el Centre d'Analyse et d'Intervention Sociologiques en la Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales de Paris (EHESS, Francia. Invitado por Alain Touraine); Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires (UBA, Argentina); Facultad de Geografía e Historia y Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad Complutense de Madrid y Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Salamanca (España), entre otras instituciones académicas. Fundador y presidente del Centro de Investigación y de Estudios de América Latina A.C., Academia de las Ciencias de América Latina y Europa, Instituto Libre de Educación en entorno Digital y Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, con sede en México. Asimismo, es fundador y presidente del Centro Internacional de Estudios e Investigaciones Científicas, Instituto de Estudios de Historia y Economía y Centro y Centro Internacional de Estudios y de Creación Artística y Literaria, con sede académica en la Universidad Complutense de Madrid (España). Investigador colaborador de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Universidad Autónoma del Estado de México. Director y editor de la revista indexada *Vectores de Investigación*.

Autor de numerosos libros y artículos publicados en revistas arbitradas e indexadas sobre Ciencias Sociales (Economía Política, Sociología, Historia), Humanidades (Geografía, Filosofía, Literatura, Arte) y Ciencias de la Salud (Bioética, Psicoanálisis), en Estados Unidos, España, Francia, Argentina, Brasil... y México.

LIBROS *Educación actual. Proceso de cambio*, MHFC (edición), México, Albahaca Publicaciones, Editorial Torres Asociados, 2019. ISBN 978-84-87372-19-3. *Obras completas II Desastres, voluntades anticipadas y bioética*, Octavio Márquez Mendoza, MHFC (edición), México,

¹⁴ Curriculum publicado en <https://www.miguelhector-fernandezcarrion.com>.

Albahaca Publicaciones, 2019. ISBN 978-84-87372-21-6. *Educación y salud. Desde el ámbito académico y profesional*, Jerónimo Amado López Arriaga, MHFC, Octavio Márquez Mendoza (coordinadores), México APublicaciones CIEAL, Albahaca Publicaciones, 2019. ISBN 978-84-87372-20-9. *Educación actual: entre el pasado y el futuro*, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados y Albahaca Publicaciones, 2018. ISBN 978-607-97819-3-4. *Depresión en adolescentes, factor de vulnerabilidad cognitiva*, Marcela Veytia-López, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados, 2018. ISBN 978-607-97819-4-1. *Obras completas. I Bioética, neurociencia y salud mental*, Octavio Márquez Mendoza, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados, 2017. ISBN 978-607-7945-97-0. *Bioética. El final de la vida y las voluntades anticipadas*, MHFC, et al. (coordinadores), México, Editorial Gedisa et al., 2017 ISBN 97-84-16919-54-3.

CAPÍTULOS DE LIBROS INDIVIDUALES “Proceso de cambio educativo en el siglo XXI. La gestión del aula y la autoridad del alumno”, *Educación actual. Proceso de cambio*, MHFC (edición), México, Albahaca Publicaciones, Editorial Torres Asociados, 2019. ISBN 978-84- 87372-19-3, 9-48. “Didáctica y currícula”, *Educación actual. Proceso de cambio*, MHFC (edición), México, Albahaca Publicaciones, Editorial Torres Asociados, 2019. ISBN 978-84- 87372-19-3, 81-111. “Desastres, voluntades anticipadas y bioética”, *Obras completas II Desastres, voluntades anticipadas y bioética*, Octavio Márquez Mendoza, MHFC (edición), México, Albahaca Publicaciones, 2019. ISBN 978-84-87372-21-6, 21-238. “La educación de principios del siglo XXI”, *Educación y salud. Desde el ámbito académico y profesional*, Jerónimo Amado López Arriaga, MHFC, Octavio Márquez Mendoza (coordinadores), México APublicaciones CIEAL, Albahaca Publicaciones, 2019. ISBN 978-84-87372-20-9, 105-117. “Introducción. Vulnerabilidad cognitiva asociada a la depresión adolescente”, *Depresión en adolescentes, factor de vulnerabilidad cognitiva*, Marcela Veytia-López, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados, 2018. ISBN 978-607-97819-4-1, 11-104. “Introducción. La educación de principios del siglo XXI”, *Educación actual: entre el pasado y el futuro*, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados y Albahaca Publicaciones, 2018. ISBN 978-607-97819-3-4, 11-22. “La educación digital”, *Educación actual: entre el pasado y el futuro*, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados y Albahaca Publicaciones, 2018. ISBN 978-607-97819-3-4, 37-47. “Introducción. Conceptualización y desarrollo de la bioética social latinoamericana”, *Bioética. El final de la vida y las voluntades anticipadas*, MHFC et al. (coordinadores), México, Editorial Gedisa et al., 2017. ISBN 978-84-16919-54-3, 17-40. “Aspectos técnicos para la elaboración de documentos de voluntades anticipadas o testamento vital”, *Bioética. El final de la vida y las voluntades anticipadas*, MHFC

