

1464 Enero-Junio 2024

razón y fe

fundada en 1901

Razón y Fe

**SPECIAL ISSUE ON THE 90TH ANNIVERSARY OF
FRANCISCO JOSÉ AYALA**

**ESPECIAL MONOGRÁFICO 90 ANIVERSARIO
FRANCISCO JOSÉ AYALA**

***Bridging Minds and Frontiers: An Unconventional
Academic Odyssey with Francisco José Ayala***
**Uniendo mentes y fronteras: una odisea académica
poco convencional con Francisco José Ayala**

Hesley Machado Silva

Francisco Ayala and the Passion for Parasitic Protists
Francisco Ayala y la pasión por los parásitos protistas

Julius Lukeš

***Francisco J. Ayala: Testing his Ideas on
Biological Progress***

**Francisco J. Ayala: Investigando sus ideas
sobre el progreso biológico**

Andrés Moya

Amparo Latorre

Francisco J. Ayala: Scientist, Humanist and Friend
Francisco J. Ayala: científico, humanista y amigo

Michael T. Clegg



<https://revistas.comillas.edu/index.php/razonyfe>



@RazonFe



@Cátedra CTR

CÁTEDRA
HANA Y FRANCISCO JOSÉ AYALA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y RELIGIÓN



**CÁTEDRA
HANA Y FRANCISCO JOSÉ AYALA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y RELIGIÓN**



La *Cátedra Hana y Francisco José Ayala de Ciencia, Tecnología y Religión* (Cátedra CTR), de la cual forma parte la revista *Razón y Fe*, es un lugar académico de investigación, docencia y divulgación sobre aquellas temáticas de naturaleza científica y tecnológica que tienen implicaciones significativas sobre el ser humano y el conjunto de la naturaleza, así como cuestiones filosóficas y religiosas que admiten un análisis científico.

Desde su inicio en 2003, la Cátedra CTR se propuso contribuir al diálogo entre la ciencia y la religión en contacto con organismos internacionales como ESSSAT (*European Society for the Study of Science and Theology*), ISSR (*International Society for Science and Religion*), el Metanexus Institute de Philadelphia, el CTNS (*Center for Theology and Natural Sciences*) de Berkeley o la *John Templeton Foundation*, para así generar una corriente de reflexión y diálogo abierta a toda el área lingüística iberoamericana. Con el paso de los años, la colaboración y relación con organismos nacionales e internacionales no ha hecho sino incrementarse.

El trabajo realizado se desarrolla de forma multidisciplinar buscando contribuir de modo plural y riguroso a un humanismo integral y comprometido con la justicia. De ahí que la Cátedra CTR y la revista *Razón y Fe* tengan como objetivo fundamental contribuir al diálogo entre la cosmovisión propugnada por las ciencias y la que proviene de la reflexión transmitida en las diferentes tradiciones culturales, morales y religiosas de la humanidad, con un énfasis especial en el cristianismo. Esta es nuestra manera de servir tanto a las personas interesadas en estas problemáticas como al conjunto mismo de la sociedad.

El objetivo fundamental de *Razón y Fe*, por tanto, es convertirse —en continuidad con la calidad que la ha caracterizado desde su fundación en 1901— en un foro académico de reflexión y discusión sobre aquellos temas que se encuentran en debate entre el conocimiento científico y el religioso, en un ámbito abierto a la diversidad de opiniones y enfoques, a la participación tanto de creyentes (de las distintas religiones y confesiones) como de no creyentes y la de todos cuantos en nuestra sociedad desean promover un diálogo riguroso y profundo entre las ciencias y las religiones.

Los artículos de la revista *Razón y Fe* se publican en abierto, tras un proceso de revisión por pares ciegos, y pueden ser compartidos y divulgados de forma gratuita gracias al generoso apoyo de la Cátedra CTR y del Servicio de Publicaciones de la Universidad Pontificia Comillas.

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN: Alberto Aguilera, 25 - 28015 Madrid.
Telf.: +34 91 542 28 00
E-mail: ryfsecretaria@comillas.edu
www.razonyfe.org

ADMINISTRACIÓN: Servicio de Publicaciones
c/ Universidad Comillas 3-5. 28049 Madrid.
Telf.: +34 917343950 Ext. 2545
E-mail: revistas@comillas.edu

DEPÓSITO LEGAL: M. 920-1958

ISSN: 0034-0235 / ISSN electrónico 2659-4536

CIF: R2800395B

IMPRIME: Digital Agrupem. Avda. de la Industria, 8. Nave 28. 28108 Alcobendas (Madrid).
E-mail: digital@agrupem.com

FORMAS DE PAGO: Transferencia bancaria a la cuenta
CAIXABANK (2100), C/ Hilarión Eslava, 29. 28015
MADRID,

Cta. Cte. 2100 – 1601 – 42 - 1300042125.
Código IBAN ES18-2100-1601-4213-0004-2125
Código SWIFT/BIC CAIXESBBXXX.
Talón bancario a nombre de:
Universidad Pontificia Comillas.
Domiciliación bancaria (sólo bancos en España):
Código IBAN
(24 dígitos alfanumérico), Código BIC/SWIFT
(12 dígitos alfanumérico).

SUSCRIPCIÓN ANUAL 2024: Impresa: España: 25 € (IVA incluido); Europa:
42 €; Otros países: 43,50 €

NÚMERO SUELTO: España: 14 € (IVA incluido); Europa: 22 €;
Otros países: 23,50 €

razón y fe

fundada en 1901

Índice enero-junio 2024, n.º 1.464, tomo 288

SPECIAL ISSUE ON THE 90TH ANNIVERSARY OF FRANCISCO JOSÉ AYALA
ESPECIAL MONOGRÁFICO 90 ANIVERSARIO FRANCISCO JOSÉ AYALA

EDITORIAL

- The Enduring Legacy of Francisco J. Ayala: Bridging Science, Religion, and Ethics**
El legado permanente de Francisco J. Ayala: un puente entre ciencia, religión y ética 5-12
-

INTRODUCTION / INTRODUCCIÓN

- Francisco José Ayala and the American Philosophical Society**
Francisco José Ayala y la American Philosophical Society
Robert M. Hauser 13-24
- Custodians and Stewards of Francisco J. Ayala's Revolutionary Contributions to Human Welfare and Human Progress**
Custodios y administradores de las revolucionarias contribuciones de Francisco J. Ayala al bienestar y progreso de la humanidad
Hana Ayala 25-37
- Legacy and New Horizons: What Lies Ahead for Francisco J. Ayala's Lifework and the Center for Science, Technology, and Religion**
Legado y nuevos horizontes: lo que le espera a la vida de Francisco J. Ayala y a la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión
Sara Lumbreras Sancho 39-46
- The Sacredness of Nature as a Transnational Bridge across the World's Cultures and Religions**
El carácter sagrado de la naturaleza como puente transnacional entre las culturas y religiones del mundo
Jaime Tatay Nieto 47-63

ARTICLES / ARTÍCULOS

- Bridging Minds and Frontiers: An Unconventional Academic Odyssey
with Francisco José Ayala**
*Uniendo mentes y fronteras: una odisea académica poco convencional
con Francisco José Ayala*
Hesley Machado Silva _____ 65-88
- Francisco Ayala and the Passion for Parasitic Protists**
Francisco Ayala y la pasión por los parásitos protistas
Julius Lukeš _____ 89-103
- Francisco J. Ayala: Testing his Ideas on Biological Progress**
Francisco J. Ayala: Investigando sus ideas sobre el progreso biológico
Andrés Moya – Amparo Latorre _____ 105-131
- Francisco J. Ayala: Scientist, Humanist and Friend**
Francisco J. Ayala: científico, humanista y amigo
Michael T. Clegg _____ 133-176

NOTES / NOTAS

- The American Philosophical Society and the History of Science**
La American Philosophical Society y la historia de la ciencia
Robert M. Hauser _____ 177-188
- Harnessing Evolution's Gift of Borderless Wonder to Open New Economic Frontiers for Global Sustainability: A Vision, a Roadmap, and a Pledge Inspired by Francisco J. Ayala's Passion for Science and Art**
Aprovechar el don de la evolución de las maravillas transfronterizas para abrir nuevas fronteras económicas a la sostenibilidad mundial: una visión, una hoja de ruta y un compromiso inspirados en la pasión de Francisco J. Ayala por la ciencia y el arte
Hana Ayala _____ 189-216

- RECENSIONES** _____ 217-245

razón y fe

Consejo de Redacción

Jaime Tatay Nieto, Universidad Pontificia Comillas
Sara Lumbreras Sancho, Universidad Pontificia Comillas
Pablo de Felipe, SEUT – Agencia Española del Medicamento
Carlos Alberto Blanco Pérez, Universidad Pontificia Comillas
Mario Castro Ponce, Universidad Pontificia Comillas
Jesús Conill Sancho, Universitat de València
Pedro Fernández Castela, Universidad Pontificia Comillas
Amerigo Barghazi, Saint Louis University
Marta Medina Balguerías, Universidad Pontificia Comillas
Raquel López Garrido, Universidad Pontificia Comillas

Comité Científico

Agustín Udías, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid
Alessandro Mantini, Università Cattolica del Sacro Cuore
Alex Rayón, Universidad de Deusto
Alfonso Drake, Universidad Pontificia Comillas
Alfredo Marcos, Universidad de Valladolid
Álvaro Balsas, Universidad Católica de Portugal (Braga)
Bert Daelemans, KU Leuven
Camino Cañón Loyes, Universidad Pontificia Comillas
Domingo Sugranyes Bickel, Fundación Pablo VI
Emilio Chuvieco, Universidad Alcalá de Henares
Enrique Solano, CSIC
Fernando Sols, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid
Francisco Javier de la Torre Díaz, Universidad Pontificia Comillas
Francisco Luis Molina Molina, Universidad San Pablo-CEU
François Euvé, Centre Sèvres (París)
Gabino Urizarri Bilbao, Universidad Pontificia Comillas
Gonzalo Génova, Departamento de Informática, Universidad Carlos III
Hans-Ferdinand Angel, Universidad de Graz
Ignacio Núñez de Castro, Universidad de Málaga
Ignacio Silva, Universidad Austral
Inés Gómez Chacón, Facultad de Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid
Inés Sánchez Madariaga, Cátedra UNESCO de Género en Ciencia, Tecnología e Innovación de la Universidad Politécnica de Madrid
Javier Martínez Baigorri, Universidad Católica de Murcia
Javier Monserrat, Universidad Autónoma de Madrid
Javier Sánchez Cañizares, Universidad de Navarra
José Carlos Romero Mora, ICAI, Universidad Pontificia Comillas
José Manuel Caamaño, Universidad Pontificia Comillas
Juan Pedro Núñez, Universidad Pontificia Comillas
Juan Ramón Lacadena, Universidad Complutense de Madrid
Juan V. Fernández de la Gala, Universidad de Cádiz
Julio Martínez, Universidad Pontificia Comillas
Karim Javier Gherab Martín, Universidad Rey Juan Carlos
Knut-Willy Sæther, Hivolda (Noruega)
Leandro Sequeiros, Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Zaragoza)
Luis Oviedo, Pontificia Università Antonianum (Roma)
Louis Caruana, Pontificia Universidad Gregoriana (Roma)
Lucio Florio, Pontificia Universidad Católica (Argentina)
Miguel Viguri, Universidad de Deusto
Miriam Díaz Bosch, Blanquerna, Universitat Ramon Llull
Rubén Herce, Universidad de Navarra
Rüdiger Seitz, Universidad Técnica de Graz
Xavier Casanova, IQS - Universitat Ramon Llull

PUBLICADA POR LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

De acuerdo con el Decreto del Provincial de España de la Compañía de Jesús, de fecha 19 de octubre 2018, la edición, gestión y administración de la revista Razón y Fe ha sido transferida a la Universidad Pontificia Comillas, conservando la Provincia de España la titularidad de la misma.

PROTECCIÓN DE DATOS

Le informamos que sus datos personales serán tratados por la Universidad Pontificia Comillas para gestionar su suscripción en la revista Razón y Fe.

En cumplimiento de lo establecido en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales, así como a las normas que en el futuro puedan ampliarlos o sustituirlos, le informamos que tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, limitar su tratamiento, oponerse al tratamiento y ejercer su derecho a la portabilidad de los datos de carácter personal, todo ello de forma gratuita.

Puede ejercer los citados derechos mediante escrito remitido a la Universidad Pontificia Comillas – Secretaría General, Calle Alberto Aguilera, 23, 28015 Madrid o bien a prodatos@comillas.edu. Con la finalidad de atender su solicitud, resulta requisito indispensable que nos acredite previamente su identidad, mediante el envío de copia de su DNI, NIE, Pasaporte o documento equivalente.

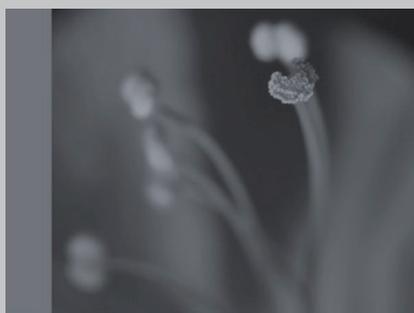
Puede consultar nuestra política de privacidad en: www.comillas.edu/ProteccionDeDatos

Una visión enriquecida de la realidad

El diálogo entre la teología y
las ciencias naturales

Alister E. McGrath

Alister McGrath es uno de los teólogos cristianos más leídos e importantes, y también uno de los mayores expertos en Biología Molecular. Por eso es toda una autoridad a la hora de hablar de la especial relación entre la ciencia y la religión. En este último libro ofrece una brillante investigación sobre la manera en que interactúan la teología cristiana y las ciencias naturales, haciendo un recorrido por la ciencia, teología, filosofía, biografías e incluso poesía, para poder así ver el mundo tal y como es. Con más claridad y, también, con mayor placer.



UNA VISIÓN ENRIQUECIDA
DE LA REALIDAD

El diálogo entre la teología
y las ciencias naturales

Alister McGrath

SALTERRAE



Colección Ciencia y Religión

Número 17

Págs. 272

ISBN: 978-84-293-2874-5

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2019.



SERVICIO DE PUBLICACIONES

edit@comillas.edu

<https://tienda.comillas.edu>

Tel.: 917 343 950

THE ENDURING LEGACY OF FRANCISCO J. AYALA: BRIDGING SCIENCE, RELIGION, AND ETHICS

EL LEGADO PERMANENTE DE FRANCISCO J. AYALA: UN PUENTE ENTRE CIENCIA, RELIGIÓN Y ÉTICA

Francisco J. Ayala is a towering figure whose contributions to science—particularly evolutionary biology—and the dialogue between science and religion have left an indelible mark on both fields. Ayala’s work is not only historically significant but continues to be relevant today, offering insights and frameworks that are crucial in contemporary discussions about the intersection of science, technology, philosophy, and ethics. His ability to bridge seemingly disparate domains—such as evolutionary biology and theology—underscores the profound impact of his work. This editorial seeks to highlight key contributions that reflect on Ayala’s legacy and its ongoing relevance based on the presentations and lectures, which took place at Universidad Pontificia Comillas, Madrid, in 12-13 March 2024 on the celebration of his 90th anniversary.

Robert M. Hauser’s discussion in “Francisco José Ayala and the American Philosophical Society” provides a historical perspective on Ayala’s contributions to the Society’s vast collections, particularly in genetics and evolutionary biology. Hauser underscores Ayala’s pivotal role in enhancing the Society’s resources, making it a premier repository for researchers. The

article highlights Ayala's dedication to promoting scientific knowledge while acknowledging the ethical dimensions of scientific endeavors.

Hana Ayala reflects on Francisco Ayala's profound humanitarian legacy in "Custodians and Stewards of Francisco J. Ayala's Revolutionary Contributions to Human Welfare and Human Progress." She elaborates on his significant scientific discoveries, such as the clonal reproduction of the Chagas disease parasite, and his philosophical insights into the evolution of ethical behavior. Hana emphasizes Ayala's holistic approach to science, which integrates creativity, ethics, and a commitment to human welfare.

In Sara Lumbreras' reflection, "Legacy and New Horizons: What Lies Ahead for Francisco J. Ayala's Lifework and the Center for Science Technology and Religion," the author emphasizes Ayala's role in fostering dialogue between science and religion. Lumbreras notes that Ayala's dual expertise in biology and theology uniquely positioned him as a mediator who could demonstrate that science and religion are independent yet complementary ways of understanding the world. The article also celebrates the Center's 20th anniversary, reflecting on its mission to integrate ethical considerations with advancements in science and technology, a vision deeply inspired by Ayala's work.

Jaime Tatay's piece, "The Sacredness of Nature as a Transnational Bridge Across the World's Cultures and Religions," draws on Ayala's appreciation for the interconnectedness of life. Tatay argues that the reverence for nature, a concept embedded in many faith traditions, can act as a unifying force in contemporary environmental movements. This theme resonates with Ayala's efforts to highlight the harmony between scientific inquiry and spiritual reflection, advocating for a holistic approach to environmental ethics.

Addressing a related theme, Hana Ayala points to—and expands on—a yet to be fully appreciated dimension of Francisco Ayala's trans disciplinary foresight, namely, his advocacy of art as a unique catalyst of maximizing the power of wonder to stimulate a mutually enriching confluence of science—and faith—based stewardship of nature. This dimension, she explains, entails a great promise for awakening the borderless reserves of potential scientific knowledge embedded in the earth's evolutionary and ecological fabric and packed with economic energy that could profoundly accelerate the world's journey towards sustainability.

Hesley Machado Silva, in his article, discusses Ayala's profound influence on the intersection of science and religion, particularly in the context of evolutionary education. Silva highlights Ayala's efforts to combat the rise of creationism in Brazil and the United States, and his advocacy for the teaching of evolution in Latin American schools. Ayala's commitment to promoting scientific literacy and addressing misinformation about climate change is also emphasized. Silva reflects on Ayala's mentorship and the enduring impact of his work in fostering a more scientifically informed and critically thinking society.

Julius Lukeš emphasizes the significant impact of Francisco Ayala on the field of evolutionary biology, particularly in the study of parasitic protozoa. Lukeš highlights Ayala's pioneering work in revealing the clonal reproduction mechanisms of these organisms, which has profound implications for epidemiology and public health. By exploring the evolutionary pathways of protozoa, Ayala's research provided crucial insights into combating diseases such as malaria and Chagas disease. Lukeš also notes that Ayala's passion for studying parasitic protists stemmed from his desire to help alleviate human suffering caused by these diseases.

In their article, Andrés Moya and Amparo Latorre delve into Francisco Ayala's extensive contributions to evolutionary biology and philosophy. They emphasize Ayala's pioneering research in molecular evolution and his role in addressing practical health challenges. Moya and Latorre highlight Ayala's efforts in elucidating the mechanisms of natural selection and genetic diversity, which have significantly advanced our understanding of evolutionary processes. They also explore Ayala's philosophical insights, particularly his arguments on the evolution of ethical behavior as a byproduct of intellectual abilities. The article underscores Ayala's interdisciplinary approach, integrating scientific rigor with philosophical inquiry, and his influence as a mentor to many researchers. Moya and Latorre celebrate Ayala's legacy, noting how his work continues to inspire and inform contemporary research, bridging gaps between different fields of study and contributing to a holistic understanding of life and its complexities.

Michael T. Clegg's contribution also highlights Ayala's role in advancing the field of population genetics and molecular evolution. Clegg reflects on Ayala's dedication to education and public understanding of science, noting his efforts to debunk pseudoscientific claims and promote evo-

lutionary theory as a cornerstone of biological sciences. His work exemplifies Ayala's enduring impact on both scientific research and science education.

As Robert Hauser explained, Francisco Ayala also made substantial contributions to the American Philosophical Society (APS), enhancing its status as a premier repository of scientific knowledge. His extensive collection of personal papers, which includes 201 linear feet of material, significantly bolstered the APS's resources in genetics and evolutionary biology. Ayala's involvement was instrumental in acquiring the papers of other eminent scientists, such as Walter Fitch and Theodosius Dobzhansky, thereby enriching the APS's archives. His dedication to promoting scientific inquiry and preserving historical documents helped the APS establish a comprehensive collection that spans the history of science, technology, and medicine. Moreover, Ayala's commitment to interdisciplinary dialogue mirrored the Society's founding principles of "promoting useful knowledge," originally articulated by Benjamin Franklin. By integrating his scientific expertise with philosophical and ethical reflections, Ayala reinforced the APS's mission to foster a holistic understanding of scientific and humanistic endeavors, ensuring that the APS remains a vital resource for researchers and scholars worldwide.

Together, these articles paint a vivid picture of Francisco Ayala's legacy—a legacy that continues to shape contemporary discourse in science, ethics, and religion. Ayala's work demonstrates that scientific progress and ethical reflection are not mutually exclusive but are, in fact, deeply intertwined. His contributions have laid a foundation for ongoing interdisciplinary dialogue, fostering a more integrated and holistic understanding of our world. Ayala's interdisciplinary approach and dedication to scientific inquiry serve as an enduring inspiration for the Hana and Francisco J. Ayala Center for Science, Technology and Religion.