et al. (coordinadores), México, Editorial Gedisa et al., 2017. ISBN 978-84-16919-54-3, 59-80. "Introducción. Bioética, neurociencia y salud mental", *Obras completas. I Bioética, neurociencia y salud mental*, Octavio Márquez Mendoza, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados, 2017. ISBN 978-607-7945-97-0, 9-146. "Incidencia del pensamiento complejo y la transdisciplinariedad ante el cambio educativo en la sociedad global", *Educación, complejidad y transdisciplinariedad*, María del Rosario Guerra González (coordinadora), México, Editorial Torres Asociados, 2016, ISBN 978-607-7945-78-9, 15-58. "De la multidisciplinariedad a la transdisciplinariedad: migración entre la realidad y la imagen", *Ciudad y comunicación*, Miguel Ángel Chaves Martín (edición), Madrid, Universidad Complutense de Madrid, ISBN 978-84-617-5575-2, 273-280. "Identidad, la defensa de lo propio y los derechos humanos", *Derechos humanos y genealogía de la dignidad en América Latina*, Ana Luisa Guerrero Guerrero et al. (coordinadores), México, UNAM, Porrúa et al, 2015, ISBN 978-607-401-917-9, 77-99. "Migración e imagen: de la multidisciplinariedad a la transdisciplinariedad", *Debates éticos con metodología transdisciplinaria*, María del Rosario Guerra González (coordinadora), México, Plaza y Valdés, 2014. ISBN 978-607-402-744-0, 187-227. "Políticas de responsabilidad social universitaria y su impacto en la sociedad: sociedad y educación", *Responsabilidad social universitaria. El reto de la construcción de ciudadanía*, Jorge Olvera García, Julio César Olvera García (coordinadores), México, Porrúa et al, 2014, 11-48.

CAPÍTULOS DE LIBROS COLECTIVOS "La enseñanza de la bioética para profesionales de la salud: una mirada transdisciplinar", MHFC et al., *Educación y salud. Desde el ámbito académico y profesional*, Jerónimo Amado López Arriaga, MHFC, Octavio Márquez Mendoza (coordinadores), México/Madrid APublicaciones CIEAL, Alhaca Publicaciones, 2019. ISBN 978-84-87372-20-9, 81-104. "Depresión. Incidencia de los sucesos vitales estresantes en adolescentes", MHFC et al., *Educación actual. Proceso de cambio*, MHFC (edición), México, Alhaca Publicaciones, Editorial Torres Asociados, 2019. ISBN 978-84-87372-19-3, 223-250. "La enseñanza de la bioética para profesionales de la salud: una mirada transdisciplinar", *Educación actual: entre el pasado y el futuro*, MHFC (edición), México, Editorial Torres Asociados y Alhaca Publicaciones, 2018. ISBN 978-607-97819-3-4, 143-164. "La bioética latinoamericana", MHFC et al., *La bioética en España y Latinoamérica*, Benjamín Herreros Ruiz-Valdepeñas y Fernando Bandrés Moya (coordinadores), Madrid, Universidad Europea et al., 2016. ISBN 978-84-617-6011-4, 47-72. "Historia de la bioética en América Latina", MHFC et al., *Historia ilustrada de la bioética*, Benjamín Herreros Ruiz-Valdepeñas, Fernando Bandrés Moya, Madrid, Universidad Europea et al., 2015. ISBN 978-84-930018-9-0, 199-228.

ARTÍCULOS INDIVIDUALES “Prospectiva en la toma de decisiones dentro de un escenario crítico: crimen organizado global”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2018, 121-196. “Me duele Cataluña”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2018, 213-258. “Movimiento de indignados y la realidad cambiante”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2018, 11-13. “Predicciones, transdisciplinariedad e ideas”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2017, 9-10. “Historia de la bioética en América Latina”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2017, 57-95. “Bioética, neurociencia y salud mental” (reseña de libros), *Bioética*, Universidad Complutense de Madrid, ISSN 2445-0812, 14-15. “Primer aniversario de la Revista Vectores de Investigación: Homenaje a Einstein y Hawking”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2016, 9-11. “Antropoceno entre la realidad y la percepción transdisciplinar”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 10(10), primer semestre 2016, 61-88. “Tecnología, economía y salud: Editorial”, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 9(9), segundo semestre 2015, 7-10.

ARTÍCULOS COLECTIVOS “The teaching of bioethics for health professionals from a transdisciplinary viewpoint”, Octavio Márquez Mendoza, MHFC et al., *EACME Newsletter*, Maastricht (Holanda), Association of Centres of Medical Ethics, No. 52, august, 2019, 13-16. “Psicología del rumor y los desastres naturales”, Octavio Márquez Mendoza, MHFC, *Seres psicoanalíticos*, Asociación Mexicana de Psicoterapia Analítica de Grupo, 2(1), noviembre, 2017, 26-47. “Desastres naturales, psicoanálisis, política y rumores”, Octavio Márquez Mendoza,

MHFC, *Gaceta AMPAG*, Asociación Mexicana de Psicoterapia Analítica de Grupo, 1(10), octubre, 2017, 238-240. "Bioética, salud mental y los derechos humanos", Octavio Márquez Mendoza, MHFC et al., *Revista Redbioética/UNESCO*, ISSN 2077-9445, 2016, 2(14), 96-115. "Analysis of the problem of psychotherapy of mental health and administration in the area of bioethics", Octavio Márquez Mendoza, MHFC et al., *International Journal of Current Research*, [India], ISSN 0975-833X, 2016, december, 8(12), 44296-44298. "Gestión de la innovación tecnológica como respuesta a los paradigmas tecnológicos emergentes", Antonio Hidalgo Nuchera, Miguel-Héctor Fernández-Carrión, *Revista Vectores de Investigación, Journal of Comparative Studies Latin America*, Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina, ISSN 1870-0128, E-ISSN online 2255-3371, 9(9), segundo semestre 2015, 31-52. "Desigualdad en el acceso a los derechos económicos en México", María del Rosario Guerra González, MHFC, *Revista Proyección*, Universidad Nacional de Cuyo (Argentina), ISSN 1852-0006, 8(17), 169-193.

HAWKING, STEPHEN¹⁵

(Stephen William Hawking; Oxford, 1942 - Cambridge, 2018) Físico teórico británico. A pesar de sus discapacidades físicas y de las progresivas limitaciones impuestas por la enfermedad degenerativa que padecía, Stephen Hawking es probablemente el físico más conocido entre el gran público desde los tiempos de Einstein. Luchador y triunfador, a lo largo de toda su vida logró sortear la inmensidad de impedimentos que le planteaba el mal de Lou Gehrig, una esclerosis lateral amiotrófica que le aquejó desde que tenía veinte años. Hawking fue, sin duda, un caso particular de vitalidad y resistencia frente al infortunio del destino.

BIOGRAFÍA El 8 de enero de 1942, día en que se cumplieron trescientos años de la muerte de Galileo, nació Stephen Hawking en la ciudad de Oxford. Como tantas otras de clase media, su familia soportaba con entereza los rigores de la Segunda Guerra Mundial; hacia el final de la contienda, un cohete V2 alemán cayó a pocas decenas de metros de su casa en Highgate, al norte de Londres. Tras cursar estudios secundarios, Hawking ingresó en el University College de Oxford, donde se licenció en 1962 con los títulos de matemático y físico. Por esa época era un chico de vida normal, cuyas singularidades eran únicamente su brillante inteligencia y un gran interés por las ciencias.

¹⁵ Tomás Fernández y Elena Tamaro (2004) *Biografía de Stephen Hawking*, Barcelona, Editorial Biografías y Vidas, <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hawking.htm>.