Francisco J. Ayala es una figura imponente cuyas contribuciones a la ciencia, particularmente a la biología evolutiva, y al diálogo entre ciencia y religión, han dejado una huella indeleble en ambos campos. El trabajo de Ayala no solo tiene una importancia histórica, sino que sigue siendo relevante hoy en día, ofreciendo ideas y marcos epistemológicos cruciales en las discusiones contemporáneas sobre la intersección de la ciencia, la tecnología, la filosofía y la ética. Su capacidad para tender puentes entre ámbitos aparentemente dispares, como la biología evolutiva y la teología, subraya el profundo impacto de su trabajo. Este editorial busca resaltar contribuciones clave que reflejan el legado de Ayala y su relevancia continua, basándose en las presentaciones y conferencias que tuvieron lugar en la Universidad Pontificia Comillas los días 12 y 13 de marzo de 2024, en celebración de su 90 aniversario.

Robert M. Hauser, en su artículo “Francisco José Ayala y la American Philosophical Society”, proporciona una perspectiva histórica sobre las contribuciones de Ayala a las vastas colecciones de la Sociedad, particularmente en genética y biología evolutiva. Hauser subraya el papel fundamental de Ayala en el enriquecimiento de los recursos de la Sociedad, convirtiéndola en un repositorio de primer nivel para los investigadores. El artículo destaca la dedicación de Ayala a promover el conocimiento científico, al tiempo que reconoce las dimensiones éticas de los esfuerzos científicos.

Hana Ayala reflexiona a continuación sobre el profundo legado humanitario de Francisco Ayala en “Custodios y administradores de las contribuciones revolucionarias de Francisco J. Ayala al bienestar humano y al progreso humano”. Hana reflexiona sobre sus importantes descubrimientos científicos, como la reproducción clonal del parásito de la enfermedad de Chagas, y sus ideas filosóficas sobre la evolución del comportamiento ético. Enfatiza también el enfoque holístico de Ayala hacia la ciencia, que integra la creatividad, la ética y un compromiso con el bienestar humano.

En la reflexión de Sara Lumbreras, “Legado y nuevos horizontes: qué le depara el futuro a la obra de Francisco J. Ayala y a la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión”, la autora enfatiza el papel de Ayala en fomentar el diálogo entre ciencia y religión. Lumbreras señala que la doble experiencia de Ayala en biología y teología lo posicionó de manera única como mediador, quien pudo demostrar que la ciencia y la religión son formas independientes pero complementarias de entender el mundo. El artículo

también celebra el 20 aniversario de la Cátedra CTR, reflexionando sobre su misión de integrar consideraciones éticas con los avances en ciencia y tecnología, una visión profundamente inspirada en el trabajo de Ayala.

El artículo de Jaime Tatay, “La sacralidad de la naturaleza como puente transnacional a través de las culturas y religiones del mundo”, se basa en el aprecio de Ayala por la interconexión de la vida. Tatay argumenta que la reverencia por la naturaleza, un concepto arraigado en muchas tradiciones religiosas, puede actuar como una fuerza unificadora en los movimientos ambientales contemporáneos. Este tema resuena con los esfuerzos de Ayala por resaltar la armonía entre la investigación científica y la reflexión espiritual, así como su interés por el arte, abogando por un enfoque holístico en la ética ambiental.

Abordando un tema relacionado, Hana Ayala señala y expande una dimensión aún no apreciada plenamente de la visión transdisciplinaria de Francisco Ayala, a saber, su defensa del arte como un catalizador único para maximizar el poder de asombro y estimular una confluencia mutuamente enriquecedora del cuidado de la naturaleza basado en la ciencia y la fe. Esta dimensión, explica, conlleva una gran promesa para despertar las reservas sin fronteras de conocimiento científico potencial incrustadas en el tejido evolutivo y ecológico de la tierra, y cargadas de energía económica que podría acelerar profundamente el viaje del mundo hacia la sostenibilidad.

Hesley Machado Silva, en su artículo, analiza la profunda influencia de Ayala en la intersección de la ciencia y la religión, particularmente en el contexto de la educación sobre evolución. Silva destaca los esfuerzos de Ayala para combatir el auge del creacionismo en Brasil y Estados Unidos, y su defensa de la enseñanza de la evolución en las escuelas latinoamericanas. También se enfatiza el compromiso de Ayala para promover la alfabetización científica y abordar la desinformación sobre el cambio climático. Silva reflexiona sobre el papel de Ayala como mentor y el impacto duradero de su trabajo para fomentar una sociedad más informada científicamente y con pensamiento crítico.

A continuación, Julius Lukeš enfatiza el impacto significativo de Ayala en el campo de la biología evolutiva, particularmente en el estudio de los protozoos parásitos. Lukeš destaca el trabajo pionero de Ayala al revelar los mecanismos de reproducción clonal de estos organismos, lo que tiene

profundas implicaciones para la epidemiología y la salud pública. Al explorar las vías evolutivas de los protozoos, la investigación de Ayala proporcionó ideas cruciales para combatir enfermedades como la malaria y la enfermedad de Chagas. Lukeš también señala que su pasión por estudiar los protozoos parásitos surgió del deseo de ayudar a aliviar el sufrimiento humano causado por estas enfermedades.

En su artículo, Andrés Moya y Amparo Latorre profundizan en las extensas contribuciones de Ayala a la biología evolutiva y la filosofía. Enfatizan la investigación pionera de Ayala en evolución molecular y su papel en abordar desafíos de salud práctica. Moya y Latorre destacan los esfuerzos de Ayala para dilucidar los mecanismos de selección natural y diversidad genética, que han avanzado significativamente nuestra comprensión de los procesos evolutivos. También exploran las ideas filosóficas de Ayala, particularmente sus argumentos sobre la evolución del comportamiento ético como un subproducto de las habilidades intelectuales. El artículo subraya el enfoque interdisciplinar de Ayala, integrando el rigor científico con la investigación filosófica, y su influencia como mentor de muchos investigadores. Moya y Latorre celebran el legado de Ayala, señalando cómo su trabajo continúa inspirando e informando la investigación contemporánea, tendiendo puentes entre diferentes campos de estudio y contribuyendo a una comprensión holística de la vida y sus complejidades.

La contribución de Michael T. Clegg también destaca el papel de Ayala en el avance del campo de la genética de poblaciones y la evolución molecular. Clegg reflexiona sobre la dedicación de Ayala a la educación y la comprensión pública de la ciencia, señalando sus esfuerzos por desacreditar afirmaciones pseudocientíficas y promover la teoría evolutiva como piedra angular de las ciencias biológicas. Su trabajo ejemplifica el impacto duradero de Ayala tanto en la investigación científica como en la educación científica.

Como explica Robert Hauser en su intervención conclusiva, Francisco Ayala también hizo contribuciones sustanciales a la American Philosophical Society (APS), mejorando su estatus como un repositorio de primer nivel de conocimiento científico. Su extensa colección de documentos personales, que incluye 201 pies lineales de material, reforzó significativamente los recursos de la APS en genética y biología evolutiva. La participación de Ayala fue fundamental para adquirir los documentos de otros científicos

eminentes, como Walter Fitch y Theodosius Dobzhansky, enriqueciendo así los archivos de la APS. Su promoción de la investigación científica y su interés por conservar documentos históricos ayudó a la APS a establecer una colección integral que abarca la historia de la ciencia, la tecnología y la medicina. Además, el compromiso de Ayala con el diálogo interdisciplinar reflejó los principios fundacionales de la Sociedad de “promover el conocimiento útil”, originalmente articulados por Benjamin Franklin. Al integrar su experiencia científica con reflexiones filosóficas y éticas, Ayala reforzó la misión de la APS de fomentar una comprensión holística de los esfuerzos científicos y humanísticos, asegurando que la APS siga siendo un recurso vital para investigadores y académicos de todo el mundo.

En conjunto, estos artículos esbozan un vívido retrato del legado de Francisco Ayala, un legado que continúa dando forma al discurso contemporáneo en ciencia, ética y religión. El trabajo de Ayala demuestra que el progreso científico y la reflexión ética no son mutuamente excluyentes, sino que de hecho están profundamente entrelazados. Sus contribuciones han sentado las bases para un diálogo interdisciplinar continuo, fomentando una comprensión más integrada y holística de nuestro mundo. El enfoque interdisciplinar de Ayala y su dedicación a la investigación científica sirven como una inspiración duradera para la Cátedra Hana y Francisco J. Ayala de Ciencia, Tecnología y Religión.

JAIIME TATAY
Director de *Razón y Fe*

FRANCISCO JOSÉ AYALA AND THE AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY

Francisco José Ayala y la American Philosophical Society

Robert M. Hauser

Executive Officer - American Philosophical Society

rmhauser@amphilsoc.org; <https://orcid.org/0000-0002-2649-5545>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.001>

It is a truly an honor for me to speak at the University Pontificia Comillas at this 90th anniversary celebration of Francisco José Ayala.¹ I am truly grateful to Hana Ayala and to the leadership of the University for inviting me here today.

One of the privileges and pleasures of my life—in and out of academia—is that I have learned much of what I know from several geniuses. Perhaps the most influential was my mentor, Otis Dudley Duncan—sociologist, demographer, ecologist, musician, and musicologist—who made his way from the obscurity of East Texas to the heights of American academia. Another, whose works taught me about the beauty of intensive statistical data analysis was the precocious Leo A. Goodman, whose academic career spanned 70 years. A third—no doubt better known to those here today than the first two—was the geneticist and evolutionary biologist, Sewall Wright. Wright joined the faculty of the University of Wisconsin-Madison for many years after being forced into retirement by the University of Chicago. I not only benefitted

¹ I am greatly indebted to information and advice provided by Charles Greifenstein, Curator of Manuscripts, now *emeritus*, David Gary, Associate Director of the Library for Collections, and Jane M. Whitehill.

from a close reading of his writings on path analysis, but I had the privilege of meeting him in his 90s. It would be easy for me to name other geniuses I have known, but that would depart from the theme of my remarks this morning.

I am quite sure that Francisco José Ayala was as much a genius as any of those who I have met face to face. Francisco José Ayala's accomplishments ranged from truly sophisticated religious belief, to pure and applied science, to philosophy, to articulate public advocacy, to major public service, connoisseurship of art, and wine-growing entrepreneurship. Ayala's many honors, including the National Medal of Science and the Templeton Prize, and his role as a Presidential Science Advisor, speak for themselves. Sadly, while we corresponded briefly, I had no personal contact with him. I truly wish that I had met Francisco José Ayala in person and spent more time learning from his work, as I have from that of others much wiser than me.

Fortunately for me, I have shared memories of Francisco José Ayala with his brilliant and charming wife, Hana Ayala (Doctor in Natural Sciences, Founder Director (Co-Chair) and Chief Executive Officer of Pangea World) with whom he spent more than the last 37 years of his life. It is truly fitting that the Comillas Pontifical University has honored both Hana and Francisco José Ayala by creating the Hana and Francisco J. Ayala Center for Science, Technology, and Religion.

I met Hana last year, when the American Philosophical Society (APS) invited her to attend our November 2023 meeting as a guest of the Society. And Hana is invited to attend APS meetings whenever she may wish in future! Hana wrote to me that she and Francisco were married in 1985, around the time that, as I shall relate, he first spoke at a meeting of the Society. I think it is fair to say that a good part of Francisco's genius, in the last several decades of his life, is due in large part to his partnership with the equally creative Hana, whose own accomplishments are manifest in Pangea World. As she related, in a 2006 interview with the American Association for the Advancement of Science, "... we both dare to think out of the box. We are not necessarily satisfied with existing concepts. And the other similarity or synergy I see is that we both cut across disciplines in our thinking and our acting in professional work." Today's celebration is justifiably for Hana Ayala as well as Francisco José Ayala.

As a sociologist and social statistician, my meager exposure to contemporary genetics and evolutionary biology has left me poorly equipped to address Francisco Jose Ayala's major scientific contributions. However, I understand

and appreciate his elegantly devastating, historically informed, and highly accessible deconstruction of the myth of intelligent design (2007) and his subsequent willingness to debate that argument in public.

I came to know Francisco José Ayala's work through my position as Executive Officer of the APS. The Society was founded by Benjamin Franklin in 1743 as the colonial counterpart to the Royal Society. From the founding, its mission has been "promoting useful knowledge." The American Philosophical Society has become the most prestigious learned academy in the United States. I will say more about the Society later today. I want to emphasize the Society's founding mission—"promoting useful knowledge," and the relevance of Ayala's life and work to that mission.

The American Philosophical Society elected Francisco José Ayala to Membership in 1984, when he was just 50 years old. That, in itself, was an exceptional event. The typical age at election of the Society's Members hovers in the mid to late 60s. Fewer than 6,000 individuals have been elected to Membership in its 281-year history. In the past 50 years, 1,429 have been elected to Membership, and only 115 of those have been 50 years old or younger.

Professor Ayala made only a few personal appearances at the American Philosophical Society. However, he voted regularly in the election of new Members, and—as I will explain this afternoon—he had a beneficial influence on the Society in other ways. It is highly likely that Professor Ayala was nominated for election to the APS by Theodosius Dobzhansky, his doctoral advisor. He was inducted into the Society and signed our Great Book—the Membership roster—in April 1985. The citation read at his induction said that Professor Ayala was "... a leading investigator in the fields of population genetics and enzyme polymorphisms in *Drosophila*, and in populations of marine pelagic, benthic, and littoral animals. His work is characterized by great originality, remarkable diversity, and a profound philosophical outlook. He is a principal exponent of the selectionist, and opponent of the neutralist (or non-Darwinian), theory of evolution. [He is] co-author of [a] widely used textbook on evolution and editor of a valuable monographic series on modern evolutionary problems."

At his induction, Professor Ayala presented a paper entitled "On Chinese Boxes and the Evolution of Genes." Unfortunately, his presentation predated the contemporary practice of recording APS Meeting presentations, and his scientific papers include only a page-long precis of the talk. By 1985, when Professor Ayala was inducted into the APS, there was burgeoning understanding of the genetic information underlying how this diversity and com-

plexity had come about since the beginning of life on Earth (about 3.7 billion years ago) and how what we were beginning to call molecular biology could open new levels of understanding. Here is what Professor Ayala wrote:

Since the beginning of life on Earth there has been an enormous increase in the morphological diversity and complexity of living forms. How does the genetic information underlying this diversity and complexity come about? Preliminary answers are emerging.

New genes, or specific DNA sequences, may arise by three types of processes that are named elongation, combination, and duplication. Some genes arise by multiple tandem replications of a simple sequence followed by mutant substitutions at different sites in the replicates (elongation). Complex genes may arise by combination of ancestral simple genes, which can now be recognized as different exons (combination). Genes may duplicate in toto. The duplicates may afterwards diversify, remain identical, or be rendered inactive by mutations. Some sequences are duplicated into thousands of copies that are often interspersed throughout the genome of higher organisms.

Chinese boxes within boxes provide a didactic metaphor of the processes by which modern genomes have arisen through evolutionary change. The smallest “boxes” are very short sequences consisting of 9-15 nucleotide pairs. How these small information units may be formed is not yet known, but they can be accounted for by simple processes of natural selection and chance.

Sadly—and especially because of the provocative metaphor of Chinese boxes—I have not been able to find his full text, either in *The Proceedings of the American Philosophical Society* or anywhere else.

At the APS Millennial Symposium of 1999, Professor Ayala commented on a paper by Senator Nancy Kassebaum Baker (1999), “Health Care in American Society.” Baker observed that, unlike the dispersed and disconnected public of early America, we now have the technological capacity to support direct democracy. She then addressed—citing several exemplary controversies about health care—the contrast between how these issues might be resolved under direct or representative democracy. She clearly favored the latter as more likely to be based on evidence, rather than fraudulent manipulation of public opinion. (Given the present state of the US Congress, one might argue that this distinction is no longer viable.) One of Baker’s examples was the unsuccessful proposal of the Clinton administration to require childhood

vaccinations nationwide. It closely parallels the tragic political history of vaccination against COVID-19.

After recapitulating Baker's argument, Ayala (1999) first raised the possibility that some form of libertarianism—not necessarily to his liking—might pose reasonable objections to her preference for representative democracy. Then he turned to more familiar territory, other examples of potentially controversial medical innovations and interventions. These included gene therapy, genetic enhancement, and the possibility that these might enter the germ line, rather than remaining somatic. Those issues are all the more significant in light of subsequent advancements in gene editing, e.g., CRISPR Cas9. Second, he raised the possibility of human cloning, arguing that a human clone, if one were created, would only superficially resemble its twin because of the inevitable influences of environmental differences. Last, without much elaboration, he raised the issue of legal control of abortion. In my opinion, while human cloning appears to have vanished from public discussion, at least for a while, Ayala was truly prescient in raising the issues of genetic technology and abortion.

Francisco Ayala's voluminous publications included only one from the APS Press, a biological memoir of Walter Monroe Fitch, who was Ayala's colleague, co-author, and friend at the University of California-Irvine. Together Fitch and Ayala led some four colloquia at the National Academy of Sciences between 1994 and 2005 (Ayala & Fitch, 1997; Ayala, Fitch, & Clegg, 2000; Ayala, Fitch, & Hey, 2005; Fitch & Ayala, 1994), each of which was based on a major work "in the formulation of the modern theory of evolution," and led to the publication of an edited volume. Also, many more of Francisco José Ayala's edited works have been published by the National Academy of Sciences and are readily available on its website. Most notable is the series entitled "In the Light of Evolution," which honors the 1973 essay by Ayala's teacher, Theodosius Dobzhansky (1973), "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution."

Much as Ayala appreciated Fitch's collegueship, the biographical memoir reads also as an introduction to and review of Fitch's many scientific contributions, beginning with his 1967 paper with Margoliash (1967), a seminal contribution, introducing the concept and exemplars of molecular phylogenetics. This made it possible to map the course of evolution at the molecular genetic level, thus complementing, revising, extending, and completing findings using traditional methods. For example, paleontology leaves unexplained gaps in evolutionary history. Fitch's ideas and investigations played a major role Ayala's later expositions and defenses of the theory of evolution.

There is much more to be said about other highly significant contributions that Francisco José Ayala made to the American Philosophical Society, but I will save those for my second contribution to today's celebration. For the present, I can say, on behalf of the APS, that we are proud and grateful to have had Francisco José Ayala as a Member. The life and work of Francisco José Ayala will be both studied and honored at the American Philosophical Society.

References

- Ayala, F. J. (1999). Discussion, Health Care in a Democratic Society. In A. G. Bearn (Ed.), *Useful Knowledge: The American Philosophical Society Millennium Program, (234)*. American Philosophical Society.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's gift to science and religion (40)*: National Academies Press.
- Ayala, F. J., Fitch, W. M. (1997). Genetics and the origin of species: an introduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences 94*(15): 7691-7697.
- Ayala, F. J., Fitch, W. M., Clegg, M. T. (2000). Variation and evolution in plants and microorganisms: Toward a new synthesis 50 years after Stebbins. *Proceedings of the National Academy of Sciences 97*(13): 6941-6944.
- Ayala, F. J., Fitch, W. M., Hey, J. (2005). *Systematics and the origin of species: on Ernst Mayr's 100th anniversary (102)*. National Academies Press.
- Baker, N. K. (1999). Health Care in a Democratic Society. In A. G. Bearn (Ed.), *Useful Knowledge: The American Philosophical Society Millennium Program (234)*. pp. 271-278. American Philosophical Society.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The american biology teacher 35*, 125-129.
- Fitch, W. M., Ayala, F. J. (1994). Tempo and mode in evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences 91*(15): 6717-6720.
- Fitch, W. M., Margoliash, E. (1967). Construction of phylogenetic trees: a method based on mutation distances as estimated from cytochrome c sequences is of general applicability. *Science 155*(3760): 279-284.

FRANCISCO JOSÉ AYALA Y LA AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY

Francisco José Ayala and the American Philosophical Society

Robert M. Hauser

Director Ejecutivo - American Philosophical Society

rmhauser@amphilsoc.org; <https://orcid.org/0000-0002-2649-5545>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.001>

Es para mí un verdadero honor participar en esta celebración del 90 aniversario de Francisco José Ayala en la Universidad Pontificia Comillas. Quiero mostrar mi agradecimiento a Hana Ayala y a la dirección de la Universidad por haberme invitado hoy aquí.