Pero en 1963, en el transcurso de una sesión de patinaje sobre hielo, el joven Stephen resbaló y tuvo dificultades para incorporarse. De inmediato se le diagnosticó un trastorno degenerativo neuromuscular, la ELA o esclerosis lateral amiotrófica. Los médicos supusieron que la enfermedad iba a acabar con su vida en pocos años; sin embargo, se equivocaron. Naturalmente, la vida de Stephen no fue la misma a partir de entonces, pero sus limitaciones físicas no interrumpieron en ningún momento su actividad intelectual; de hecho, más bien la incrementaron.

En octubre de 1962 había iniciado sus estudios de doctorado en el Trinity Hall de Cambridge. Solicitó trabajar con Fred Hoyle, pero el célebre astrónomo tenía demasiados pretendientes y la petición fue denegada; muchos años después, el propio Hawking vería el lado positivo: de haber sido aceptado, probablemente se hubiera visto obligado a defender la teoría del estado estacionario de Hoyle, desacreditada tras el descubrimiento de la radiación de fondo de microondas en 1965.

Mientras cursaba su doctorado se casó con Jane Wayline (1965), con quien tendría tres hijos. Tras casi veinticinco años de vida en común, en 1990 la pareja se separó y el científico se fue a vivir con Elaine Mason, una de las enfermeras que lo cuidaba y con la que cinco años más tarde contrajo matrimonio; esta segunda relación se prolongaría hasta 2007. Después de obtener el título de doctor en física teórica (1966), su pasión por el estudio del origen del universo fue en aumento, y sus investigaciones se centraron en el campo de la relatividad general, particularmente en la física de los agujeros negros, descrita por primera vez por Robert Oppenheimer en 1939.

Ciertamente, Hawking no sólo es comparable con Albert Einstein por su popularidad: al igual que el formulador de la teoría de la relatividad, Stephen Hawking se planteó la ambiciosa meta de armonizar la relatividad general y la mecánica cuántica, en busca de una unificación de la física que permitiese dar cuenta tanto del universo como de los fenómenos subatómicos. En 1971 sugirió la formación, a continuación del big bang, de numerosos objetos denominados “miniagujeros negros”, que contendrían alrededor de mil millones de toneladas métricas de masa, pero ocuparían sólo el espacio de un protón, circunstancia que originaría enormes campos gravitatorios, regidos por las leyes de la relatividad.

Sus estudios sobre los miniagujeros negros lo llevarían a combinar por primera vez la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica para resolver el problema de estudiar estas estructuras de dimensiones muy reducidas y de densidad extraordinariamente elevada, sobre las que no se creía que se pudiese obtener algún conocimiento. En 1974

propuso, de acuerdo con las predicciones de la física cuántica, que los agujeros negros emiten radiación térmica hasta agotar su energía y extinguirse. Hawking ha explorado asimismo algunas singularidades del binomio espacio-tiempo.

En 1974 Hawking fue designado miembro de la Royal Society y, tres años más tarde, profesor de física gravitacional en Cambridge, donde se le otorgó la cátedra Lucasiana de matemáticas (1980), que había sido dictada por tan egregias figuras como Isaac Newton y, más recientemente, Paul Dirac. Hawking continuaría ocupando dicha cátedra hasta su jubilación en 2009. Pero a medida que los logros intelectuales y los reconocimientos se iban sucediendo en su vida (recibió innumerables premios y doctorados honoris causa), también avanzaba el proceso degenerativo de su enfermedad. Primero la inmovilidad de sus extremidades lo llevó a depender de una silla de ruedas; después la parálisis se extendió a casi todo su cuerpo; en 1985 contrajo una neumonía que obligó a los médicos a practicarle una traqueotomía, tras lo cual perdió completamente el habla. A partir de entonces sólo pudo comunicarse mediante un sintetizador conectado a su silla, pero ni siquiera eso lo desmoralizó: escribió otros siete libros y siguió publicando artículos e impartiendo conferencias.