Uno de los privilegios y placeres de mi vida, tanto dentro como fuera del mundo académico, es que he aprendido gran parte de lo que sé de varios genios. Quizá el más influyente fue mi mentor, Otis Dudley Duncan —sociólogo, demógrafo, ecólogo, músico y musicólogo—, que se abrió camino desde la oscuridad del este de Texas hasta las alturas del mundo académico estadounidense. Otro, cuyos trabajos me enseñaron la belleza del análisis intensivo de datos estadísticos, fue el precoz Leo A. Goodman, cuya carrera académica abarcó 70 años. Un tercero, y sin duda más conocido por los aquí presentes que los dos primeros, fue el genetista y biólogo evolutivo Sewall Wright. Wright formó parte del profesorado de la Universidad de Wisconsin-Madison durante muchos años, tras verse obligado a jubilarse por la Universidad de Chicago. No solo me beneficié de una lectura atenta de sus escritos sobre el análisis de trayectorias, sino que tuve el privilegio de conocerle a sus 90 años. Me resultaría fácil nombrar a otros genios que he conocido, pero eso se apartaría del tema de mi intervención de esta mañana.

Estoy seguro de que Francisco José Ayala era tan genio como cualquiera de los que he conocido cara a cara. Los logros de Francisco José Ayala abarcaron desde creencias religiosas verdaderamente sofisticadas, pasando por la ciencia pura y aplicada, la filosofía, la defensa pública articulada, hasta importantes servicios públicos, el conocimiento del arte y el espíritu

empresarial vinícola. Los numerosos honores que ha recibido Ayala, entre ellos la Medalla Nacional de la Ciencia y el Premio Templeton, y su papel como Asesor Científico Presidencial, hablan por sí solos. Lamentablemente, aunque mantuvimos una breve correspondencia, no tuve contacto personal con él. Ojalá hubiera conocido a Francisco José Ayala en persona y hubiera pasado más tiempo aprendiendo de su trabajo, como lo he hecho del de otros mucho más sabios que yo.

Afortunadamente para mí, he compartido recuerdos de Francisco José Ayala con su brillante y encantadora esposa, Hana Ayala (Doctora en Ciencias Naturales, Directora Fundadora (Co-Presidenta) y Consejera Delegada de Pangea World) con quien pasó más de los últimos 37 años de su vida. Es realmente adecuado que la Universidad Pontificia Comillas haya honrado tanto a Hana como a Francisco José Ayala creando la Cátedra Hana y Francisco J. Ayala de Ciencia, Tecnología y Religión.

Conocí a Hana el año pasado, cuando la American Philosophical Society (APS) la invitó a asistir a nuestra reunión de noviembre de 2023 como invitada. ¡Y Hana está invitada a asistir a las reuniones de la APS siempre que lo desee! Hana me escribió que ella y Francisco se casaron en 1985, más o menos cuando, como contaré, él habló por primera vez en una reunión de la APS. Creo que es justo decir que una buena parte del talento de Francisco, en las últimas décadas de su vida, se debe en gran parte a su asociación con la igualmente creativa Hana, cuyos propios logros se manifiestan en Pangea World. En una entrevista concedida en 2006 a la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia, Hana explicaba: "... ambos nos atrevemos a pensar de forma innovadora. No nos conformamos necesariamente con los conceptos existentes. Y la otra similitud o sinergia que veo es que ambos atravesamos disciplinas en nuestro pensamiento y nuestra actuación en el trabajo profesional". La celebración de hoy está justificada tanto para Hana Ayala como para Francisco José Ayala.

Como sociólogo y estadístico social, mi escaso conocimiento de la genética y la biología evolutiva contemporáneas no me permite abordar las principales contribuciones científicas de Francisco José Ayala. Sin embargo, entiendo y aprecio su distinguida deconstrucción devastadora, históricamente informada y comprensible del mito del diseño inteligente (2007), así como su posterior disposición a debatir ese argumento en público.

Conocí la obra de Francisco José Ayala a través de mi cargo de Director Ejecutivo de la APS. La Sociedad fue fundada por Benjamin Franklin en 1743 como homóloga colonial de la Royal Society. Desde su fundación, su

misión ha sido la promoción del conocimiento útil. La American Philosophical Society se ha convertido en la academia científica más prestigiosa de Estados Unidos, de la que hablaré más adelante. Quiero hacer hincapié en la misión fundacional de la Sociedad: la promoción del conocimiento útil, y en la relevancia de la vida y obra de Ayala para esa misión.

La American Philosophical Society eligió a Francisco José Ayala como miembro en 1984, cuando tenía 50 años. Fue un hecho excepcional. La edad típica de los miembros de la Sociedad en el momento de su elección oscila entre mediados y finales de los 60 años. En sus 281 años de historia, menos de 6.000 personas han sido elegidas como miembros de la Sociedad. En los últimos 50 años han sido elegidos 1.429 miembros, de los cuales sólo 115 tenían 50 años o menos.

El profesor Ayala hizo pocas apariciones personales en la American Philosophical Society. Sin embargo, votó con regularidad en la elección de nuevos miembros y, como explicaré esta tarde, ejerció una gran influencia en la APS de otras formas. Es muy probable que el profesor Ayala fuera propuesto para la elección a la APS por Theodosius Dobzhansky, su asesor doctoral. Fue admitido en la Sociedad y firmó nuestro Gran Libro (la lista de miembros) en abril de 1985. La mención que se leyó en su juramento decía que el profesor Ayala era "un destacado investigador en los campos de la genética de poblaciones y los polimorfismos enzimáticos en *Drosophila*, y en poblaciones de animales marinos pelágicos, bentónicos y litorales. Sus trabajos se caracterizan por una gran originalidad, una notable diversidad y una profunda perspectiva filosófica. Es uno de los principales exponentes de la teoría seleccionista de la evolución y detractor de la neutralista (o no darwiniana). Es coautor de un libro de texto sobre evolución ampliamente utilizado y editor de una valiosa serie monográfica sobre problemas evolutivos modernos".

En su inauguración, el profesor Ayala presentó una ponencia titulada "Sobre las cajas chinas y la evolución de los genes". Desgraciadamente, su presentación fue anterior a la práctica actual de grabar las presentaciones de las reuniones de la APS, por lo que sus documentos científicos sólo incluyen un resumen de una página de la charla. En 1985, año en que el profesor Ayala ingresó en la APS, la comprensión de la información genética subyacente a esta diversidad y complejidad desde el comienzo de la vida en la Tierra (hace unos 3.700 millones de años) era cada vez mayor, y lo que empezábamos a llamar biología molecular podía abrir nuevos niveles de comprensión. He aquí lo que escribió el profesor Ayala:

Desde el comienzo de la vida en la Tierra se ha producido un enorme aumento de la diversidad morfológica, así como de la complejidad de las formas vivas. ¿Cómo se desarrolla la información genética subyacente a esta diversidad y complejidad? Están surgiendo respuestas preliminares.

Los nuevos genes, o las nuevas secuencias específicas de ADN, pueden surgir por tres tipos de procesos denominados elongación, combinación y duplicación. Algunos genes surgen por múltiples replicaciones en tándem de una secuencia simple, seguidas de sustituciones mutantes en diferentes lugares de las replicaciones (elongación). Los genes complejos pueden surgir por combinación de genes simples ancestrales, que ahora pueden reconocerse como exones diferentes (combinación). Los genes pueden duplicarse "in toto" (en su totalidad). Posteriormente, los duplicados pueden diversificarse, permanecer idénticos o quedar inactivos por mutaciones. Algunas secuencias se duplican miles de veces y suelen estar intercaladas en el genoma de los organismos superiores.

Las cajas chinas dentro de cajas ofrecen una metáfora didáctica de los procesos por los que surgen los genomas modernos a través del cambio evolutivo. Las "cajas" más pequeñas son secuencias muy cortas formadas por 9-15 pares de nucleótidos. Aún no se sabe cómo se forman estas pequeñas unidades de información, pero pueden explicarse mediante procesos sencillos de selección natural y azar.

En el Simposio del Milenio de la APS en 1999, el profesor Ayala comentó una ponencia de la senadora Nancy Kassebaum Baker (1999): Health Care in American Society. Baker observó que, a diferencia del público disperso y desconectado de la América primitiva, ahora tenemos la capacidad tecnológica para apoyar la democracia directa. A continuación, citando varias controversias ejemplares sobre la asistencia sanitaria, abordó el contraste entre cómo podrían resolverse estas cuestiones en democracia directa o representativa. Se mostró claramente a favor de esta última, ya que es más probable que se base en pruebas y no en la manipulación fraudulenta de la opinión pública (dado el estado actual del Congreso estadounidense, se podría argumentar que esta distinción ya no es viable). Uno de los ejemplos de Baker fue la infructuosa propuesta de la administración Clinton de exigir la vacunación infantil en todo el país. Es muy similar a la trágica historia política de la vacunación contra la COVID-19.

Tras recapitular el argumento de Baker, Ayala (1999) planteó primero la posibilidad de que alguna forma de libertarismo —no necesariamente de su agrado— pudiera plantear objeciones razonables a su preferencia por la democracia representativa. Luego pasó a un terreno más familiar con otros ejemplos de innovaciones e intervenciones médicas potencialmente controvertidas. Entre ellas, la terapia génica, la mejora genética y la posibilidad de que estas entren en la línea germinal, en lugar de permanecer somáticas. Estas cuestiones son aún más significativas a la luz de los avances posteriores en la edición de genes, por ejemplo, CRISPR Cas9. En segundo lugar, planteó la posibilidad de la clonación humana, argumentando que un clon humano, si se creara, solo se parecería superficialmente a su gemelo debido a las inevitables influencias de las diferencias ambientales. Por último, planteó, sin mucho detalle, la cuestión del control legal del aborto. En mi opinión, aunque la clonación humana parece haber desaparecido del debate público, al menos por un tiempo, Ayala fue realmente clarividente al plantear las cuestiones de la tecnología genética y el aborto.

Entre las voluminosas publicaciones de Francisco Ayala solo figura una de la APS Press, una memoria biológica de Walter Monroe Fitch, que fue colega, coautor y amigo de Ayala en la Universidad de California-Irvine. Juntos, Fitch y Ayala dirigieron unos cuatro coloquios en la Academia Nacional de Ciencias entre 1994 y 2005 (Ayala y Fitch, 1997; Ayala, Fitch, y Clegg, 2000; Ayala, Fitch, y Hey, 2005; Fitch y Ayala, 1994), cada uno de los cuales se basó en un trabajo importante “en la formulación de la teoría moderna de la evolución”, y dio lugar a la publicación de un volumen editado. Además, la Academia Nacional de Ciencias ha publicado muchas más obras editadas de Francisco José Ayala, que pueden consultarse en su sitio web. La más notable es la serie titulada *A la luz de la evolución*, que rinde homenaje al ensayo de 1973 del maestro de Ayala, Theodosius Dobzhansky (1973): “Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución”.

Por mucho que Ayala apreciara el compañerismo de Fitch, las memorias biográficas se leen como una introducción y un repaso de las muchas contribuciones científicas del mismo, empezando por su artículo de 1967 con Margoliash (1967), una contribución esencial, que introdujo el concepto y los ejemplos de la filogenética molecular. Esto hizo posible trazar el curso de la evolución a nivel genético-molecular, complementando, revisando, ampliando y completando así los descubrimientos realizados con métodos tradicionales. Por ejemplo, la paleontología deja lagunas sin explicar en la historia evolutiva. Las ideas e investigaciones de Fitch desempeñaron un

papel fundamental en las posteriores exposiciones y defensas de Ayala sobre la teoría de la evolución.

Podría seguir hablando sobre las contribuciones tan significativas que Francisco José Ayala hizo a la Philosophical American Society, pero guardaré esas para mi segunda intervención en esta celebración. Por el momento, puedo decir, en nombre de la APS, que estamos orgullosos y agradecidos de haber tenido a Francisco José Ayala como Miembro. La vida y obra de Francisco José Ayala serán estudiadas y honradas en la APS.

Referencias

- Ayala, F. J. (1999). Discussion, Health Care in a Democratic Society. In A. G. Bearn (Ed.), *Useful Knowledge: The American Philosophical Society Millennium Program* (234). American Philosophical Society.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's gift to science and religion* (40): National Academies Press.
- Ayala, F. J. y Fitch, W. M. (1997). Genetics and the origin of species: an introduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94(15): 7691-7697.
- Ayala, F. J., Fitch, W. M., y Clegg, M. T. (2000). Variation and evolution in plants and microorganisms: Toward a new synthesis 50 years after Stebbins. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97(13): 6941-6944.
- Ayala, F. J., Fitch, W. M., y Hey, J. (2005). *Systematics and the origin of species: on Ernst Mayr's 100th anniversary* (102). National Academies Press.
- Baker, N. K. (1999). Health Care in a Democratic Society. In A. G. Bearn (Ed.), *Useful Knowledge: The American Philosophical Society Millennium Program* (Vol. 234, pp. 271-278). American Philosophical Society.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The american biology teacher* 35, 125-129.
- Fitch, W. M. y Ayala, F. J. (1994), Tempo and mode in evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91(15): 6717-6720.
- Fitch, W. M. y Margoliash, E. (1967). Construction of phylogenetic trees: a method based on mutation distances as estimated from cytochrome c sequences is of general applicability. *Science* 155(3760): 279-284.

CUSTODIANS AND STEWARDS OF FRANCISCO J. AYALA'S REVOLUTIONARY CONTRIBUTIONS TO HUMAN WELFARE AND HUMAN PROGRESS

*Custodios y administradores de las revolucionarias
contribuciones de Francisco J. Ayala al bienestar y progreso
de la humanidad*

Hana Ayala

President of Pangea World

hayala@pangeaworld.com; <https://orcid.org/0000-0001-5000-6804>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.002>

1. INTRODUCTION

We are here today to celebrate an extraordinary human being whose life's intellectual-cum-humanitarian journey has yielded deep contributions to science harmonized with knowledge derived from artistic and religious experience, philosophical reflections, and other sources.

The most appreciated presence and remarks of Dr. Robert Hauser, Executive Officer of the preeminent American Philosophical Society, endow this event with a very special significance. "Promoting useful knowledge" was the purpose that guided Benjamin Franklin to found, in 1743, this oldest and most distinguished learned society in the United States. The Society is unique in that it honors extraordinary accomplishments in all fields, awarding acclaimed membership to world-renowned scholars from a wide variety of academic disciplines and, thus, excelling—and bettering the world—as an unparalleled venue to bring sciences, arts, and humanities in service to humanity.

A proud member of the American Philosophical Society, Francisco Ayala uniquely embodied the Society's span of scientific, humanistic, and public accomplishments.

In 1994, President Bill Clinton appointed Francisco Ayala to the U.S. President's Committee of Advisors on Science and Technology. On the 12th of June 2002, he was awarded the 2001 National Medal of Science by President George W. Bush at the White House for "his theoretical and experimental discoveries on the origin of species, genetic diversity, and population dynamics that led to a new understanding of biological evolution, and his distinguished contributions to education, the promotion of public understanding of science, and the philosophy and ethics of the scientific enterprise" (National Science and Technology Medal Foundation, 2001).

The Templeton Prize, an annual award that honors a living person "who has made an exceptional contribution to affirming life's spiritual dimension" was bestowed on Francisco Ayala on the 5th of May 2010, by HRH Prince Philip, Duke of Edinburgh, at a private ceremony in Buckingham Palace (Templeton Prize, 2010).

These two honors greatly complement each other in recognizing Francisco's unique ability to build bridges among disciplines and activities that were thought either to be unrelated or, even, antagonistic to one another, bridges denoting a true insight into future possibilities.

It was Francisco Ayala's life-long effort to eliminate contradictions between science and religion on the premise that they concern different matters, that they are like two windows looking at the same world but showing different aspects of that world; yet each is essential to human understanding (Ayala, 2007; Ayala, 2014). At the request of the U.S. National Academy of Sciences, he served as principal author of a publication that articulated the Academy's view of *Science, Evolution, and Creationism* and whose third edition, released in 2008, underscores the utmost clarity with which it can now be established that "needlessly placing them [science and religion] in opposition reduces the potential of each to contribute to a better future" (National Academy of Sciences & Institute of Medicine of the National Academies, 2008).

Francisco Ayala's professional journey did, to a large extent, spur the rise and expansion of the field of molecular evolution. The disclosure that the parasite responsible for the often-fatal Chagas disease reproduces clonally rather than sexually led him—and collaborator Michel Tibayrenc—to formulate the clonal theory of parasitic protozoa, with important epidemiological

and medical consequences (Ayala, 1993). In his writings on the philosophy of biology, a field he helped establish (Ayala & Dobzhansky, 1974), Francisco Ayala argued that ethical behavior came about in evolution not because it is adaptive in itself, but as a necessary consequence of the high intellectual abilities present in modern humans and representing an attribute directly promoted by natural selection (Ayala, 1995; Ayala, 2016). And, as Camilo José Cela Conde highlights, he opened the door to the scientific study of the mind, laying the groundwork for the development of an integral image of “creativity”—the subject that has traditionally belonged to artists, literati, and philosophers (Cela Conde, 2019).

It is most fitting to extol the timeless yield of Francisco Ayala's passion about knowledge and about the unbounded capacity and potential of the human mind on the distinguished premises of Comillas Pontifical University and in adherence to the University's commitment to combine diverse types of knowledge within the search for knowledge that is interdisciplinary and global while striving to encompass the full reality of humankind and the world we live in.

It is most emotional to celebrate the 90th anniversary of Francisco Ayala's birth at this magnificent University, an institution that Francisco and I have been privileged to embrace as our intellectual home. It has been joyous and most rewarding to craft this event's aspiration to project Francisco's scientific, humanistic, and interdisciplinary contribution into the future in collaboration with Professor Jaime Tatay and Professor Sara Lumbreras, Co-Directors of the Center for Science, Technology, and Religion that has honored Francisco and me by bearing our names.

2. TOWARDS NEW FRONTIERS OF A MONUMENTAL LEGACY

What a challenge it has been to select from the countless brilliant minds who were guided and inspired by Francisco Ayala and now are taking his core visions and achievements to a new level of world-changing impact and benefit. In today's Morning Session, we feature four prominent scholars who emblemize the vigor of Francisco's intellectual progeny and whose work fuels further evolution of his gifts to humanity.

Professor Hesley Machado Silva carries on Francisco Ayala's central focus on the confluence of science and religion, confronts the rise of creationism in Brazil, champions the teaching of evolution in Latin America, and fights mis-

information about climate change. The timeliness and global relevance of his work are underscored by a recent article in the journal *Science* that discloses a growing opposition to evolution in India and its harmful effects on that country and on societies worldwide (Shashidhara & Joshi, 2023). I am moved to quote from a letter Hesley wrote to me: “he [Francisco] marked my life for having reached out to an unknown researcher from a small Brazilian town.”

Professor Julius Lukeš has taken his expertise in phylogenetics and evolutionary biology—and the inspiration from Francisco’s work on parasitic protozoa—into the world’s oceans, demonstrating how evolutionary research of protozoa in the oceans will play crucial role in solutions for combatting climate change. He is also pioneering new evolutionary hypotheses for the origin and dispersal of species, particularly parasitic protozoa, with important medical implications. I wish to mention, with gratitude, Professor Lukeš’ patronage of Francisco Ayala’s Doctor Honoris Causa degree bestowed on him by the University of South Bohemia in May 2010, and the Professor Honoris Causa recognition awarded to him in May 2022.

In the words of Professors Andrés Moya and Amparo Latorre, included in a note they sent me last year: “being students of Francisco has definitely and positively marked our personal and professional lives.” In turn, they beautifully marked Francisco’s life, as the sponsors of his Honorary Doctorate from the University of Valencia in November 2000, as co-editors of *The Evolution of an Evolutionist* (Latorre & Moya, 2006)—a collection of selected writings that define Francisco Ayala’s trajectory as a scientist and philosopher—and in many other ways. Their distinguished careers, which continue to yield formidable contributions spanning philosophy and science and revolutionizing the scope of evolutionary thought, are exemplary of Francisco Ayala’s formidable contribution as a teacher and mentor.

The Afternoon Session will extend the potential of Francisco Ayala’s masterful symphony of science, philosophy, religion, and the arts into new realms and to a transnational scale. The title of Professor Jaime Tatay’s address, *The Sacredness of Nature as a Transnational Bridge Across the World’s Cultures and Religions*, offers an intriguing preview of the novel angle of his globally scaled research. The great inspiration that Francisco lavished on me during the precious 38 years of our life together will radiate from my revelation of the daring ambition to “harness evolution’s gift of borderless wonder to open new economic frontiers for global sustainability.” This ambition to bring to light—and blend with art—the “economic might of evolution” propels my professional journey across geographies and political boundaries. It also fuels my aspiration to make this journey ever more synergistic with Francisco’s,

and ever more worthy of such joint recognitions as was the simultaneous award of an Honorary Doctorate to Francisco and of a Gold Medal to me by Masaryk University in the Czech Republic in 2003. I am honored to recognize the champion of this cherished twin accolade, Professor Milan Konečný, who is with us today.

It is a privilege to announce that, subsequently, Dr. Hauser will return to the podium to expand on the global significance of the American Philosophical Society's collections, including via a preview of the Society's upcoming major research and training center for the history of science. His remarks will take the meaning of being a "custodian" of Francisco Ayala's giant legacy to an entirely new level of importance and perpetuity while contributing a potent synergy towards this event's aspiration to shape a transnational path towards making knowledge a truly universal opportunity for humanity.