UN GRAN DIVULGADOR Resulta una gran paradoja, sin duda, que un hombre que se involucró plenamente en la tarea de clarificar los conceptos científicos para el público medio (a diferencia de la mayoría de sus colegas, Hawking optó decididamente por la divulgación) hubiera de enfrentarse duramente con la dificultad de poder comunicarlos. No obstante, gracias a su empeño y tenacidad, no dejó de salvar los escollos que se derivaban de sus discapacidades físicas. En 1989, en ocasión de su visita a España para recibir el premio Príncipe de Asturias, Stephen Hawking subrayó la importancia de que los ciudadanos de a pie posean las nociones científicas suficientes para participar en los debates que abren los nuevos avances científicos y tecnológicos, evitando que todo quede en manos de los expertos.

Ése es el mensaje que se descubre en algunos de sus libros más famosos, como *Historia del tiempo: del big bang a los agujeros negros* (1988), que ha sido traducido a treinta y siete idiomas y del que en pocos años se vendieron más de veinte millones de ejemplares. En su propósito de hacer llegar el libro a un público amplio, Stephen Hawking renuncia a las fórmulas y a las exposiciones para especialistas, pero no abandona el tratamiento riguroso de la cuestión. Procede primero a una amplia exposición de las ideas cosmológicas actuales (el big bang y la expansión del universo), así como de los principales hallazgos de la física de las partículas, que explican a nivel subatómico cómo es la materia y las fuerzas que la gobiernan. Hawking pone de manifiesto la sorprendente convergencia de estas dos

vías de investigación, que han dado nacimiento a una nueva disciplina: la astrofísica de las partículas.

En Historia del tiempo el autor aborda también, manteniendo siempre el tono de alta divulgación, temas como los agujeros negros y, además del origen, el posible destino del universo. Tampoco elude la pregunta que se formula el hombre común cuando se enfrenta a estas cuestiones: el papel de Dios en todos esos fenómenos, así como la creación del universo, punto en el que Stephen Hawking abandona el tratamiento rigurosamente científico para aventurarse en los inciertos caminos de la especulación metafísica.

Otros libros posteriores, como *Agujeros negros y pequeños universos* (1994), *El universo en una cáscara de nuez* (2002) o *El gran diseño* (2010), manifiestan una intención divulgativa todavía mayor que sus libros precedentes. Respecto a su bibliografía más especializada, sus esfuerzos para describir desde un punto de vista teórico las propiedades de los agujeros negros, así como la relación que estas propiedades guardan con las leyes de la termodinámica clásica y de la mecánica cuántica, han quedado recogidos en obras como *The large scale structure of space-time* (1973, en colaboración con G.F.R. Ellis), *Superspace and supergravity* (1981) y *The very early universe* (1983).

Tomás Fernández, Elena Tamaro

Normas de publicación

Publication standards

Guía para los autores

Revista Vectores de Investigación (RVI) es una revista que comprende todas las disciplinas relacionadas con las ciencias sociales, humanidades y salud, a la diversidad de enfoques y metodologías, aunque ello no le representa ninguna responsabilidad en cuanto al contenido de los artículos. Los originales que se entreguen para su publicación pasarán por un proceso editorial que se desarrollará en varias fases: 1. Los trabajos que se entreguen a RVI para su publicación deberán ser de carácter eminentemente académico. Por la naturaleza de la revista, es claro que no se aceptarán artículos de género periodístico o comentarios generales sobre algún tema. 2. El nombre del autor(es) u otra forma de identificación sólo deberá figurar en una carátula. 3. Las colaboraciones deberán presentarse en su versión final y completas, ya que no se admitirán cambios una vez iniciado el proceso de dictaminación y producción. 4. Una vez estipulado que el artículo cumple con los requisitos establecidos por la revista, será enviado a dos lectores anónimos, quienes determinarán: A. Publicar sin cambios. B. Publicar cuando se hayan cumplido las correcciones menores. C. Publicar una vez que se haya efectuado una revisión a fondo y D. Rechazar. En caso de discrepancia entre ambos resultados, el texto será enviado a un tercer árbitro, cuya decisión definirá su publicación o no. Los resultados del proceso de dictamen académico serán inapelables en todos los casos. Los trabajos enviados por académicos de alguna institución serán siempre sometidos a consideración de árbitros externos a ella. 5. El(los) autor(es) concede(n) a RVI el permiso para que su material teórico se difunda en la revista impresa y medios magnéticos, fotográficos e internet. Los derechos patrimoniales de los artículos publicados en RVI son del autor, compartidos con el Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina (CIECAL) conjuntamente con el Instituto de Estudios Históricos y Económicos de la Universidad Complutense de Madrid, en cuanto puede reproducirlo ambos, tras la aceptación académica y editorial del original para que éste se publique y distribuya tanto en versión impresa como electrónica. 6. Asimismo, el(los) autor(es) conserva(n) sus derechos morales conforme lo establece la ley. El autor principal recibirá una forma de cesión de derechos patrimoniales que deberá ser firmada por él, en el entendido de que ha obtenido el consentimiento de los demás autores, si los hubiere. Por otra parte, los autores podrán usar el material de su artículo en otros trabajos o libros publicados por ellos mismos, con la condición de citar a RVI como la fuente original de publicación de dicho texto. Es responsabilidad del autor obtener por escrito la autorización correspondiente para todo aquel material que forme parte de su artículo y que se encuentre protegido por la Ley de Derechos de Autor. 7. La colaboración deberá incluir la siguiente información: A. Título del trabajo, de preferencia breve, que refiera claramente el contenido. Se aceptan los subtítulos para aclarar y ampliar el contenido de las colaboraciones. B. Un resumen en la

lengua original en que está escrito el artículo que no exceda las 150 palabras, con información concisa acerca del contenido: principales resultados, método y conclusiones adquiridas. Deberá ir acompañado de una relación de entre tres y cinco palabras clave para efectos de indización bibliográfica. La redacción de RVI se encargará de las respectivas traducciones, en el caso que el autor no lo presente. C. Una portada de presentación con los datos generales de autor(es) que incluyan: A. Nombre completo. B. Centro o departamento a que se encuentra(n) adscrito (si laboralmente. C. Dirección postal institucional. D. Máximo nivel de estudios alcanzados (disciplina o campo e institución) y estudios en curso si los hubiera. E. Línea de investigación actual. F. Referencias bibliográficas completas de las últimas 3 o 4 publicaciones (incluye número de páginas). G. Cualquier otra actividad o función profesional destacada que corresponda. H. Teléfono y dirección de correo electrónico. 8. Los trabajos deberán cumplir con las siguientes características: A. Se presentarán impresos a un espacio y medio (1.5), en tipo Times New Roman de 11 puntos, sin cortes de palabras, con una extensión de 15 a 40 cuartillas para el caso de investigaciones (incluidos cuadros, notas y bibliografía); de 10 a 20 para las notas críticas, y de 3 a 5 en el caso de reseñas de libros. B. Los trabajos presentados en Word, no deberán contener formato alguno: sin sangrías, espaciado entre párrafos, no deberá emplearse hoja de estilos, caracteres especiales ni más comandos que los que atañen a las divisiones y subdivisiones del trabajo. C. Los cuadros, así como las gráficas, figuras y diagramas, deberán presentarse en el mismo espacio donde debe ir insertado en el texto a publicar. Deberán estar almacenados en una versión actualizada de Excel (para las gráficas y cuadros o tablas). Los cuadros, mapas, planos y figuras serán numerados con el sistema arábigo (cuadro, figura... 1, 2, 3, etc.). En cuanto a estas últimas, deberán manejarse en formato *jpg* a 300 dpi como mínimo. D. Los títulos o subtítulos deberán diferenciarse entre sí; para ello se recomienda el uso del sistema decimal. E. Se usará la notación Harvard para las referencias dentro del texto; es decir: apellido del autor, año y página escrito entre paréntesis: (Autor, 2000: 20). F. La bibliografía no debe extenderse innecesariamente - la estrictamente citada en el texto- y deberá contener (en este mismo orden): nombre del autor, año de edición (entre paréntesis), título del artículo (entrecorillado) y título del libro o revista (en cursivas), editorial, número, ciudad y número total de páginas en el caso de un texto integrado. Ejemplo: A. Apellidos, Nombre (Año), *Título del libro*, Editorial, Ciudad. B. Apellidos, Nombre, Apellidos, Nombre (Año), *Título del libro*, Editorial, Ciudad. C. Apellidos, Nombre (Año) "Título del capítulo de libro", en Nombre Apellidos (coordinador), *Título del libro*, Ciudad, pp. D. Apellidos, Nombre (Año) "Título del artículo", en Nombre Apellidos (coordinador), *Título de la revista de Institución*, Ciudad, Volumen, Número, pp. 9. La estructura mínima del trabajo incluirá una introducción que refleje con claridad los antecedentes del trabajo, su desarrollo y conclusiones. 10. Si se presenta el original impreso (incluyendo texto, gráficas, cuadros y otros apoyos), debe adjuntarse un disquete, o mejor aún, en disco compacto, con los archivos de texto en Word. 11. RVI se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales que considere convenientes. No se devuelven los originales. 12. Los artículos podrán entregarse en la Dirección Editorial de la *Revista Vectores de Investigación*, del

Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina
(CIECAL) editorialapublicaciones@gmail.com.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Revista Vectores de Investigación (RVI) is a journal open to all disciplines related to social science, humanities and health in the context of specific regions and cities. It is also open to different points of view and methodologies; however, it is not responsible for the content of its papers. The originals of the manuscripts submitted to be considered for publication will undergo an editorial process comprising several stages: 1. The manuscripts submitted to RVI must have an eminently academic character. Due to the nature of the journal, it is impossible to accept journalistic or general comment papers about any subject. 2. The name of the author(s) or any other form of identification must only appear in the cover page. 3. The collaborations must be submitted in their final and complete version, since it will be impossible to accept changes once the refereeing and production processes have started. 4. Once it has been decided that the paper complies with the requirements established by the journal, it will be sent to two readers who anonymously will determine whether the article will be: A. Published without changes. B. Published once minor corrections have been made. C. Published once a major revision has been made or D. Rejected. In case that both results differ from each other, the article will be sent to a third referee, whose decision will determine the result of the refereeing process. In all cases, the results are unappeasable. The articles submitted by staff of an academic institution will always be submitted for consideration to referees external to it. 5. The authors agree to grant RVI permission to distribute their material in the journal, as well as in magnetic and photographic media. The patrimonial rights of the papers published in RVI are transferred to Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina (CIECAL), after the academic and editorial acceptance to publish and distribute the manuscript, both in print and electronically. 6. Likewise, the authors retain their moral rights as established by law. The main author will receive a copyright transfer form that must be signed, with the understanding that the rest of the authors have given their agreement. The authors also retain their right to use the material in their papers in other works or books published by themselves, provided that they die RVI as the original source of the text. It is responsibility of the authors to obtain the corresponding written permission to use material in their papers that is protected by Copyright Law. 7. The collaborations must include the following information: A. Title of the paper, preferably brief, which clearly refers to its content. It is considered accepted and convenient to have a subtitle in order to clarify and define the content of the collaboration. B. An abstract in the language in which the paper is written and that does not exceed 150 words. The abstract must contain concise information about the contents of the article: main results, method and conclusions. It must not contain tables, numbers, bibliographic references or mathematical expressions. It must also be accompanied by three to five keywords, which will be used for bibliographic indexation