The keynote address will not inaugurate but culminate today's event and its testimony to the immortal progeny of Francisco Ayala's intellect and humanism. It will be delivered by Dr. Michael Clegg, Donald Bren Professor Emeritus of Biological Sciences at the University of California, Irvine, (former) Chair of the Council of the International Institute for Applied Systems Analysis in Vienna, Austria, former Foreign Secretary of the United States National Academy of Sciences in Washington, DC, and man of many other accolades. His deep friendship and professional bond with Francisco spanned more than 50 years. I know that he will want to make a special mention of Francisco's many students around the world who, no doubt, are the engines of the perpetuity of Francisco's giant impact.

The event-closing act by Rector Enrique Sanz will go beyond closing remarks; it will inaugurate a novel dimension of the perpetuity of Francisco Ayala's extraordinary legacy.

References

- Ayala, F. J. (1993). *Trypanosoma* and *Leishmania* have clonal population structures of epidemiological significance. *Biological Research* 26, 47-63.
- Ayala, F. J. (1995). The difference of being human: Ethical behavior as an evolutionary byproduct. In H. Rolston, III (Ed.), *Biology, Ethics, and the Origin of Life*. Boston and London: Jones and Bartlett, pp. 113-135.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*. Joseph Henry Press, Washington, DC.

- Ayala, F. J. (2014). Evolution and religion. In J. B. Losos *et al.* (Eds.), *The Princeton Guide to Evolution* (pp. 817-824). Princeton University Press, Oxford.
- Ayala, F. J. (2016). *Evolution, Explanation, Ethics, and Aesthetics: Towards a Philosophy of Biology*. Academy Press.
- Ayala, F. J., & Dobzhansky T. (eds.). (1974). *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*. University of California Press.
- Cela Conde, C. J. (2019). Una vida (o dos?). In D. Bermejo (Ed.), *Pasión por la Vida. Passion for Life* (pp. 287-300). Alianza Editorial.
- Latorre, A., & Moya, A. (eds.). (2006). *Francisco J. Ayala. La Evolución de un Evolucionista*. Universidad de Valencia.
- National Academy of Sciences & Institute of Medicine of the National Academies (2008). *Science, Evolution, and Creationism*. The National Academies Press.
- National Science and Technology Medals Foundation (2001). *Francisco J. Ayala National Medal of Science*. Retrieved from: <https://nationalmedals.org/laureate/francisco-j-ayala/> .
- Shashidhara, L.S., & Joshi, A. (2023). Not teaching evolution is an injustice. *Science* 380(6652), 1303. <https://doi.org/10.1126/science.adj3557> .
- Templeton Prize (2010). *Francisco J. Ayala*. Retrieved from: <https://www.templetonprize.org/laureate/francisco-j-ayala/>

CUSTODIOS Y ADMINISTRADORES DE LAS REVOLUCIONARIAS CONTRIBUCIONES DE FRANCISCO J. AYALA AL BIENESTAR Y PROGRESO DE LA HUMANIDAD

*Custodians and Stewards of Francisco J. Ayala's
Revolutionary Contributions to Human Welfare and
Human Progress*

Hana Ayala

Presidenta de Pangea World

hayala@pangeaworld.com; <https://orcid.org/0000-0001-5000-6804>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.002>

1. INTRODUCCIÓN

Estamos hoy aquí para conmemorar a un ser humano extraordinario, cuya trayectoria intelectual y humanitaria ha generado profundas contribuciones a la ciencia. Contribuciones que armonizó con el conocimiento derivado de su experiencia artística y religiosa, así como de sus reflexiones filosóficas y otras fuentes.

La muy apreciada presencia y los comentarios del Dr. Robert Hauser, director ejecutivo de la preeminente Sociedad Filosófica Estadounidense, dotan a este acto de un significado muy especial. "Promover el conocimiento útil" fue el propósito que guió a Benjamin Franklin en la fundación de esta sociedad científica en 1743, la más antigua y distinguida de los Estados Unidos. Esta sociedad es única en el sentido de que honra todo logro extraordinario sea cual sea el campo del que proceda. De este modo, otorga la preciada condi-

ción de miembro a eruditos de fama mundial de una amplia variedad de disciplinas académicas, y sobresale —en su afán por mejorar el mundo— como lugar de encuentro sin parangón en la que aunar las ciencias, las artes y las humanidades al servicio de la humanidad.

Miembro orgulloso de la Sociedad Filosófica Estadounidense, Francisco Ayala encarnó de forma única ese abanico de logros científicos, humanísticos y públicos de la sociedad.

En 1994, el presidente Bill Clinton nombró a Francisco Ayala miembro del Consejo Presidencial de Asesores sobre Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos. El 12 de junio de 2002, el presidente George W. Bush le concedió en la Casa Blanca la Medalla Nacional de la Ciencia de 2001 por “sus descubrimientos teóricos y experimentales sobre el origen de las especies, la diversidad genética y la dinámica de poblaciones, que condujeron a una nueva comprensión de la evolución biológica, así como por sus distinguidas contribuciones a la educación, la promoción de la comprensión pública de la ciencia, y la filosofía y ética de la empresa científica” (Fundación Nacional de Medallas de Ciencia y Tecnología, 2001).

El 5 de mayo de 2010, S.A.R. el príncipe Felipe, duque de Edimburgo, entregó a Francisco Ayala el Premio Templeton, un galardón que distingue a aquellas personas “que han realizado una contribución excepcional a la afirmación de la dimensión espiritual de la vida”, en una ceremonia privada que se celebra cada año en el Palacio de Buckingham (Premio Templeton, 2010).

Estos dos honores se complementan en gran medida, al reconocer la capacidad única de Francisco para tender puentes entre disciplinas y actividades que se creían no relacionadas o, incluso, antagónicas entre sí; puentes que revelan una verdadera intuición de cuáles son sus posibilidades futuras.

Durante toda su vida, Francisco Ayala se esforzó por eliminar las contradicciones existentes entre ciencia y religión partiendo de la premisa de que se refieren a asuntos distintos, que son como dos ventanas que miran al mismo mundo, pero muestran aspectos diferentes de este; sin embargo, cada una de ellas es esencial para la comprensión humana (Ayala, 2007; Ayala, 2014). A petición de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, Francisco Ayala fue el principal autor de una publicación que articulaba el punto de vista de la Academia sobre *Ciencia, Evolución y Creacionismo*, y cuya tercera edición, publicada en 2008, subraya la gran claridad con la que ahora puede establecerse que “poner [ciencia y religión] innecesariamente

en oposición reduce el potencial de cada una de ellas para contribuir a un futuro mejor” (Academia Nacional de Ciencias e Instituto de Medicina de las Academias Nacionales, 2008).

De igual modo, la trayectoria profesional de Francisco Ayala impulsó en gran medida el auge y la expansión del campo de la evolución molecular. El descubrimiento de que el parásito responsable de la enfermedad de Chagas, a menudo mortal, se reproduce clonalmente en lugar de sexualmente le llevó —junto a su colaborador Michel Tibayrenc— a formular la teoría clonal de los parásitos protozoarios, con importantes consecuencias tanto epidemiológicas como médicas (Ayala, 1993). En sus escritos sobre filosofía de la biología, campo que ayudó a establecer (Ayala y Dobzhansky, 1974), Francisco Ayala argumentó que el comportamiento ético surgió en la evolución no porque fuera adaptativo en sí mismo, sino como una consecuencia necesaria de las altas capacidades intelectuales presentes en los humanos modernos, y que estas representan un atributo directamente promovido por la selección natural (Ayala, 1995; Ayala, 2016). Con ello, como destaca Camilo José Cela Conde, abrió la puerta al estudio científico de la mente, sentando las bases para el desarrollo de una imagen integral de la “creatividad”, tema que tradicionalmente ha pertenecido a artistas, literatos y filósofos (Cela Conde, 2019).

Resulta muy apropiado ensalzar el beneficio intemporal de la pasión de Francisco Ayala por el conocimiento, así como por la capacidad y el potencial ilimitados de la mente humana en las distinguidas instalaciones de la Universidad Pontificia Comillas. Adhiriéndose al compromiso de esta universidad de combinar diversos tipos de conocimiento en la búsqueda de un saber que sea interdisciplinar y global, mientras se esfuerza por abarcar la realidad de la humanidad y del mundo en que vivimos.

Por todo ello, me resulta muy emotivo el celebrar el 90 aniversario del nacimiento de Francisco Ayala en esta magnífica universidad, institución que Francisco y yo hemos tenido el privilegio de adoptar como nuestro hogar intelectual. Proyectar hacia el futuro la contribución científica, humanística e interdisciplinar de Francisco es la aspiración de este evento, cuya elaboración conjunta con el profesor Jaime Tatay y la profesora Sara Lumbreras, ambos codirectores de la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión, que nos honra a Francisco y a mí llevando nuestros nombres, me ha llenado de gozo y gratificación.

2. HACIA NUEVAS FRONTERAS DE UN LEGADO MONUMENTAL

Ha sido todo un reto el seleccionar a los ponentes de este evento entre las innumerables mentes brillantes que fueron guiadas e inspiradas por Francisco Ayala y que ahora llevan sus principales visiones y logros a un nuevo nivel de impacto y beneficio para el mundo.

En la sesión matinal de hoy presentamos a cuatro destacados académicos que representan el vigor de la progenie intelectual de Francisco y cuyo trabajo impulsa la evolución de sus dones a la humanidad.

El profesor Hesley Machado Silva continúa el enfoque central de Francisco Ayala sobre la confluencia de ciencia y religión, se enfrenta al auge del creacionismo en Brasil, defiende la enseñanza de la evolución en América Latina y lucha contra la desinformación sobre el cambio climático. La actualidad y la relevancia mundial de su trabajo quedan de manifiesto en un reciente artículo de la revista *Science* que revela una creciente oposición a la evolución en la India y sus efectos nocivos tanto en ese país como en las sociedades de todo el mundo (Shashidhara y Joshi, 2023). Me conmueve citar una carta que Hesley me escribió y en la que señalaba que Francisco “marcó mi vida al haber tendido la mano a un investigador desconocido de una pequeña ciudad brasileña”.

El profesor Julius Lukeš ha llevado su experiencia en filogenética y biología evolutiva —y la inspiración del trabajo de Francisco sobre parásitos protozoarios—, a los océanos del mundo, demostrando que dicha investigación evolutiva va a desempeñar un papel crucial como parte de las soluciones para combatir el cambio climático. También es un pionero en nuevas hipótesis evolutivas sobre el origen y la dispersión de las especies, en particular en parásitos protozoarios, con importantes implicaciones médicas. Deseo mencionar, con gratitud, el patrocinio del Profesor Lukeš del título de doctor *honoris causa* que la Universidad de Bohemia del Sur concedió a Francisco Ayala en mayo de 2010, y el reconocimiento de profesor *honoris causa* que se le otorgó en mayo de 2022.

En palabras de los profesores Andrés Moya y Amparo Latorre, recogidas en una nota que me enviaron el año pasado, decían: “ser alumnos de Francisco ha marcado definitivamente y positivamente nuestras vidas personales y profesionales”. Ellos también marcaron de forma maravillosa la vida de Francisco, como padrinos de su doctorado *honoris causa* por la Universidad de Valencia

en noviembre de 2000, como coeditores de *La evolución de un evolucionista* (Latorre y Moya, 2006) —una colección de escritos seleccionados que definen la trayectoria de Francisco Ayala como científico y filósofo—, así como de muchas otras maneras. Sus distinguidas carreras, que siguen produciendo formidables contribuciones que abarcan desde la filosofía a la ciencia, y revolucionan el alcance del pensamiento evolucionista, son ejemplos de la formidable contribución de Francisco Ayala como maestro y mentor.

La sesión de la tarde llevará el potencial de la magistral sinfonía de ciencia, filosofía, religión y arte de Francisco Ayala a nuevos ámbitos y a una escala transnacional. El título de la ponencia del profesor Jaime Tatay, “El carácter sagrado de la naturaleza como puente transnacional entre las culturas y religiones del mundo”, ofrece un intrigante anticipo del novedoso ángulo de su investigación a escala mundial. La gran inspiración que Francisco me prodigó durante los valiosos 38 años de nuestra vida en común irradiará de mi revelación de la audaz ambición de “aprovechar el don de la evolución de maravillas transfronterizas para abrir nuevas fronteras económicas a la sostenibilidad mundial”. Esta ambición de sacar a la luz —y mezclar con el arte— el “poder económico de la evolución” impulsa mi propio viaje profesional a través de geografías y fronteras políticas. Y quisiera hacer que este viaje fuera cada vez más sinérgico con el de Francisco y más merecedor de reconocimientos conjuntos como así ocurrió con la concesión simultánea de un doctorado *honoris causa* a Francisco y de una medalla de oro a mi persona otorgados por la Universidad Masaryk de la República Checa en 2003. Tengo el honor de reconocer al defensor de este preciado galardón doble, el profesor Milan Konečný, quien se encuentra hoy entre nosotros.

Es un privilegio anunciar que, posteriormente, el Dr. Hauser volverá al podio para profundizar en la importancia mundial de las colecciones de la Sociedad Filosófica Estadounidense, incluyendo un avance del próximo gran centro de investigación y formación de esta sociedad para la historia de la ciencia. Sus observaciones elevarán el significado de ser “custodio” del gigantesco legado de Francisco Ayala a un nivel completamente nuevo de importancia y permanencia, al tiempo que contribuirá con una potente sinergia a la aspiración de este evento de dar forma a un camino transnacional para hacer del conocimiento una oportunidad verdaderamente universal para la humanidad.

La conferencia principal no pretende inaugurar sino culminar el acto de hoy y dar testimonio de la inmortalidad del intelecto y el humanismo de Francisco Ayala. Esta será pronunciada por el Dr. Michael Clegg, catedrático emérito

Donald Bren de Ciencias Biológicas de la Universidad de California, Irvine, antiguo presidente del Consejo del Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados de Viena, Austria, antiguo secretario de Relaciones Exteriores de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en Washington, DC, y hombre de muchos otros reconocimientos. Su profunda amistad y vínculo profesional con Francisco duró más de 50 años. Sé que querrá hacer una mención especial a los numerosos estudiantes de Francisco en todo el mundo, quienes, sin duda, son los motores de la permanencia del gigantesco impacto de Francisco.

El acto de clausura del rector Enrique Sanz irá más allá de unas palabras de cierre; supondrá la inauguración de una nueva dimensión de la perpetuidad del extraordinario legado de Francisco Ayala.

Referencias

- Ayala, F. J. (1993). *Trypanosoma* and *Leishmania* have clonal population structures of epidemiological significance. *Biological Research* 26, 47-63.
- Ayala, F. J. (1995). The difference of being human: Ethical behavior as an evolutionary byproduct. In H. Rolston, III (Ed.), *Biology, Ethics, and the Origin of Life*. Boston and London: Jones and Bartlett, pp. 113-135.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*. Joseph Henry Press.
- Ayala, F. J. (2014). Evolution and religion. En J. B. Losos et al. (Eds.), *The Princeton Guide to Evolution* (pp. 817-824). Princeton University Press.
- Ayala, F. J. (2016). *Evolution, Explanation, Ethics, and Aesthetics: Towards a Philosophy of Biology*. Academic Press.
- Ayala, F. J., y Dobzhansky T. (eds.). (1974). *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*. University of California Press.
- Cela Conde, C. J. (2019). Una vida (o dos?). In D. Bermejo (Ed.), *Pasión por la Vida. Passion for Life* (pp. 287-300). Alianza Editorial.
- Latorre, A., y Moya, A. (eds.). (2006). *Francisco J. Ayala. La Evolución de un Evolucionista*. Universidad de Valencia.
- National Academy of Sciences & Institute of Medicine of the National Academies (2008). *Science, Evolution, and Creationism*. The National Academies Press.
- National Science and Technology Medals Foundation (2001). *Francisco J. Ayala National Medal of Science*. Recuperado de: <https://nationalmedals.org/laurate/francisco-j-ayala/> .

- Shashidhara, L.S., y Joshi, A. (2023). Not teaching evolution is an injustice. *Science* 380(6652), 1303. <https://doi.org/10.1126/science.adj3557> .
- Templeton Prize (2010). *Francisco J. Ayala*. Recuperado de: <https://www.templetonprize.org/laureate/francisco-j-ayala/>

La naturaleza de la creación

Un estudio de la relación
entre la Biblia y la ciencia

Mark Harris

Por regla general se asume que la ciencia y la religión están en guerra. En la actualidad, muchos afirman que la ciencia ha tornado superflua la fe religiosa; otros recurren a una interpretación literalista de la creación bíblica para rechazar o reformular la ciencia; unos terceros intentan clarificar las ideas de Darwin con ayuda del Génesis. el presente libro aborda este complejo debate confrontándose con la ciencia moderna y con la exégesis bíblica a la vez.

La creación es un elemento central de la teología cristiana y de la Biblia y se ha convertido en un campo de batalla para científicos, ateos y creacionistas. Aquí se desarrolla una sostenida investigación teológica y crítica sobre qué dicen los textos creacionales de la Biblia y qué relación guarda ese mensaje con las modernas ideas científicas sobre los orígenes. Y muestra qué es lo que la ciencia y la religión comparten y en qué difieren y deben diferir.



La naturaleza de la creación

Un estudio de la relación
entre la Biblia y la ciencia

Mark Harris

ISBN: 978-84-8468-790-0

Universidad Pontificia Comillas,
Sal Terrae, 2019.



SERVICIO DE PUBLICACIONES

edit@comillas.edu

<https://tienda.comillas.edu>

Tel.: 917 343 950

LEGACY AND NEW HORIZONS: WHAT LIES AHEAD FOR FRANCISCO J. AYALA'S LIFEWORk AND THE CENTER FOR SCIENCE, TECHNOLOGY, AND RELIGION

Legado y nuevos horizontes: lo que le espera a la vida de Francisco J. Ayala y a la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión

Sara Lumbreras Sancho

Codirector for the Center Hana and Francisco José Ayala of Science, Technology and Religion
slumbreras@comillas.edu; <https://orcid.org/0000-0002-5506-9027>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.003>

Ladies and gentlemen, colleagues, students, and friends of science, today we gather to celebrate the continuing legacy of Francisco J. Ayala on the date that would have been his 90th birthday.

It fills us with pride to be able to celebrate Francisco from the Center that carries his and his wife's name, Hana. Indeed, we are the Hana and Francisco José Ayala Center of Science, Technology, and Religion. Since father Javier Leach founded the Center 20 years ago (this year we celebrated our twentieth anniversary) we have been dedicated to research, teaching, and dissemination on science and technology and their implications for humanity.

Beyond his empirical research in evolutionary biology, Francisco contributed deeply to the dialogue between science and faith. In a world where the tension between positions often escalates, Francisco, armed with a PhD in both biology and theology, was the perfect mediator, showing that science and religion are independent domains that must coexist ad different ways of looking at the world. The Center's fundamental objective is to foster dialogue between these two perspectives.

Science is humanity's fundamental window to understanding the world. However, it cannot endow the human experience with meaning, which is

one of our most intense needs as human beings. The conversation between Science and Religion encourages mutual enrichment, where scientific discoveries can inform ethical considerations and spiritual beliefs can inspire a sense of wonder and responsibility towards the natural world.

Science and Technology also enable improvements in living conditions across all aspects of life. They are among the most visible manifestations of the great beauty and creativity of the human mind. Actually, one of the informal definitions of engineering that we love the most in the Engineering School that is our home is that of "the discipline that solves problems and improves quality of life by applying scientific principles, mathematical analysis, and practical experience."

However, being products of freedom, science and technology are not neutral; from inception to completion, they involve various intentions and possibilities that require an ethical framework to ensure they serve the human good in all its dimensions. Reflecting on ethics (and in particular on the ethics of technology) is one of our core missions, and one that is at the heart of our identity as Comillas. We have several subjects that all students must complete, which include deontological ethics, or the Church's social doctrine. At this Center, we contribute to this project by focusing on the cutting edge aspects of ethical reflection, bringing light to the topics that are still obscure.

Francisco distinguished himself through his commitment to the ethics of science, for instance advocating for Ethics research getting 3% and then 6% of the total budget for the human genome project, something that was unheard of at the moment and that started unprecedented programs in the humanities.

Another aspect of our work that echo's Francisco's approach to science is multidisciplinary. We aim to contribute in a diverse yet rigorous manner to our understanding of humanity and the world. We aim to create a forum where not only a rich dialogue can be established but also long-term collaborations emerge. In the same way that Francisco created a network across his disciples that would not only survive but also grow to this day, we aspire to create long-lasting networks of collaboration within the university and beyond. In this respect, we are privileged to be a part of the Engineering school but be close to the schools of philosophy, theology or management, and to the very different collectives that form Comillas. In addition, the creation of different Chairs makes it evident that one of the elements of the identity of this university is the intense collaboration with the private sector and the intense

focus on having a social impact. We hope to contribute to this network that is growing before our eyes to bring the most value to society.

One key aspect here is the careful selection of our research topics to maximize social impact. Francisco focused not only on the underpinnings of natural selection but also on practical health challenges such as Chagas Disease, where understating the reproductive mechanisms of *Trypanosoma* led to improved tools for tackling the disease's spread and treatment resistance. At the Center, we have identified several research lines where we believe our social impact can be maximized. The two of them that I will mention today are the reflection on Artificial Intelligence and Integral Ecology. AI has surprised us with admirable developments in recent times, and we still need to understand their impacts, as well as to develop ethical guides for a humanizing use. At the engineering school and the Institute for Research in Technology, we are leading experts on these technologies and are therefore in a privileged position to reflect from a place of deep understanding of their mechanics. Our permanent seminar: "Reflecting on AI," open not only to scholars but also to the general public, is a testament of our commitment to this goal, and in particular to understanding the broader ramifications that AI will have in our societies.

We are also experts in sustainability at the technical level (for instance, in energy systems) and our contribution to integral ecology can be key. This will be shown in Jaime's speech this afternoon. We aim to collaborate on innovative projects like Pangea World, which we will have to pleasure to hear about from Hana Ayala herself, which leverages evolutionary and ecological knowledge to promote global sustainability, diplomacy, and conservation.

In addition, Francisco was a powerful advocate for evolution education, arguing for its centrality in understanding biology and the natural world. He was particularly interested in refuting the claims of creationism and promoting the teaching of evolution in schools as foundational to biological sciences. Through his efforts with the National Academies and his own writings, he worked to affirm the importance of evolution and its practical value. We are similarly committed to education not only among our students, but also within society at large. The Center's commitment to education will remain central. We will continue and expand our participation in university programs, high-school activities and massive open online courses, which allow us to bring the Science and Religion dialogue to an ever-increasing audience. Dissemination is a core activity for us, specifically in Spanish. We will continue producing and translating seminal works into Spanish, in our singular collection of books on Science and Faith, alongside our centenary journal *Razón y*

Fe. This, together with the organization of public events, will articulate our presence in society to create meaningful conversations around these topics.

On this special day we will be witnesses of how much Francisco could accomplish with passionate dedication. He is said to have accustomed himself to sleep only four hours a day to be able to achieve more in each day, and it really seems like he lived more than can possibly fit in an ordinary life. In our conference, we will have the opportunity of listening to some of the most successful of Francisco's students, having the privilege of hearing directly from his academic offspring.

Hesley Machado Silva, with his profound knowledge in teaching evolutionary biology in Latin America and his analysis of regional, religious, and political discourses, promises to further enrich our understanding of scientific education.

The perspective of Julius Lukeš in parasitology and the study of unicellular eukaryotes will offer a fascinating window into the challenges and advancements in this field.

Meanwhile, Andrés Moya will share his valuable research in genetics, evolution, and the philosophy of biology, opening a dialogue on the role of the microbiome in our understanding of life.

Amparo Latorre will take us through her exciting work on symbiosis, showing us the importance of relationships between different forms of life.

Finally, Michael T. Clegg, with his extensive experience in population genetics and molecular evolution, will close the event, connecting all these fields into a cohesive vision of current science.

This will be complemented by the perspective from Robert Hauser, no less than Executive Officer of the American Philosophical Society. We feel deeply grateful to have with us these phenomenal speakers.

Their conferences will show that Francisco's legacy not only persists but continues to evolve. It emphasizes the critical necessity of fostering ongoing discussions among the realms of science, technology, and religion. Our goal through these conversations is to ensure that advancements in science and technology are pursued with a commitment to ethical principles, social justice, and environmental care.

Let us enjoy this event as renewed motivation to engage in exploration, inquiry, and discovery. Many thanks.

LEGADO Y NUEVOS HORIZONTES: LO QUE LE ESPERA A LA VIDA DE FRANCISCO J. AYALA Y A LA CÁTEDRA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y RELIGIÓN

Legacy and New Horizons: What Lies Ahead for Francisco J. Ayala's Lifework and the Center for Science, Technology, and Religion

Sara Lumbreras Sancho

Codirectora de la Cátedra Hana y Francisco José Ayala de Ciencia, Tecnología y Religión
slumbreras@comillas.edu; <https://orcid.org/0000-0002-5506-9027>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.003>

Damas y caballeros, compañeros, estudiantes y amigos de la ciencia, hoy nos reunimos para celebrar el legado de Francisco J. Ayala en la fecha en que habría sido su 90 cumpleaños.

Nos llena de orgullo homenajear a Francisco desde esta Cátedra, que lleva su nombre y el de su esposa. Desde que el P. Javier Leach fundó esta Cátedra hace 20 años (este año celebramos nuestro vigésimo aniversario) nos hemos dedicado a la investigación, docencia y divulgación de la ciencia y la tecnología y sus implicaciones para la humanidad.

Más allá de su investigación empírica en biología evolutiva, Francisco contribuyó profundamente al diálogo entre la ciencia y la fe. En un mundo en el que parece que las tensiones sólo pueden aumentar, Francisco, armado con sus doctorados en biología y teología, fue un mediador perfecto que mostró que la ciencia y la religión son dominios independientes que deben coexistir como formas diferentes de ver el mundo. El objetivo fundamental de nuestra cátedra es fomentar el diálogo entre estas dos perspectivas. La ciencia es la primera ventana de la humanidad para comprender el mundo. Sin embargo, la ciencia no es capaz de dar significado a la experiencia humana, que es una de nuestras necesidades más intensas.

El diálogo entre la ciencia y la religión fomenta el enriquecimiento mutuo, allí donde los descubrimientos científicos pueden informar a disciplinas como la antropología o la ética, y las creencias espirituales pueden inspirar un sentido de asombro y responsabilidad hacia la humanidad y la naturaleza.

La ciencia y la tecnología también tienen el potencial de mejorar las condiciones de vida de la humanidad. Se encuentran entre las manifestaciones más visibles de la extraordinaria belleza y creatividad de la mente humana. Una de las definiciones informales de ingeniería que más nos gustan en ICAI es la de “la disciplina que resuelve problemas y mejora la calidad de vida de las personas mediante la aplicación de principios científicos, el análisis matemático y la formalización de la experiencia práctica”.

Sin embargo, al ser productos de la libertad, la ciencia y la tecnología no son neutrales; desde su inicio hasta su finalización, implican diversas intenciones y posibilidades que requieren de un marco ético para garantizar que sirvan al bien humano en todas sus dimensiones. Reflexionar sobre la ética (y en particular sobre la ética de la tecnología) es una de nuestras principales misiones y está en el corazón de nuestra identidad como Comillas.

Francisco se distinguió por su compromiso con la ética de la ciencia, por ejemplo, abogando por que la investigación ética consiguiera el 6% del presupuesto total para el proyecto del genoma humano, algo sin precedentes hasta ese momento.

Otro aspecto de nuestro trabajo que resuena con la actitud de Francisco es la multidisciplinariedad. Igual que Francisco creó una red entre sus discípulos que no solo le sobreviviría, sino que seguiría creciendo, en la Cátedra aspiramos a crear redes duraderas de colaboración dentro y fuera de la universidad. En este sentido, tenemos el privilegio de formar parte de la Escuela de Ingeniería, pero también de estar cerca de las facultades de Filosofía, Teología o Empresariales, y de los muy diversos colectivos que forman Comillas. Además, la creación de diferentes Cátedras hace evidente que uno de los elementos de identidad de esta universidad es la intensa colaboración con el sector privado y la apuesta por el impacto social.

Un aspecto clave aquí es la cuidadosa selección de nuestros temas de investigación. Francisco se centró no sólo en la mecánica de la selección natural sino también en desafíos prácticos de salud como la enfermedad de Chagas. En nuestra cátedra hemos identificado varias líneas de investigación donde creemos que se puede maximizar nuestro impacto social. Las dos que están

concentrando nuestros esfuerzos actualmente son las reflexiones sobre Inteligencia Artificial y Ecología Integral.

La IA nos ha sorprendido con avances admirables y todavía necesitamos comprender sus impactos, así como desarrollar guías para que se utilicen de manera éticamente correcta. En la escuela de ingeniería y en el Instituto de Investigación Tecnológica somos expertos líderes en estas tecnologías y, por lo tanto, nos encontramos en una posición excelente para colaborar en este proyecto. Nuestro seminario permanente: "Pensar la IA", abierto no solo a académicos sino también al público en general, es un testimonio de nuestro compromiso.

También somos expertos en sostenibilidad a nivel técnico (por ejemplo, en sistemas energéticos) tanto como teológico, y nuestra contribución a la ecología integral también puede ser clave. Nuestros objetivos incluyen colaborar en proyectos innovadores como Pangea World, que hace uso del conocimiento evolutivo y ecológico para promover la sostenibilidad global, las relaciones diplomáticas, el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza.

Además, Francisco fue un poderoso defensor de la educación sobre la evolución, argumentando su centralidad en la comprensión de la biología y la naturaleza. A través de sus esfuerzos con las Academias Nacionales y sus propios escritos, trabajó por la importancia de la evolución y su valor práctico. Estamos igualmente comprometidos con la educación no sólo entre nuestros estudiantes sino también con la sociedad en su conjunto.

El compromiso de la Cátedra con la educación seguirá siendo fundamental. Continuaremos ampliando nuestra participación en programas universitarios, actividades en institutos y cursos online abiertos, lo que nos permitirá llevar el diálogo entre ciencia y religión a una audiencia cada vez mayor.

La difusión es una actividad central para nosotros, específicamente en español. Continuaremos editando y traduciendo obras fundamentales, en nuestra singular colección de libros sobre Ciencia y Religión, junto con nuestra revista centenaria *Razón y Fe*, creada en 1901. Esto, junto con la organización de eventos públicos, articulará nuestra contribución a estas temáticas.

En este día especial, seremos testigos de lo mucho que Francisco pudo lograr con una dedicación apasionada. Se dice que, mediante un entrenamiento singular, se acostumbró a dormir sólo cuatro horas al día para poder lograr más, y realmente parece que vivió más de lo que cabe en una vida normal. En nuestra conferencia, tendremos la oportunidad de escuchar a algunos de los hijos académicos más notables de Francisco.

Hesley Machado Silva, con su profundo conocimiento de la enseñanza de la biología evolutiva en América Latina, enriquecerá nuestra comprensión de la educación científica.

La perspectiva de Julius Lukeš en parasitología ofrecerá una ventana fascinante a los desafíos y avances en este campo, que impacta la salud de millones de personas.

Por su parte, Andrés Moya y Amparo Latorre profundizarán en el significado del progreso en la evolución, un concepto clave en la filosofía de la biología.

Finalmente, Michael T. Clegg cerrará el evento, conectando todos estos campos en una visión coherente de la ciencia actual.

Esto se complementará con la perspectiva de Robert Hauser, nada menos que director ejecutivo de la Sociedad Filosófica Americana. Nos sentimos profundamente agradecidos por tener con nosotros a estos fantásticos ponentes.

Sus conferencias mostrarán que el legado de Francisco persiste y continúa evolucionando. Enfatizarán la necesidad crítica de fomentar debates entre ciencia, tecnología y religión. Nuestro objetivo a través de estas conversaciones es asegurar un compromiso con los principios éticos, la justicia social y el cuidado del medio ambiente.

Disfrutemos de este evento como una motivación renovada para participar en la exploración y el descubrimiento. Muchas gracias.

THE SACREDNESS OF NATURE AS A TRANSNATIONAL BRIDGE ACROSS THE WORLD'S CULTURES AND RELIGIONS

*El carácter sagrado de la naturaleza como puente
transnacional entre las culturas y religiones del mundo*

Jaime Tatay Nieto

Codirector for the Center Hana and Francisco J. Ayala of Science, Technology and Religion
jtatay@comillas.edu; <https://orcid.org/0000-0002-0786-8238>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.004>

Ladies and gentlemen, steemed guests,

There is a theme that resonates deeply with the mission of the Hana and Francisco J. Ayala Center for Science, Technology and Religion: “The Sacredness of Nature as a Transnational Bridge Across the World’s Cultures and Religions.”

In delving into this subject, we draw inspiration from the remarkable life and legacy of Francisco Ayala, a luminary whose contributions span the realms of Biology and Genetics, Logic, and the Philosophy of Science. Francisco, a true Renaissance Man of Evolutionary Biology, navigated the intricate interplay between science and religion with grace and conviction. His work, particularly in Population and Evolutionary Genetics, not only advanced our understanding of life’s intricate dance but also championed the coexistence of evolutionary theory with the spiritual domain.

Despite facing the turbulent waters of controversy surrounding the teaching of evolution, Francisco stood firm in his belief in the critical importance of recognizing the distinct yet complementary spheres of science and religion. His dedication to this cause was unparalleled, a testament to his profound commitment to fostering dialogue and understanding.

In the twilight of his brilliant career, Francisco, alongside his beloved wife Hana, bestowed upon us the Comillas Center for Research on Science, Technology, and Religion—a beacon of interdisciplinary exploration and a symbol of their shared passions. Their generosity and vision have enriched our academic pursuits and underscored the enduring significance of bridging diverse realms of thought.

I wish to embark with you on a reflection through the concept of the “Sacredness of Nature,” a topic that lies at the heart of contemporary environmental debate and holds critical relevance in the Anthropocene—the epoch marking humanity’s indelible impact on the very fabric of planet Earth, our common home.

The reverence for nature, a thread woven into the fabric of most faith traditions and echoed in the voices of poets, modern environmental movements, and even scientists, stands as a testament to our collective yearning for connection with the world around us.

It is this shared reverence that I propose can act as a transcultural bridge, uniting us across boundaries in a common cause: the protection of our precious planet, a cause fervently supported by Francisco and Hana.

1. **THE SACREDNESS OF NATURE, SYMBOLISM, AND INTERCONNECTEDNESS**

As we journey together through the exploration of the world, we find ourselves united by a profound appreciation of nature—a force that transcends geographical boundaries, cultural differences, and the diverse ways in which we understand our existence. Nature, in its boundless beauty and complexity, speaks a universal language that resonates with each of us, drawing us closer not only to one another but to the very essence of life itself.

In the heart of many traditions, we encounter the powerful concept of interconnectedness—a recognition that we are not detached observers of the natural world, but integral components of a vast web of life. This web is a source of meaning, a canvas on which the story of existence is etched. From the Buddhist principle of inter-being to the Christian sacramentality of creation, these perspectives offer us a lens through which we can view our deep embeddedness within nature and our profound connection to both human and non-human entities.

This interconnectedness serves as a bridge—a form of *religio* or re-connection—that emphasizes our shared vision and collective responsibility towards the Earth. It also beckons us to embrace a symbiotic relationship with the natural world, one that honors the sacredness imbued in the amazing biodiversity around us.

In this realm, we also encounter the *symbolic*—the powerful meanings attributed to elements of nature across different cultures and religions. The tree of life, the purifying power of water, or the guidance of spirit animals are but a few examples of how natural elements become imbued with profound significance.

These natural symbols become the icon of world religions, from the Islamic moon to the Christian cross as the tree of life and the Hindu Goddess river Ganges and to the Jewish star of David. Natural symbols serve as touchstones of our shared humanity and our intrinsic bond with the environment. The term “symbol” itself, evolving from a formal summary of religious belief to represent connections between the sacred, moral, and intellectual realms, invites us to reflect on the essence of unity. In a world where the fabric of nature is being torn apart, where ecosystems are degraded and fragmented, the symbolic calls us to action—to unite, to heal, to restore.

Ecology, the science of relationships, with its holistic vision and revelatory character, underscores the interconnectedness of life. It teaches us about the flow of energy and the intricate trophic chains that sustain ecosystems. Restoration ecology, in particular, emerges as a testament to our ability to mend, to reweave the tapestry of life, to put together what has been torn asunder. In this particular sense, ecology emerges as a symbolic science.

In this critical moment, as we stand at the crossroads of environmental crisis and hope, ecological thinking transcends the boundaries between the secular and the sacred. It becomes a symbol of a moral order that beckons us to preservation, to stewardship, to a reverence for life in all its forms.

2. THE SACREDNESS OF NATURE, AWE, AND SHARED REVERENCE

Across the vast expanse of cultures and religions that enrich our world, there lies a common thread—a profound reverence for nature. This awe-inspiring dimension of our existence is often enveloped in mystery, regarded as sacred, or even seen as a direct manifestation of the divine. It is a universal sentiment

that transcends the boundaries of belief systems, inviting us into a shared space of wonder and respect.

Recent research has shown that scientists, even those without religious affiliations, frequently encounter moments of awe and profound aesthetic appreciation within their explorations. This sense of wonder is not confined to the realm of spiritual or religious experience; it reflects the intrinsic beauty and complexity of the natural world that captivates us all.

Both scientists and theologians are driven by a deep-seated curiosity, a desire to unravel the mysteries of the universe. American sociologist Elaine Howard Ecklund has observed that this shared virtue of curiosity, alongside a commitment to truth, lays the groundwork for meaningful dialogues between science and religion. Humility, too, plays a key role, allowing us to recognize the limits of our understanding and remain open to new perspectives and insights. The late British physicist Tom McLeish once reminded us that science—or “natural philosophy,” as it was originally known in its nascent days—embodies “the love of wisdom of natural things.” He posited that science, in its purest form, is a deeply spiritual pursuit.

Nature, therefore, stands at the crossroads of science and religion, serving as a fertile ground for dialogue and collaboration. It is here, in our shared reverence for nature, that we find a powerful basis for unity and cooperation. The contemporary environmental movement provides again a clear example of this intersection. Rooted in scientific evidence, environmentalism has evolved into a movement that bears many hallmarks of religious devotion, characterized by shared beliefs, rituals, moral codes, and a sense of community. Though it may not conform to traditional definitions of religion, environmentalism embodies a quasi-religious commitment to the sanctity of nature.

Traditional ecological knowledge represents another vital meeting point between science and spirituality. Indigenous communities, with their deep-seated reverence for the land and its sacred sites, offer invaluable insights that enrich our scientific understanding and ethical considerations. Their land-honoring ceremonies and rituals often underscore a holistic approach to conservation, one that respects the land, its spirits, and the complex web of life it sustains.

In our own times, we witness an increasing number of secular practices that seek to reconnect with nature—be it through meditation in serene landscapes, pilgrimages through breathtaking scenery, or rituals that draw upon the elemental forces of nature. These practices, along with the creation of

sacred landscapes such as the revitalized Camino de Santiago here in Spain, reveal a deep-seated human desire to forge a spiritual connection with the natural world. Sacred Natural Sites (SNS), where aesthetics, ethics, and spirituality converge, stand as beacons of this interconnectedness. They remind us that our appreciation for nature, in all its beauty and complexity, is a powerful force that can unite us across diverse cultural and religious landscapes.

Let us embrace this awe and shared reverence for nature. Let it be the foundation upon which we build a future marked by collaboration, understanding, and a deep, enduring commitment to the Earth we all call home.

3. THE SACREDNESS OF NATURE, ENVIRONMENTAL ETHICS, AND LEGAL PROTECTION

As we delve deeper into the essence of our connection with the natural world, we encounter a concept that, while ancient, is ever more relevant in today's environmental discourse: the sacredness of nature. This notion, transcending the boundaries of religion, finds resonance even in secular terms, serving as a bridge between the realms of religion, ethics, and law. In the evolving landscape of environmental thought, terms deeply rooted in religious tradition—such as *dignity*, *intrinsic worth*, and *rights*—are being reimagined. Environmental ethicists are expanding our moral horizons, applying these concepts in novel ways to forge a deeper understanding of our relationship with the Earth, and to advocate for the moral and legal recognition of animals, plants, and ecosystems.

The assertion that nature, in its myriad forms—from keystone species to entire ecosystems—possesses a form of dignity, challenges the anthropocentric view that has long dominated our ethical considerations. This dignity, often paralleled with the sacred essence of life, is seen in many religious traditions as stemming from a divine connection. It is a call for reverence and protection, recognizing the value of the natural world as a source, as something far beyond a mere re-source for human consumption.

Building on the foundation of dignity, the concept of intrinsic worth advocates for the preservation of nature for its own sake, independent of its utility to us. This principle resonates with the belief in a sacred dimension that pervades all of existence, imbuing every creature and ecosystem with an inherent value that demands our respect and ethical engagement.

In an unprecedented legal evolution, scholars and philosophers argue for extending rights to natural entities—rivers, forests, species—mirroring those traditionally reserved for humans. This legal recognition, from granting personhood to rivers to protecting sacred lands, embodies a profound acknowledgment of nature's status, enshrining our duty to protect it within both legal and ethical frameworks. Consider the groundbreaking cases from around the globe: Australia's protection of indigenous sacred lands, Benin's legal recognition of community sacred groves, the Sacred Places Protection project in the US, New Zealand's acknowledgment of *wāhi tapu*, or the Ganges River's designation as a living entity in India. Each of these examples underscores the potential of legal frameworks to honor and safeguard the sacredness of nature.