purposes. The RVI editorial office will be responsible for the appropriate translations. C. A front-page with general information about the authors, including: A. Full Name. B. Centre or Department of affiliation. C. Postal address of their institution. D. Maximum educational attainment (discipline and institution) and, current studies (in case this applies). E. Current research lines. F. Bibliographic references of the latest 3 or 4 publications (including page numbers). G. Mention to any other relevant professional activities or positions. H. Telephone and e-mail address. 8. The collaborations must have the following characteristics: A. The manuscript must be printed with 1.5 line spacing, in 11 point Times New Roman fonts and without truncated words. The extension of the manuscript must be between 15 and 40 pages for research papers (including tables, notes and bibliography); between 10 and 20 pages for critical notes and between 3 and 5 for book reviews. B. The manuscript must be typed using upper- and lower-case letters and with appropriate tildes and accents. In case of using Microsoft Word, the manuscripts must not have any given format, i. e. do not use indentations or paragraph spacing, do not apply styles, do not use special characters or more commands than the ones needed for sections and subsections in the paper. C. Tables, as well as graphs, figures and diagrams must be included in separate pages and grouped at the end of the manuscript. The main body must have clear information about the place where they must be inserted. In case they are submitted electronically, the graphs and tables must be sent in the most updated Microsoft Excel format. It is impossible to accept them in any other format, older software or inserted in the text file. The tables, figures, maps, plans must be numbered with Arabic numerals (table 1, 2, 3, etc.). The format of the latter must be *jpg* with 300 dpi as a minimum. D. Sections and subsections must be easily distinguished; for the ending we recommend to use decimal system. E. Citation of references must be in the Harvard system, in other words: author's surname, year and page, all in brackets: (Writer, 2000: 20). F. The bibliography must not be unnecessarily extended - include only the references cited in the text — and must include (in this order): name of the author, year of publication (in brackets), title of the paper (in quotation marks), title of the book or journal (in italics), publisher, number, city and total number of pages in case of an integrated text. Example: A. Surname, Name (Year), *Book title*, Publisher, City. B. Surname, Name, Surname, Name (Year), *Book title*, Publisher, City. C. Surname, Name (Year) "Title of chapter in book" First name Last Name (coordinator or editing, for example), Book Title, City. D. Surname, Name (Year) "Title of magazine article" in Journal Title Institution, City, Volume, Number, pp. 9. The minimum structure of the paper must include an introduction that clearly reflects the background of the work, as well as its body and conclusions. 10. If the originals are submitted in print (including text, figures, tables and other support material), it is necessary to include a floppy or preferably a cd with the text files (Microsoft Word or Word Perfect in rtf format compatible with pc) and the support material. The name of the files must be printed in the front of the disk. Notice that there must be a file per table and/or figure. 11. RVI reserves the right to make all the changes that are considered to be pertinent. The originals submitted to the editorial office will not be returned. 12. The manuscripts can be submitted to the

editorial office of the journal *Revista Vectores de Investigación*, del Centro de Investigación de Estudios Comparados de América Latina (CIECAL), editorialapublicaciones@gmail.com.



MIAR

Matriz de Información para el
Análisis de Revistas



APublicaciones CiECAL



DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS



ESTUDIOS

Filosofía • Historia • Letras

otoño 2025

154

Para cuidar de los ancianos, el homo faber
inventa el robot “social”

Bernard N. Schumacher

Ricardo Garibay, cronista:
La constancia del abejorro

Gabriel Astey

Impacto de la paridad de género en los derechos de
las mujeres en México: Un análisis de discursos
de la Cámara de Diputados y Diputadas

Aida Bustos Martínez

México, la nueva timocracia. Avances del poder militar
y regresión democrática

Víctor Antonio Hernández Ojeda

ITAM

INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO

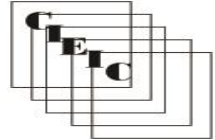


Vectores

de Investigación

La publicación de esta revista la realizó el Centro de Investigación Estudios Comparativos de América Latina (CIECAL) conjuntamente con el Instituto de Estudios Históricos y Económicos (IEHE) y el Centro Internacional de Estudios e Investigaciones Científicas (CIEIC) con sede académica en la Universidad Complutense de Madrid, la Academia Iberoamericana de las Ciencias y la Fundación ActForum

Se terminó de imprimir en 2025



*Centro Internacional de Estudios Comparados de América Latina
Instituto de Estudios Históricos y Económicos
Centro Internacional de Estudios e Investigaciones Científicas
Academia Iberoamericana de las Ciencias
Fundación ActForum*

COLABORADORES EN LA REVISTA VECTORES DE INVESTIGACIÓN
NOAM CHOMSKY Massachusetts Institute of Technology
AMARTYA SEN Harvard University DOUGLAS C. NORTH
Washington University MANUEL CASTELLS University of California, Berkeley ...
+UMBERTO ECO (Italia), MIGUEL LEÓN-PORTILLA (México), CIRO F. CARDOSSO (Brasil), RUBÉN H. ZORRILLA (Argentina), ALAIN TOURAINE (Francia), ENRIQUE DUSSEL (Argentina/México), JAVIER LINDENBOIM (Argentina)

CIECAL
Centro de Investigación de Estudios
Comparados de América Latina

revista vectores de investigación online E-ISSN 2255-3371
<https://www.vectoresdeinvestigacion-revista.com>
editorialpublicaciones@gmail.com