Yet, we must tread carefully. The sanctity of nature, while a powerful motivator for conservation, is a double-edged sword. There are instances where the perception of sacredness may lead to unintended consequences, such as environmental degradation through mass religious tourism or diminished awareness of ecological risks. The sacredness of nature offers us a profound foundation upon which to build our environmental ethics. It calls us to recognize the intrinsic value of the Earth, the deep interconnectedness of all life, and the moral imperative to act as responsible stewards.

4. **THE SACREDNESS OF NATURE, INTERFAITH DIALOGUE, AND CULTURAL EXCHANGE**

As we approach the culmination of our exploration into the sacredness of nature, I want to add a final reflection: the reverence we hold for the natural world is not just a pathway to environmental stewardship and legal action to protect nature, but also an opportunity for interfaith dialogue and cultural exchange. The care of our common home offers a platform for diverse religious backgrounds to converge in a shared celebration and a shared responsibility.

In recognizing the intrinsic value and dignity that nature commands across different cultures, we lay the groundwork for mutual respect, understanding, and collaboration. This shared ethos can illuminate common ethical principles—*stewardship*, *compassion*, *reverence for life*—that transcend political and ideological divides, fostering a sense of global community bound by a common cause.

In an era marked by polarization and conflict, the value of nature emerges as a unifying force, compelling us to look beyond our differences and join hands in the vital work of environmental conservation. Together, we can protect endangered species, conserve vital ecosystems, and combat the looming threat of climate change. By mobilizing interfaith and intercultural coalitions, we amplify our collective impact, leveraging the strength of our diversity to champion the cause of sustainability.

Furthermore, the spiritual dimension of environmental protection offers a profound motivation that transcends mere economic or utilitarian considerations. In a world where the vast majority identify with a religious tradition, spiritual imperatives can galvanize communities towards embracing sustainable practices and advocating for policies that protect our shared home. Allow me to highlight three pioneering initiatives that embody this spirit of unity and action:

The World Resources Institute's "Faith and Sustainability Initiative" exemplifies how the sacredness of nature can catalyze interfaith dialogue, cultural exchange, and collective environmental action. By tapping into the deeply held values of faith communities worldwide, this initiative demonstrates the pivotal role of religious and spiritual groups in driving sustainability efforts.

The International Union for Conservation of Nature (IUCN), with its unparalleled commitment to the preservation of the natural world, actively engages faith-based organizations in its conservation endeavors. The IUCN Specialist Group on the Cultural and Spiritual Values of Protected Areas stands as a testament to the synergy between conservation science, cultural heritage, and spiritual values, fostering a holistic approach to sustainable development.

Finally, *Pangea World*, an initiative sponsored by Hana Ayala, not only champions the integration of scientific research and biodiversity conservation but also acknowledges the critical role of cultural and spiritual perspectives in achieving sustainable development. This holistic view underscores the importance of embracing both scientific, economic, and spiritual insights in our quest to protect natural habitats and promote the well-being of communities around the globe.

In delving into how various faith traditions engage with nature, we unlock invaluable insights that can shape sustainable practices and inform environmental policy. This collective reverence for our planet transcends boundaries, offering a potent antidote to the divisiveness that characterizes much of our contemporary discourse.

5. CONCLUSION

As we stand at the crossroads of hyperglobalization, mass migration, technological disruption, and environmental degradation, our journey can shed some light: our shared reverence for the natural world is a powerful catalyst for change, transcending the boundaries of science, religion, ethics, and law.

We began by exploring the universal language of nature's sacredness, a concept that transcends geographical boundaries and cultural differences, uniting us in our awe and reverence for the natural world. This shared appreciation lays the foundation for meaningful dialogues between science and spirituality, fostering a deeper understanding of our place within the web of life.

We delved into the ethical dimensions of environmental protection, reimagining traditional concepts like dignity, intrinsic worth, and rights in the context of nature conservation. This reevaluation challenges us to expand our moral boundaries and embrace a more inclusive ethic that recognizes the inherent value of all beings and ecosystems.

Through the lens of interfaith dialogue and cultural exchange, we witnessed the unifying power of the sacredness of nature. This shared value serves as a bridge, bringing together individuals from diverse religious and cultural backgrounds in a collective effort to protect our planet. It inspires us to leverage our collective resources and influence, promoting meaningful action in the face of environmental challenges.

In closing, the sacredness of nature is not merely an abstract concept but a call to action. It beckons us to unite in our diversity, to weave together the threads of scientific inquiry, spiritual wisdom, ethical consideration, and legal protection into a cohesive strategy for environmental stewardship. By honoring the sacredness of the natural world, we affirm our commitment to preserving its beauty and vitality for future generations.

As we move forward, let us carry with us the lessons learned from the interconnectedness of all life, the intrinsic value of nature, and the power of shared reverence. Let these principles guide our actions as we strive to protect our precious planet for generations to come.

In closing, I extend my deepest gratitude to you all for being here today. May the collaborative spirit fostered by the Hana and Francisco J. Ayala Comillas Center for Research on Science, Technology, and Religion inspire us to continue this vital work, united in our diversity and strengthened by our common cause.

EL CARÁCTER SAGRADO DE LA NATURALEZA COMO PUENTE TRANSNACIONAL ENTRE LAS CULTURAS Y RELIGIONES DEL MUNDO

*The Sacredness of Nature as a Transnational Bridge across
the World's Cultures and Religions*

Jaime Tatay Nieto

Codirector de la Cátedra Hana y Francisco J. Ayala de Ciencia, Tecnología y Religión
jtatay@comillas.edu; <https://orcid.org/0000-0002-0786-8238>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.004>

Señoras y señores, estimados invitados,

Hoy estoy aquí, ante ustedes, para explorar un tema que resuena profundamente con la misión la Cátedra Hana y Francisco J. Ayala de Ciencia, Tecnología y Religión: “El carácter sagrado de la naturaleza como puente transnacional entre las culturas y religiones del mundo”.

Para profundizar en este tema, me he inspirado en la extraordinaria vida y legado de Francisco Ayala, una lumbrera cuyas contribuciones abarcan los ámbitos de la Biología y la Genética, la Lógica y la Filosofía de la Ciencia. Francisco, un auténtico hombre del Renacimiento de la Biología Evolutiva, navegó por la intrincada interacción entre ciencia y religión con gracia y convicción. Su trabajo, especialmente en genética evolutiva y de poblaciones, no sólo hizo avanzar nuestra comprensión de la intrincada danza de la vida, sino que también defendió la coexistencia de la teoría evolutiva con el ámbito espiritual.

A pesar de enfrentarse a las turbulentas aguas de la controversia en torno a la enseñanza de la evolución, Francisco se mantuvo firme en su creencia en la importancia crítica de reconocer los ámbitos distintos, aunque complementarios, de la ciencia y la religión. Su dedicación a esta causa no tuvo parangón,

testimonio de su profundo compromiso con el fomento del diálogo y el entendimiento entre racionalidades.

En el ocaso de su brillante carrera, Francisco, junto a su querida esposa Hana, legaron a la Cátedra CTR un modelo de exploración interdisciplinar y un símbolo de sus pasiones compartidas. Su generosidad y su visión han enriquecido nuestras actividades académicas y han puesto de relieve la importancia permanente de tender puentes entre diversos ámbitos del pensamiento.

Hoy deseo embarcarme con ustedes en una reflexión sobre el concepto de "sacralidad de la naturaleza", un tema que se encuentra en el centro del debate medioambiental contemporáneo y que tiene una relevancia crítica en el *antropoceno*, la época que marca el impacto indeleble de la humanidad en el tejido mismo del planeta Tierra, nuestro hogar común.

La sorpresa, fascinación e incluso veneración de la naturaleza, una dimensión presente en la mayoría de las tradiciones religiosas y del que se hacen eco poetas, movimientos ecologistas modernos e incluso científicos, es un testimonio de nuestro anhelo colectivo de conexión con el mundo que nos rodea. Es esta reverencia compartida la que propongo que actúe como puente transcultural, uniéndonos más allá de las fronteras en una causa común: la protección de nuestro precioso planeta, una causa que Francisco y Hana han apoyado fervientemente.

Exploremos juntos cómo esta sacralidad puede iluminar nuestro camino hacia el entendimiento mutuo, el respeto y la acción por el mundo que nos sustenta a todos.

1. **EL CARÁCTER SAGRADO DE LA NATURALEZA, EL SIMBOLISMO Y LA INTERCONEXIÓN**

A medida que exploramos juntos el mundo nos encontramos unidos por un profundo aprecio de la naturaleza, una fuerza que trasciende las fronteras geográficas, las diferencias culturales y las diversas formas en que entendemos nuestra existencia. La naturaleza, en su belleza y complejidad ilimitadas, habla un lenguaje universal que resuena en cada uno de nosotros, acercándonos no sólo los unos a los otros, sino a la esencia misma de la vida.

En el corazón de muchas tradiciones encontramos el poderoso concepto de interconexión: el reconocimiento de que no somos observadores aislados del

mundo natural, sino parte integral de una vasta red de vida. Esta red es también una fuente de significado, un lienzo en el que se graba la historia de la existencia. Desde el principio budista de interpenetración (*inter-being*) hasta la visión sacramental cristiana de la creación, estas perspectivas nos ofrecen una lente a través de la cual podemos percibir nuestra profunda inserción en la naturaleza y nuestra profunda conexión con entidades humanas y no humanas.

Esta interconexión sirve de puente —una forma de *religio* o reconexión— que enfatiza nuestra visión compartida y nuestra responsabilidad colectiva hacia la Tierra. También nos invita a abrazar una relación simbiótica con el mundo natural, que honre la sacralidad presente en la asombrosa biodiversidad que nos rodea. En este ámbito, nos encontramos con lo simbólico, con los poderosos significados atribuidos a los elementos de la naturaleza en las distintas culturas y religiones. El árbol de la vida, el poder purificador del agua o la guía de los animales espirituales son sólo algunos ejemplos de cómo los elementos naturales se impregnan de un profundo significado.

Estos símbolos naturales se convierten en iconos de las religiones del mundo, desde la media luna islámica hasta el árbol de cruz cristiana, pasando por la diosa hindú del Ganges o la estrella de David judía. Los símbolos naturales sirven como piedras de toque de nuestra humanidad compartida y de nuestro vínculo intrínseco con el medio ambiente.

El propio término “símbolo”, que evolucionó a partir de un resumen formal de creencias religiosas para representar conexiones entre los ámbitos sagrado, moral e intelectual, nos invita a reflexionar sobre la esencia de la unidad. En un mundo en el que el tejido de la naturaleza se está desgarrando, en el que los ecosistemas están degradados y fragmentados, lo simbólico nos llama a la acción: a unirnos, a sanar, a restaurar.

La ecología, la ciencia de las relaciones, con su visión holística y su carácter revelador, subraya la interconexión de la vida. Nos enseña el flujo de energía y las intrincadas cadenas tróficas que sostienen los ecosistemas. La ecología de la restauración, en particular, surge como testimonio de nuestra capacidad de reparar, de volver a tejer el tapiz de la vida, de unir lo que se ha roto. En este sentido, la ecología surge como una ciencia simbólica.

En este momento crítico, en el que nos encontramos en la encrucijada de la crisis medioambiental y la dificultad para fundamentar nuestra esperanza, el pensamiento ecológico trasciende los límites entre lo secular y lo sagrado. Se

convierte en símbolo de un orden moral que nos llama a la preservación, a la administración, a la reverencia por la vida en todas sus formas.

2. CARÁCTER SAGRADO DE LA NATURALEZA, EL ASOMBRO Y LA REVERENCIA COMPARTIDA

Existe un hilo conductor en todas las culturas y religiones del mundo: una profunda reverencia por la naturaleza. Esta dimensión sobrecogedora de nuestra existencia está a menudo envuelta en misterio, se considera sagrada o incluso se ve como una manifestación directa de lo divino. Es un sentimiento universal que trasciende las fronteras de los sistemas de creencias y nos invita a un espacio compartido de asombro y respeto.

Investigaciones recientes han demostrado que los científicos, incluso los que no profesan ninguna religión, experimentan con frecuencia momentos de asombro y profunda apreciación estética en sus investigaciones. Esta sensación de asombro no se limita al ámbito de la experiencia espiritual o religiosa, sino que refleja la belleza intrínseca y la complejidad del mundo natural que nos cautiva a todos. Tanto a los científicos como a los teólogos les mueve una curiosidad profundamente arraigada, el deseo de desentrañar los misterios del universo. La socióloga estadounidense Elaine Howard Ecklund ha observado que esta virtud compartida de la curiosidad, junto con el compromiso con la verdad, sienta las bases del diálogo entre la ciencia y la religión. La humildad también desempeña un papel clave, ya que nos permite reconocer los límites de nuestra comprensión y permanecer abiertos a nuevas perspectivas y puntos de vista. El difunto físico británico, Tom McLeish, nos recordó una vez que la ciencia —o *filosofía natural*, como se la conocía en sus inicios— encarna “el amor a la sabiduría de las cosas naturales”. Afirmaba que la ciencia, en su forma más pura, es una búsqueda profundamente espiritual.

La naturaleza se encuentra en la encrucijada de la ciencia y la religión, sirviendo de terreno fértil para el diálogo y la colaboración. Es aquí, en nuestra reverencia compartida, donde encontramos una poderosa base para la unidad y la cooperación. El movimiento ecologista contemporáneo ofrece de nuevo un claro ejemplo de esta intersección. Arraigado en pruebas científicas, el ecologismo ha evolucionado hasta convertirse en un movimiento que presenta muchos rasgos de devoción religiosa, caracterizado por creencias compartidas, rituales, códigos morales y un sentido de comunidad. Aunque

no se ajuste a las definiciones tradicionales de religión, el ecologismo encarna un compromiso cuasi-religioso con la sacralidad del mundo creado.

Los conocimientos ecológicos tradicionales representan otro punto de encuentro vital entre la ciencia y la espiritualidad. Las comunidades indígenas, con su arraigada reverencia por la tierra y sus lugares sagrados, ofrecen valiosas contribuciones que enriquecen nuestra comprensión científica y nuestras consideraciones éticas. Sus ceremonias y rituales de culto a la tierra suelen poner de relieve su enfoque holístico de la conservación, respetuoso con la tierra, sus espíritus y la compleja red de vida que sustenta.

En nuestra época, cada vez son más las prácticas seculares que buscan reconectar con la naturaleza, ya sea mediante la meditación en paisajes serenos, las peregrinaciones en lugares de gran belleza o los rituales que recurren a las fuerzas elementales de la naturaleza. Estas prácticas, junto con la revitalización de rutas sagradas como el Camino de Santiago, revelan un deseo humano profundamente arraigado de forjar una conexión espiritual con el mundo natural.

Los Lugares Naturales Sagrados (LNS), donde convergen la estética, la ética y la espiritualidad, se erigen como faros de esta interconexión. Nos recuerdan que nuestro aprecio por la naturaleza, en toda su belleza y complejidad, es una fuerza poderosa que puede unirnos a través de diversos paisajes culturales y religiosos. Adoptemos este asombro y reverencia compartidas por la naturaleza. Que sea la base sobre la que construyamos un futuro marcado por la colaboración, la comprensión y un compromiso profundo y duradero con la Tierra que todos llamamos hogar.

3. EL CARÁCTER SAGRADO DE LA NATURALEZA, LA ÉTICA MEDIOAMBIENTAL Y LA PROTECCIÓN LEGAL

Al profundizar en la esencia de nuestra conexión con el mundo natural, nos encontramos con un concepto que, aunque antiguo, es cada vez más relevante en el discurso medioambiental actual: el carácter sagrado de la naturaleza. Esta noción, que trasciende las fronteras de la religión, encuentra resonancia incluso en términos seculares, sirviendo de puente entre los ámbitos de la religión, la ética y el derecho. En el cambiante panorama del pensamiento medioambiental, se están reinventando términos profundamente arraigados en la tradición religiosa, como *dignidad*, *valor intrínseco* y *derecho*.

Los investigadores en ética medioambiental están ampliando nuestro horizonte moral, aplicando estos conceptos de formas novedosas para forjar una comprensión más profunda de nuestra relación con la Tierra y abogar por el reconocimiento moral y jurídico de animales, plantas y ecosistemas.

La afirmación de que la naturaleza, en sus múltiples formas —desde las especies clave hasta ecosistemas enteros—, posee una forma de *dignidad*, desafía la visión antropocéntrica que ha dominado durante largo tiempo nuestras consideraciones éticas. En muchas tradiciones religiosas se considera que esta dignidad, a menudo paralela a la esencia sagrada de la vida, procede de una conexión divina. Es un llamamiento a la reverencia y a la protección, reconociendo el valor del mundo natural como fuente, como algo que va mucho más allá de un mero recurso para el consumo humano.

Partiendo de la base de la dignidad, el concepto de *valor intrínseco* defiende la conservación de la naturaleza por sí misma, independientemente de su utilidad para nosotros. Este principio resuena con la creencia en una dimensión sagrada que impregna toda la existencia, imbuyendo a cada criatura y ecosistema de un valor inherente que exige nuestro respeto y compromiso ético.

En una evolución jurídica sin precedentes, académicos y filósofos defienden la ampliación de los derechos de las entidades naturales —ríos, bosques, especies—, que reflejan los derechos tradicionalmente reservados a los seres humanos. Este reconocimiento jurídico, desde la personificación de los ríos hasta la protección de las tierras sagradas, supone un nuevo reconocimiento del estatus de la naturaleza y consagra nuestro deber de protegerla tanto en el marco jurídico como en el ético. Consideremos algunos casos pioneros: la protección de las tierras sagradas indígenas en Australia, el reconocimiento legal de bosques sagrados comunitarios en Benín, el proyecto de protección de lugares sagrados en Estados Unidos, el reconocimiento de *wāhi tapu* en Nueva Zelanda o la designación del río Ganges como entidad viva en la India. Cada uno de estos ejemplos subraya el potencial de los marcos jurídicos para honrar y salvaguardar el carácter sagrado de la naturaleza.

Sin embargo, debemos andarnos con cuidado. La santidad de la naturaleza, aunque es una poderosa motivación para la conservación, es un arma de doble filo. Hay casos en los que la percepción de lo sagrado puede tener consecuencias no deseadas, como la degradación del medio ambiente a causa del turismo religioso masivo o una menor conciencia de los riesgos ecológicos. La sacralidad de la naturaleza nos ofrece una base profunda sobre la que construir nuestra ética medioambiental. Nos llama a reconocer el valor intrínseco

de la Tierra, la profunda interconexión de toda la vida y el imperativo moral de actuar como administradores responsables.

4. EL CARÁCTER SAGRADO DE LA NATURALEZA, EL DIÁLOGO INTERRELIGIOSO Y EL INTERCAMBIO CULTURAL

A medida que nos acercamos a la culminación de nuestra exploración de la sacralidad de la naturaleza, constatamos que la reverencia que sentimos por el mundo natural no es sólo una vía para la gestión del territorio y la protección legal de la naturaleza, sino también una oportunidad para el diálogo interreligioso y el intercambio cultural. El cuidado de nuestra casa común ofrece una plataforma para que diversas tradiciones religiosas converjan en la celebración y la responsabilidad compartida.

Al reconocer el valor intrínseco y la dignidad de la naturaleza en las distintas culturas, sentamos las bases del respeto mutuo, la comprensión y la colaboración. Este *ethos* compartido puede iluminar principios éticos comunes —administración, compasión, reverencia por la vida— que trascienden las divisiones políticas e ideológicas, fomentando un sentido de una comunidad global unida por una causa común.

En una época marcada por la polarización y el conflicto, el valor de la naturaleza emerge como una fuerza unificadora, obligándonos a mirar más allá de nuestras diferencias y a unir nuestras manos en la vital labor de la conservación del medio ambiente. Juntos podemos proteger las especies amenazadas, conservar ecosistemas vitales y combatir la inminente amenaza del cambio climático. Movilizando coaliciones interconfesionales e interculturales, amplificamos nuestro impacto colectivo, aprovechando la fuerza de nuestra diversidad para defender la causa de la sostenibilidad.

Además, la dimensión espiritual de la protección del medio ambiente ofrece una motivación profunda que trasciende las meras consideraciones económicas o utilitarias. En un mundo en el que la inmensa mayoría se identifica con una tradición religiosa, los imperativos espirituales pueden impulsar a las comunidades a adoptar prácticas sostenibles y promover políticas que protejan nuestro hogar común. Permítanme destacar tres iniciativas pioneras que encarnan este espíritu de unidad y acción:

La "Iniciativa Fe y Sostenibilidad" del Instituto de Recursos Mundiales (*World Resource Institute*) ejemplifica cómo la sacralidad de la naturaleza puede ca-

talizar el diálogo interreligioso, el intercambio cultural y la acción medioambiental colectiva. Al identificar valores profundamente arraigados de las comunidades religiosas de todo el mundo, esta iniciativa muestra el papel fundamental de los grupos religiosos y espirituales para impulsar el trabajo por la sostenibilidad.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), con su compromiso sin parangón con la preservación del mundo natural, también implica activamente a las organizaciones confesionales en sus esfuerzos de conservación. El Grupo de Especialistas de la UICN en Valores Culturales y Espirituales de las Áreas Protegidas es un testimonio de la sinergia entre la ciencia de la conservación, el patrimonio cultural y los valores espirituales, fomentando un enfoque holístico del desarrollo sostenible.

Por último, *Pangea World*, una iniciativa patrocinada por Hana Ayala, no sólo defiende la integración de la investigación científica y la conservación de la biodiversidad, sino que también reconoce el papel fundamental de las perspectivas culturales y espirituales en la consecución del desarrollo sostenible. Esta visión holística subraya la importancia de adoptar perspectivas científicas, económicas y espirituales en nuestro empeño por proteger los hábitats naturales y promover el bienestar de las comunidades de todo el planeta.

Al profundizar en el modo como las distintas tradiciones religiosas se relacionan con la naturaleza, descubrimos ideas valiosas que pueden dar forma a prácticas sostenibles e informar la política medioambiental. Esta reverencia colectiva por nuestro planeta trasciende las fronteras y ofrece un potente antídoto contra la división que caracteriza gran parte de nuestro discurso contemporáneo.

5. CONCLUSIÓN

Nos encontramos en la encrucijada de la hiperglobalización, la disrupción tecnológica, la degradación medioambiental y las migraciones masivas. Nuestra reflexión quizás puede arrojar algo de luz en ese cruce de caminos partiendo de la reverencia compartida por el mundo natural como catalizador para el cambio trascendiendo los límites de la ciencia, la religión, la ética y la ley.

Empezamos explorando el lenguaje universal de la sacralidad de la naturaleza, un concepto que trasciende las fronteras geográficas y las diferencias culturales, uniéndonos en nuestro asombro y reverencia por el mundo natural.

Este aprecio compartido sienta las bases de diálogos significativos entre ciencia y espiritualidad, fomentando una comprensión más profunda de nuestro lugar dentro de la red de la vida.

Profundizamos en las dimensiones éticas de la protección del medio ambiente, imaginando de nuevo conceptos tradicionales como la dignidad, el valor intrínseco y los derechos en el contexto de la conservación de la naturaleza. Esta reevaluación nos desafía a ampliar nuestros límites morales y adoptar una ética más integradora que reconozca el valor inherente de todos los seres y ecosistemas.

A través de la lente del diálogo interreligioso y el intercambio cultural, somos testigos del poder unificador de la sacralidad de la naturaleza. Este valor compartido sirve de puente, uniendo a personas de diversos orígenes religiosos y culturales en un esfuerzo colectivo por proteger nuestro planeta. Nos inspira para aprovechar nuestros recursos e influencia colectivos, promoviendo una acción significativa frente a los retos medioambientales.

El carácter sagrado de la naturaleza no es un mero concepto abstracto, sino una llamada a la acción. Nos llama a unirnos en nuestra diversidad, a entretejer los hilos de la investigación científica, la sabiduría espiritual, la consideración ética y la protección legal en una estrategia coherente de gestión medioambiental. Al honrar el carácter sagrado del mundo natural, afirmamos nuestro compromiso de preservar su belleza y vitalidad para las generaciones futuras.

A medida que avanzamos, llevemos con nosotros las lecciones aprendidas de la interconexión de toda la vida, el valor intrínseco de la naturaleza y el poder de la reverencia compartida. Dejemos que estos principios guíen nuestras acciones mientras nos esforzamos por proteger nuestro precioso planeta para las generaciones venideras.

Que el espíritu de colaboración fomentado por la Cátedra CTR nos inspire para continuar este trabajo vital, unidos en nuestra diversidad y fortalecidos por nuestra causa común. Muchas gracias.

Lo que nos hace humanos

Biología, medicina, lenguaje, mente, ética y religión

Michel Tibayrenc
Francisco J. Ayala

¿Qué nos hace verdaderamente humanos? ¿Qué es lo que nos une? Vivimos un momento de crecimiento de las ciencias biológicas que nos permite acceder a una inmensidad de respuestas sobre nuestra naturaleza física. Y sin embargo, todo el conocimiento sobre lo que nos hace específicamente humanos, se queda corto sin las aportaciones de otros grandes campos o saberes, como el de la medicina y las ciencias humanas. Este libro quiere ofrecer un examen, lo más completo posible, de importantes debates sociales de nuestra época, como, por ejemplo, el origen de la humanidad, la diversidad genética humana, la biología de la cognición, la actitud de la ciencia ante las ideologías intolerantes, la relación entre ciencia y religión en general y entre ciencia y creacionismo (o diseño inteligente) en particular.



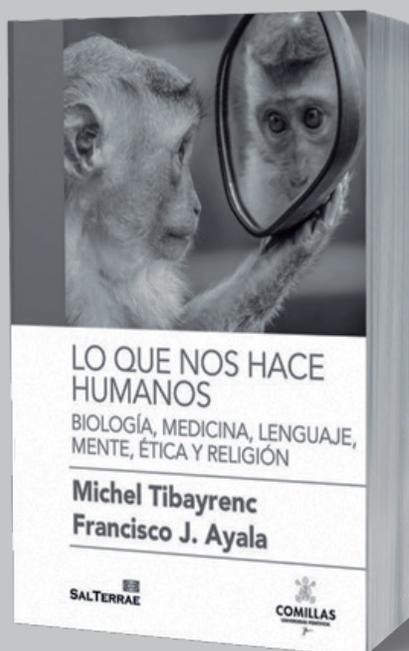
Colección Ciencia y Religión

Número 28

Págs. 312

ISBN: 978-84-293-3039-7

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2021.



**BRIDGING MINDS AND FRONTIERS:
AN UNCONVENTIONAL ACADEMIC
ODYSSEY WITH FRANCISCO JOSÉ AYALA**

*Uniendo mentes y fronteras: una odisea académica poco
convencional con Francisco José Ayala*

Hesley Machado Silva

Professor and researcher - University Center of Formiga/MG (UNIFORMG) - Brazil
hesley@uniformg.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-8126-8962>

Received: March 7, 2024

Accepted: May 21, 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.005>

ABSTRACT: The text recounts the author's remarkable experience in establishing contact with Francisco José Ayala, a renowned professor, researcher, author, and philanthropist. Beginning in an unusual manner, the connection transcended the conventional boundaries of academia, dispelling the notion of inaccessibility of eminent scientists. This resulted in an interview and the publication of a letter in the *Science* journal, exemplifying Ayala's generosity. The narrative highlights Ayala's extensive contribution to the understanding of evolution, his role in issues of science and religion, and his notable philanthropy. The challenges faced during a period of collaborating in California are shared, emphasizing the consolidation of a relationship of trust. Ayala's influence is evident in the author's shift towards contemporary issues such as scientific misinformation and climatic themes, reflecting the enduring legacy Ayala left on his academic journey and the positive transformation in the author's career.

KEYWORDS: Francisco José Ayala, biological evolution, science education, science and religion, academic challenges, misinformation

RESUMEN: El texto relata la extraordinaria experiencia del autor al establecer contacto con Francisco José Ayala, catedrático, investigador, escritor y filántropo de renombre. Comenzando de forma inusual, la conexión trascendió las fronteras convencionales del mundo

académico, disipando la noción de inaccesibilidad de los científicos eminentes. El resultado fue una entrevista y la publicación de una carta en la revista *Science*, que ejemplifica la generosidad de Ayala. La narración destaca la amplia contribución de Ayala a la comprensión de la evolución, su papel en cuestiones de ciencia y religión y su notable filantropía. Se comparten los retos afrontados durante un periodo de colaboración en California, destacando la consolidación de una relación de confianza. La influencia de Ayala queda patente en el giro del autor hacia cuestiones contemporáneas como la desinformación científica y los temas climáticos, lo que refleja el legado perdurable que Ayala dejó en su trayectoria académica y la transformación positiva en la carrera del autor.

PALABRAS CLAVE: Francisco José Ayala, evolución biológica, enseñanza de las ciencias, ciencia y religión, desafíos académicos, desinformación

1. INTRODUCTION: THE IDEA OF CONTACT

My contact with the iconic figure of professor, researcher, author, and philanthropist Francisco José Ayala began in an unusual and almost accidental way, establishing a connection that transcended the conventional boundaries of discourse and academic relations. I still use it today as an example of the accessibility of authors for my students, fellow professors, and researchers, so that they too can try to experience contacting those who are reference points in their field of interest. Ayala dispelled the notion that eminent scientists are inaccessible and shrouded in an aura of arrogance. Instead, despite his eminence, he made his knowledge and his wisdom available to me. The connection originated as I was conducting research for an article about human evolution and its teaching. In the various readings required, the name of Francisco Ayala consistently emerged as a prolific author and co-author in the vast relevant literature on evolution and its teaching.

As the focus of the article was on Darwinian evolution (Ayala et al., 1974; Prugnolle et al., 2010) and the unnecessary and counterproductive conflicts with evolution posed by religious views such as creation science (Ayala, 2006, 2008a) and intelligent design (Ayala, 2007; Ayala et al., 2009), Ayala's name became even more prominent in the published articles. The impressive quality, quantity, and longevity of his contributions—spanning decades and standing out in high-impact journals, as well as in engaging and relevant articles and book chapters (Avisé et al., 2008, 2016; Ayala, 2005, 2009; Stebbins et al., 1981)—captured my attention.

Further research I conducted revealed his crucial role in supporting evolution education in the United States and worldwide. Ayala, an unwavering advocate for science, possessed the unique ability to harmonize it with religious

perspectives (Ayala, 2008b, 2017; Ayala, 2007). He played a significant role in a U.S. trial related to the teaching of creationism (Ayala et al., 1993), vehemently supporting the teaching of Darwinian theory and ensuring a favorable decision (Pennock, 2002).

Ayala's influence extended to prestigious platforms, including lectures at the Vatican and around the world. His achievements graced the headlines of renowned newspapers, such as *The New York Times*, reflecting the magnitude of his impact, with thousands of articles in his curriculum. Ayala's academic eminence was accentuated by his philanthropy, marked by substantial donations to universities, social causes, and education. His metrics as a researcher are unparalleled; it is challenging to find benchmarks in the academic universe.

As I became more and more immersed in Ayala's work, a bold and unconventional idea took root: to contact him, even though that an email from an unknown researcher and author from a small Brazilian university might seem audacious. A recipient of the 2001 National Medal of Science, one of the highest scientific honors in the United States, and also the recipient of the 2010 John Templeton Foundation Prize for his unparalleled contributions to the intersection and reconciliation between the realms of science and religion, Ayala would presumably have more pressing matters than to answer inquiries from a relatively young Brazilian professor and researcher.

2. **CONTACT AND UNEXPECTED ATTENTION: CONTINUING THE DIALOGUE**

Unexpectedly, Ayala's response to my peculiar contact was quick (the day after my email) and friendly, establishing a sustained long-distance dialogue that transcended geographical and intellectual boundaries. This unusual exchange not only enriched my view of science but also expanded horizons, perspectives, and my understanding towards a more comprehensive potential than the initial limitations of my role as a researcher.

As the dialogues unfolded, crucial themes such as education (Black et al., 1993; Silva, 2020a), scientific education (Ayala, 1968; Silva, 2023), evolution (Ayala, 1978; McDonald et al., 1978; Silva, 2022; Silva, 2021), human evolution (Ayala, 1996; Ayala et al., 1996; Belo et al., 2017; Silva et al., 2018), religious conflicts with science (Ayala, 2017), creationism (Ayala, 2006), in-

telligent design (Ayala, 2007; Silva, 2020b) and challenges in science education emerged, providing a rich opportunity for enhancing my knowledge. However, this enrichment was not one-sided; Ayala, a renowned researcher, not only listened to me but also showed reciprocal interest and learning, something hard to believe given the disparity in experience and academic expertise.

Assuming the position of co-editor for the scientific journal of the University Center, I conceived the idea of creating an interview section in the periodical, with Ayala as the first interviewee. Uncertainty about his acceptance, given his prestige and busy schedule, lingered in the air. Surprisingly, he promptly accepted, seeming to be not only willing but even honored to be interviewed, even though our journal was virtually unknown and still seeking relevance.

This collaboration resulted in elaborate and meticulous responses, evidencing the care and affection with which Ayala embraced my proposal. Far from being concise answers, they were in-depth reflections, the result of the commitment of someone who did not limit his ability to inspire others. The responses, published in the journal (Silva, 2016), provided abundant knowledge and outstanding experiences for the small Brazilian university and city, impacting local students, teachers, and researchers.

As we approached the launch of the journal in a carefully planned ceremony, I decided to be bold once again. I asked Ayala, one of the most influential researchers in the world, for a video supporting our initiative. I was once again surprised by Ayala's kindness: he not only sent an encouraging and charming video but also extended a warm invitation, inquiring about the possibility of my spending time with him and his group in California. This surprising continuity of dialogue not only confirmed Ayala's generosity but also expanded the horizons of collaboration and mutual learning.

3. THE (UNFORTUNATELY) SHORT AND (ASTONISHINGLY) RICH VISIT: CHALLENGES AND LEARNING

My trip to California (July 2017), with the purpose of personally meeting and spending a month with Ayala, was preceded by justified anxiety. Upon arrival, I immediately realized how he was an iconic figure in the academic milieu of the University of California, Irvine, revealing that I was entering an academically distinct universe from my own.

Initially, I contacted eminent scholars in the field on campus and later was introduced to the group that would work with Ayala during the period, composed of select and distinguished researchers (Dr. Michel Tibayrenc and Dr. Diego Bermejo). This contact with scholars from various parts of the world would, in itself, be a valuable experience, opening numerous doors for me, but it was only the beginning.

Ayala received me with the same kindness perceived in our remote contact; however, things were not easy. In the first week, while attempting to produce material that I deemed interesting, I noticed a lack of enthusiasm on his part, coupled with sharp criticisms of what I was proposing for activities to be carried out during that period. At the end of this frustrating week, I contemplated giving up the endeavor, confronted by the difficulty of achieving my academic and social goals.

The desire to seize the opportunity persisted, but doubt arose as to whether I was prepared for it. Ayala, a renowned scientist, seemed to have little patience for dealing with an "intruder" in the global academic elite. After the first weekend in California, marked by a certain frustration, I began the second week determined to change the course of the relationship.

Meeting Ayala again, I made another bold suggestion upon noticing two stacks of the world's most prestigious academic journals, *Science* and *Nature*, in his office. I proposed submitting a letter to one of these journals. He provocatively asked why the editors would be interested in what I was producing. Aware that it was a challenge, I replied that I would try to learn from the submission process to such a high-level journal and that even if my text were not approved, it would be an enriching experience.

This response seemed to encourage him, despite his apparent skepticism. In the last three weeks of our interaction, we developed a research project in a productive and harmonious dialogue, on issues concerning the teaching of evolution, science and religion, contemporary educational issues, among others, building a relationship of trust and admiration. On the last day of that endeavor, as I bade him farewell, Ayala inquired about when I would return with my family for a longer stay in Irvine, suggesting the consolidation of an academic and friendly relationship marked by mutual respect.

4. UNFOLDING CONVIVIALITY: TREADING CHALLENGING PATHS

Two months after the enriching period in California, I celebrated the publication of my letter in the journal *Science* (Silva, 2017). With pride, I shared this milestone with colleagues, and it was particularly gratifying to communicate with Ayala, who promptly provided positive feedback, praising the quality of the text and the achievement of publication in a highly renowned journal.

Our fruitful relationship solidified, with ideas for publications flowing constantly. I would send Ayala my new articles, realizing the impact on my academic output in the following years. Despite the failure of our joint project, which we submitted to the John Templeton Foundation, on the unnecessary conflict between science and religion in the teaching of biological evolution, the challenging period continued to resonate in my career, shaping my personal and academic worldview.

My output on the teaching of biological evolution and the threats posed by creation science and intelligent design has grown, resulting in publications in renowned journals such as *Science and Education* (Silva et al., 2020), *Evolution: Education and Outreach* (Silva et al., 2021), and *Scientific American* (Silva, 2023d), as well as book chapters in the USA (Silva, 2019; Silva et al., 2019) and Brazil (Borba et al., 2023; Silva, 2023), including the publication of my doctoral thesis (Silva, 2022).

Inspired by Ayala and our dialog, by personal and Brazilian (and global) demands, I directed my research towards scientific disinformation (Silva, 2021b), tackling scientific Fake News (Silva, 2021a), pseudosciences (Silva, 2023a, 2024), and conspiracy theories (Silva, 2021). The pandemic has broadened my interests (Silva, 2021c). I explored vaccine hesitation (Silva, 2020), influence of the anti-vaccine movement (Silva, 2023b), epidemiological impacts (Silva, 2022), and ineffective treatments for COVID-19 (Silva, 2023; Silva, 2023; Silva, 2022; Silva, 2021a), such as chloroquine for COVID-19 (Silva, 2022b). I have also written on environmental issues (Silva, 2023f), such as climate change denial, deforestation in the Amazon, and global warming (Silva, 2023a; Silva, 2021h, 2022a).

As an unwelcome result, I faced reactions in Brazil from political and pseudoscientific movements on the internet, receiving almost threatening emails. I sought to respond to them satisfactorily, remembering that Ayala had also opposed anti-science movements and had met with resistance. The desire to discuss these issues with Ayala became more pronounced over time as

I realized the increasing relevance of the topics I was now addressing and publishing.

In retrospect, I realize how my role as a researcher, focused on contemporary and emerging issues, was impacted by the relatively brief period of interaction with this great researcher. The few but important interactions continue to resonate in my academic journey, guiding me on challenging and meaningful paths, inspiring me to persist in the struggle for the appreciation of science in Brazil and worldwide.

5. CONCLUSION

The future of scientific research and education faces unprecedented challenges, with the rise of new fields intertwined with persistent issues of misinformation, fake scientific news, and conspiracy theories. As I navigate my career as a researcher, Ayala's legacy becomes increasingly relevant. Beyond his contributions to the understanding of evolution, his works and teachings guide us in recognizing the crucial role of scientific education.

In a world where movements like the anti-vaccine movement gain momentum and skepticism towards climate change persists, the importance of scientific education and communication must be increasingly emphasized. Ayala, a skilled communicator, serves as a beacon for the imperative need to inform the public and guard against misinformation. His ability to bridge the gap between science and society remains crucial, especially in combating conspiracy theories that challenge established scientific knowledge.

Ayala's influence resonates in his approach to the intersection of science and religion, a topic he has passionately advocated throughout his career. This ongoing dialog is essential for shaping education and societal attitudes, especially in countries where religiosity is so important, such as Brazil and the US, for example. His commitment to this cause provides a guide for future researchers to navigate these complex issues and foster understanding.

The current prevalence of flat-Earth beliefs (Mohammed, 2019; Weill, 2022), Holocaust denial (Lipstadt, 2016) and numerous other conspiracies underscores the urgency of Ayala's teachings and influence. His wisdom and communication skills are invaluable for immunizing the population against unfounded theories. It is essential that young researchers be encouraged and

inspired by his legacy, allowing him to illuminate their paths and contribute to the enhancement of their academic journeys.

Through my personal experience of interacting with Ayala, a connection emerged from what seemed like a seemingly casual encounter but profoundly influenced my academic journey and brought me into contact with icons of biology. The opportunity to engage (albeit indirectly) with a figure like Theodosius Dobzhansky, Ayala's doctoral advisor (Ayala, 1976, 1985, 2000; Ayala et al., 1976; Barahona et al., 2005), opened doors to new horizons, cultivating a belief in unlimited possibilities as a biology teacher. Dobzhansky, after all, enunciated the maxim that "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution" (Dobzhansky, 1964, 1973), which I learned in high school and now resonates in my biology classes and guides part of my research. And now, in the year 2024, I will publish with immense pride in one of the same journals in which this eminent geneticist expressed his maxim, *The American Biology Teacher*.

This encounter inspired me to submit bold articles and embark on new research ventures. To me, this represents the lasting legacy that Ayala left—a legacy that echoes in the influence I seek to impart to my students and mentees. If we examine the references of this text, it can be noticed how much my academic production changed in terms of quantity, quality, and scope, as a result of my interaction with Ayala: I was able not only to elevate my standing as a researcher but also to sharpen my focus on the interface between science and society. Reflecting on this transformative journey, I recall that every advancement, every research path explored, and every positive change in my academic life can be traced back to the fortuitous connection with Francisco José Ayala.

References

- Avise, J. C., Bowen, B. W., & Ayala, F. J. (2016). In the light of evolution X: Comparative phylogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(29), 7957-7961. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604338113>
- Avise, J. C., Hubbell, S. P., & Ayala, F. J. (2008). In the light of evolution II: Biodiversity and extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(suppl._1). <https://doi.org/10.1073/pnas.0802504105>
- Ayala, Francisco J. (1968). Biology as an autonomous science. *American Scientist*, 56(3), 207–221.

- Ayala, Francisco J. (1976). Theodosius Dobzhansky: the man and the scientist. *Annual Review of Genetics*, 10(1), 1–7.
- Ayala, Francisco J. (1978). The mechanisms of evolution. *Scientific American*, 239(3), 56–69.
- Ayala, Francisco J. (1985). Theodosius Dobzhansky: January 25, 1900–December 18, 1975. *Biographical Memoirs. National Academy of Sciences (US)*, 55, 163–213.
- Ayala, Francisco J. (1996). Response: Gene lineages and human evolution. *Science*, 272(5266), 1363–1364.
- Ayala, Francisco J. (2000). Theodosius Dobzhansky: a man for all seasons. *Resonance*, 5(10), 48–60.
- Ayala, Francisco J. (2005). The structure of evolutionary theory: On Stephen Jay Gould’s monumental masterpiece. *Theology and Science*, 3(1), 97–117.
- Ayala, Francisco J. (2006). Evolution vs. creationism. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 28(1), 71–82.
- Ayala, Francisco J. (2007). Darwin’s greatest discovery: design without designer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(suppl._1), 8567–8573. <https://doi.org/10.1073/pnas.070107210>
- Ayala, Francisco J. (2008a). Darwin and intelligent design. *HTS Theological Studies*, 64(1), 668–669.
- Ayala, Francisco J. (2008b). Science, evolution, and creationism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(1), 3–4. doi: 10.1073/pnas.0711608105
- Ayala, Francisco J. (2009). Darwin and the scientific method. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(suppl._1), 10033–10039. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901404106>
- Ayala, Francisco J. (2017). Science and Religion: Conflict or Concert? *The Wiley Blackwell Companion to Religion and Ecology*, 146–162. <https://doi.org/10.1002/9781118465523.ch12>
- Ayala, Francisco J, & Black, B. (1993). Science and the courts. *American Scientist*, 81(3), 230–239.
- Ayala, Francisco J, & Campbell, C. A. (1974). Frequency-dependent selection. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 115–138.
- Ayala, Francisco J, & Escalante, A. A. (1996). The evolution of human populations: a molecular perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 5(1), 188–201.
- Ayala, F. J. & Prout, T. (1976). In memoriam: Theodosius Dobzhansky 1900–1975. *Social Biology*, 23(2), 101–107.
- Ayala, F. J. & Rodríguez, M. Á. C. (2009). *Darwin y el diseño inteligente*. Mensajero.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin’s Gift to Science and Religion*. Washington, DC: Joseph Henry Press. doi: 10.17226/11732

- Barahona, A., & Ayala, F. J. (2005). Theodosius Dobzhansky's role in the emergence and institutionalization of genetics in Mexico. *Genetics*, 170(3), 981–987. <https://doi.org/10.1093/genetics/170.3.981>
- Belo, L. L. A., TELES, K. I., & Silva, H. M. (2017). Efeitos da alimentação na evolução humana: uma revisão. *Conexão Ciência*, 12(3), 93-105.
- Black, B., Ayala, F. J., & Saffran-Brinks, C. (1993). Science and the law in the wake of Daubert: A new search for scientific knowledge. *Tex. L. Rev.*, 72, 715.
- Borba, R. C. do N., & Silva, H. M. (2023). El Laicismo En La Educación Y La Enseñanza De Las Ciencias Y La Biología: Cuestiones Inquietantes Ante Retos Ineludibles. In A. Mendonça, D. Sepulveda, & J. A. Sepulveda (Eds.), *Laicismo en la educación: políticas, conceptos y prácticas*. Ciencia Scripts.
- Dobzhansky, T. (1964). Biology, molecular and organismic. *American Zoologist*, 443–452.
- Dobzhansky, T. (1973). "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution". *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Lipstadt, D. (2016). *Denying the Holocaust: The Growing Assault on Truth and Memory*. Penguin; UK ed. edition.
- McDonald, J. F., & Ayala, F. J. (1978). Gene regulation in adaptive evolution. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 20(2), 159-175.
- Mohammed, S. N. (2019). Conspiracy Theories and Flat-Earth Videos on YouTube. *The Journal of Social Media in Society*, 8(2), 84-102.
- Pennock, R. T. (2002). Should creationism be taught in the public schools? *Science & Education*, 11, 111-133.
- Prugnolle, F., Durand, P., Neel, C., Ollomo, B., Ayala, F. J., Arnathau, C., Etienne, L., Mpoudi-Ngole, E., Nkoghe, D., & Leroy, E. (2010). African great apes are natural hosts of multiple related malaria species, including *Plasmodium falciparum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(4), 1458-1463. doi: 10.1073/pnas.0914440107
- Silva, H. M. (2016). Interview with Francisco J. Ayala. *Revista Conexão Ciência I*, 11.
- Silva, H. M. (2017). Intelligent design endangers education. *Science*, 357(6354), 880.1-880. doi: 10.1126/science.aao3245
- Silva, H. M. (2019). Rescuing Darwin in Brazil: How a General Population Sample Views the Teaching of Creationism and Biological Evolution. In A. W. Cook, Kristin L.; Oliveira (Ed.), *Evolution Education and the Rise of the Creationist Movement in Brazil* (1st ed., p. 260). Lexington Books.
- Silva, H. M. (2020). The historic success of vaccination and the global challenge posed by inaccurate knowledge in social networks. *Patient Education and Counseling*. doi: 10.1016/j.pec.2020.09.006
- Silva, H. M. (2020b). Ark of Absurdities: Creationism Comes to Brazil. *Skeptical (Altadena, CA)*, 25(2), 26–31.

- Silva, H. M. (2021). The xenophobia virus and the COVID-19 pandemic. *Éthique & Santé*, 18(2), 102–106. doi: 10.1016/j.etiqe.2021.03.002
- Silva, H. M. (2021a). Antibiotics against viruses: Brazilian doctors adrift. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 1–5. doi: 10.1017/ice.2021.434
- Silva, H. M. (2021b). Medicines and Illusions in the fight against COVID-19 in Brazil. *Ethics, Medicine and Public Health*, 16(November 2020), 100622. doi: 10.1016/j.jemep.2020.100622
- Silva, H. M. (2021d). The (in) competence of the Bolsonaro government in confronting Covid-19. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 1–3. doi: 10.1017/ice.2021.431
- Silva, H. M. (2021e). The Brazilian Scientific Denialism Through The American Journal of Medicine. *The American Journal of Medicine*, 2019–2020. doi: 10.1016/j.amjmed.2021.01.003
- Silva, H. M. (2021f). The danger of denialism: lessons from the Brazilian pandemic. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 55. doi: 10.1186/s42269-021-00516-y
- Silva, H. M. (2021h). Wildfires and Brazilian irrationality on social networks. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 21, 11–15. doi: 10.3354/esep00194
- Silva, H. M. (2022). Pope Alexander VII, President Bolsonaro, and pandemics: When humanity goes back. *Ethics, Medicine and Public Health*, 21, 100721. doi: 10.1016/j.jemep.2021.100721
- Silva, H. M. (2022a). Information and misinformation about climate change: lessons from Brazil. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 22, 51–56. <https://doi.org/10.3354/esep00201>
- Silva, H. M. (2023a). Brazilian amazon : environmental and economic tragedy. *Revista Sertão Sustentável*, 5, 90–99.
- Silva, H. M. (2023b). A plausible hypothesis for the higher Covid-19 mortality in Brazil. *African Health Sciences*, 23(4), 48–50.
- Silva, H. M. (2022c). *Professores de Biologia e Ensino de Evolução: uma perspectiva comparativa entre Estado e Igreja na América Latina*. Generis Publishing.
- Silva, H. M. (2023d). Bolsonaro and drugs without scientific evidence: An old relationship. *Atencion Primaria*, 55(5). doi: 10.1016/j.aprim.2023.102618
- Silva, H. M. (2023f). Religion and science must work together on behalf of the environmental movement. *PLURA, Journal for the Study of Religion*, 14(2), 216–222. doi: 10.29327/256659.14.2-12
- Silva, H. M. (2023h). Secularism, biology teachers, and evolution teaching: a comparative analysis of the Brazilian phenomenon. *Journal of Biological Education*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2226684>
- Silva, H. M. (2023i). Will Creationism Continue to Flourish in Brazil ? *Scientific American*.

- Silva, H. M. & Mortimer, E. F. (2019). Brazilian High School Biology Teachers' Perception of Evolution and Its Teaching. *Evolution Education and the Rise of the Creationist Movement in Brazil*, 69.
- Silva, H. M. & Mortimer, E. F. (2020). Teachers' Conceptions about the Origin of Humans in the Context of Three Latin American Countries with Different Forms and Degrees of Secularism. *Science and Education*, 29(3), 691-711. doi: 10.1007/s11191-020-00124-8
- Silva, H. M., Peñaloza, G., Tomasco, I. H., & Carvalho, G. S. (2018). Chimpanzee included in the genus Homo? How biology teachers from three Latin American countries conceive it. *Journal of Biological Education*. doi: 10.1080/00219266.2018.1501408
- Silva, H. M., Peñaloza, G., Tomasco, I. H., & Carvalho, G. S. (2018). Chimpanzee included in the genus Homo? How biology teachers from three Latin American countries conceive it. *Journal of Biological Education*. doi: 10.1080/00219266.2018.1501408
- Silva, H. M., Oliveira, A. W., Belloso, G. V., Díaz, M. A., & Carvalho, G. S. (2021). Biology teachers' conceptions of Humankind Origin across secular and religious countries: an international comparison. *Evolution: Education and Outreach*, 14(1), 1–12. doi: 10.1186/s12052-020-00141-9
- Stebbins, G. L., & Ayala, F. J. (1981). Is a new evolutionary synthesis necessary? *Science*, 213(4511), 967-971.
- Weill, K. (2022). *Off the Edge: Flat Earthers, Conspiracy Culture, and why People Will Believe Anything*. Algonquin Books.

UNIENDO MENTES Y FRONTERAS: UNA ODISEA ACADÉMICA POCO CONVENCIONAL CON FRANCISCO JOSÉ AYALA

*Bridging Minds and Frontiers: an Unconventional
Academic Odyssey with Francisco José Ayala*

Hesley Machado Silva

Profesor e investigador - University Center of Formiga/MG (UNIFOR/MG) - Brasil
hesley@uniformg.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-8126-8962>

Recibido: 7 marzo 2024

Aceptado: 21 mayo 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.005>

RESUMEN: El texto relata la extraordinaria experiencia del autor al establecer contacto con Francisco José Ayala, catedrático, investigador, escritor y filántropo de renombre. Comenzando de forma inusual, la conexión trascendió las fronteras convencionales del mundo académico, disipando la noción de inaccesibilidad de los científicos eminentes. El resultado fue una entrevista y la publicación de una carta en la revista *Science*, que ejemplifica la generosidad de Ayala. La narración destaca la amplia contribución de Ayala a la comprensión de la evolución, su papel en cuestiones de ciencia y religión y su notable filantropía. Se comparten los retos afrontados durante un periodo de colaboración en California, destacando la consolidación de una relación de confianza. La influencia de Ayala queda patente en el giro del autor hacia cuestiones contemporáneas como la desinformación científica y los temas climáticos, lo que refleja el legado perdurable que Ayala dejó en su trayectoria académica y la transformación positiva en la carrera del autor.

PALABRAS CLAVE: Francisco José Ayala, evolución biológica, enseñanza de las ciencias, ciencia y religión, desafíos académicos, desinformación

ABSTRACT: The text recounts the author's remarkable experience in establishing contact with Francisco José Ayala, a renowned professor, researcher, author, and philanthropist. Beginning in an unusual manner, the connection transcended the conventional boundaries of academia, dispelling the notion of inaccessibility of eminent scientists. This resulted in an interview and the publication of a letter in the *Science* journal, exemplifying Ayala's generosity. The narrative highlights Ayala's extensive contribution to the understanding of evolution, his role in issues of science and religion, and his notable philanthropy. The

challenges faced during a period of collaborating in California are shared, emphasizing the consolidation of a relationship of trust. Ayala's influence is evident in the author's shift towards contemporary issues such as scientific misinformation and climatic themes, reflecting the enduring legacy Ayala left on his academic journey and the positive transformation in the author's career.

KEYWORDS: Francisco José Ayala, biological evolution, science education, science and religion, academic challenges, misinformation

1. INTRODUCCIÓN: LA IDEA DE CONTACTO

Mi contacto con la figura icónica del profesor, investigador, escritor y filántropo Francisco José Ayala comenzó de forma inusual y casi accidental, estableciendo una conexión que trascendió las fronteras convencionales del discurso y las relaciones académicas. Aún hoy lo utilizo como ejemplo de accesibilidad de los autores ante mis alumnos, colegas profesores e investigadores, de modo que ellos también puedan intentar vivir la experiencia de contactar con quienes son referentes en su campo de interés. Ayala dispuso la idea de que los científicos eminentes son inaccesibles y están envueltos en un aura de arrogancia. Por el contrario, a pesar de su eminencia, puso sus conocimientos y su sabiduría a mi disposición. La conexión se originó mientras investigaba para un artículo sobre la evolución humana y su enseñanza. En las diversas lecturas necesarias, el nombre de Francisco Ayala surgió constantemente como autor y coautor prolífico en la vasta literatura relevante sobre la evolución y su enseñanza.

Al centrarse en la evolución darwiniana (Ayala et al., 1974; Prugnolle et al., 2010) y en los conflictos innecesarios y contraproducentes con la evolución que plantean visiones religiosas como la ciencia de la creación (Ayala, 2006, 2008a) y el diseño inteligente (Ayala, 2007; Ayala et al., 2009), el nombre de Ayala se hizo aún más prominente en los artículos publicados. La impresionante calidad, cantidad y longevidad de sus contribuciones —que abarcan décadas y destacan en revistas de alto impacto, así como en artículos y capítulos de libros atractivos y relevantes (Avice et al., 2008, 2016; Ayala, 2005, 2009; Stebbins et al., 1981)— captaron mi atención.

Futuras investigaciones que realicé revelaron su papel crucial en el apoyo a la educación sobre la evolución en Estados Unidos y en todo el mundo. Ayala, defensor inquebrantable de la ciencia, poseía la capacidad única de armonizarla con las perspectivas religiosas (Ayala, 2008b, 2017; Ayala, 2007). Desempeñó un papel importante en un juicio en Estados Unidos relacionado

con la enseñanza del creacionismo (Ayala et al., 1993), apoyando vehementemente la enseñanza de la teoría darwiniana y garantizando una decisión favorable (Pennock, 2002).

La influencia de Ayala se extendió a prestigiosas plataformas, incluyendo conferencias en el Vaticano y en todo el mundo. Sus logros aparecieron en los titulares de periódicos de renombre, como *The New York Times*, reflejando la magnitud de su impacto, con miles de artículos en su currículum. La eminencia académica de Ayala se vio acentuada por su filantropía, marcada por importantes donaciones a universidades, causas sociales y educación. Sus métricas como investigador no tienen parangón; es un reto encontrar referentes en el universo académico.

A medida que me sumergía cada vez más en la obra de Ayala, surgió una idea audaz y poco convencional: contactarlo, aunque un correo electrónico de un investigador desconocido y autor de una pequeña universidad brasileña pudiera parecer audaz. Galardonado en 2001 con la Medalla Nacional de Ciencias, uno de los más altos honores científicos de Estados Unidos, y también con el Premio de la Fundación John Templeton en 2010 por sus contribuciones sin precedentes a la intersección y reconciliación entre los ámbitos de la ciencia y la religión, Ayala presumiblemente tendría asuntos más urgentes que responder a las preguntas de un profesor e investigador brasileño relativamente joven.

2. CONTACTO Y ATENCIÓN INESPERADA: CONTINUAR EL DIÁLOGO

Inesperadamente, la respuesta de Ayala a mi peculiar contacto fue rápida (al día siguiente de mi correo electrónico) y amistosa, estableciendo un diálogo sostenido a distancia que trascendió las fronteras geográficas e intelectuales. Este inusual intercambio no solo enriqueció mi visión de la ciencia, sino que también amplió horizontes, perspectivas y mi comprensión hacia un potencial más amplio que las limitaciones iniciales de mi papel como investigador.

A medida que se desarrollaban los diálogos, surgieron temas cruciales como la educación (Black et al., 1993; Silva, 2020a), la educación científica (Ayala, 1968; Silva, 2023) la evolución (Ayala, 1978; McDonald et al., 1978; Silva, 2022; Silva, 2021), la evolución humana (Ayala, 1996; Ayala et al., 1996; Belo et al., 2017; Silva et al., 2018), los conflictos religiosos con la ciencia (Ayala, 2017), el creacionismo (Ayala, 2006), el diseño inteligente (Ayala, 2007; Silva, 2020b) y desafíos en la educación científica, lo que brindó una rica oportu-

tunidad para mejorar mis conocimientos. Sin embargo, este enriquecimiento no fue unilateral; Ayala, un investigador de renombre, no solo me escuchó, sino que también mostró interés y aprendizaje recíproco, algo difícil de creer dada la disparidad de experiencia y conocimientos académicos.

Asumiendo el cargo de co-editor de la revista científica del Centro Universitario, concebí la idea de crear una sección de entrevistas en el periódico, con Ayala como primer entrevistado. La incertidumbre sobre su aceptación, dado su prestigio y su apretada agenda, flotaba en el aire. Sorprendentemente, aceptó de inmediato, pareciendo no solo estar dispuesto, sino incluso honrado de ser entrevistado, a pesar de que nuestra revista era prácticamente desconocida y todavía buscaba relevancia.

Esta colaboración dio como resultado respuestas elaboradas y meticulosas, evidenciando el cuidado y el afecto con los que Ayala abrazó mi propuesta. Lejos de ser respuestas concisas, eran reflexiones profundas, fruto del compromiso de alguien que no limitaba su capacidad de inspirar a otros. Las respuestas, publicadas en la revista (Silva, 2016), aportó abundantes conocimientos y experiencias sobresalientes para la pequeña universidad y la ciudad brasileñas, impactando a estudiantes, profesores e investigadores locales.

A medida que nos acercábamos al lanzamiento de la revista en una ceremonia cuidadosamente planificada, decidí ser audaz una vez más. Le pedí a Ayala, una de las investigadoras más influyentes del mundo, un video de apoyo a nuestra iniciativa. Una vez más me sorprendió la amabilidad de Ayala: no solo me envió un video alentador y encantador, sino que también me extendió una cálida invitación, preguntando sobre la posibilidad de que pasara tiempo con él y su grupo en California. Esta sorprendente continuidad del diálogo no solo confirmó la generosidad de Ayala, sino que también amplió los horizontes de colaboración y aprendizaje mutuo.

3. LA (DESASFORTUNADAMENTE) CORTA Y (ASOMBROSAMENTE) RICA VISITA: DESAFÍOS Y APRENDIZAJE

Mi viaje a California (julio de 2017), con el propósito de conocer personalmente y pasar un mes con Ayala, estuvo precedido por una justificada ansiedad. Al llegar, inmediatamente me di cuenta de que era una figura icónica en el entorno académico de la Universidad de California, Irvine, revelando que estaba entrando en un universo académicamente distinto al mío.

Inicialmente, me puse en contacto en el campus con eminentes académicos en el área y luego me presentaron al grupo que trabajaría con Ayala durante el período, compuesto por investigadores selectos y distinguidos (Dr. Michel Tibayrenc y Dr. Diego Bermejo). Este contacto con estudiosos de diversas partes del mundo sería, en sí mismo, una experiencia valiosa, que me abriría numerosas puertas, pero fue solo el comienzo.

Ayala me recibió con la misma amabilidad que se percibía en nuestro contacto remoto; sin embargo, las cosas no fueron fáciles. En la primera semana, mientras intentaba producir material que me parecía interesante, noté una falta de entusiasmo de su parte, junto con fuertes críticas a lo que estaba proponiendo para las actividades que se llevarían a cabo durante ese período. Al final de esta frustrante semana, contemplé la posibilidad de abandonar el esfuerzo, enfrentado a la dificultad de alcanzar mis metas académicas y sociales.

El deseo de aprovechar la oportunidad persistió, pero surgieron dudas sobre si estaba preparado para ello. Ayala, un científico de renombre, parecía tener poca paciencia para lidiar con un “intruso” en la élite académica mundial. Después del primer fin de semana en California, marcado por cierta frustración, comencé la segunda semana decidido a cambiar el rumbo de la relación.

Al encontrarme de nuevo con Ayala, le hice otra sugerencia audaz al notar dos pilas de las revistas académicas más prestigiosas del mundo, *Science* y *Nature*, en su oficina. Propuse enviar una carta a una de estas revistas. Me preguntó provocativamente por qué los editores estarían interesados en lo que yo estaba produciendo. Consciente de que era un reto, le respondí que intentaría aprender del proceso de envío a una revista de tan alto nivel y que, aunque mi texto no fuera aprobado, sería una experiencia enriquecedora.

Esta respuesta pareció animarlo, a pesar de su aparente escepticismo. En las últimas tres semanas de nuestra interacción, desarrollamos un proyecto de investigación en un diálogo productivo y armonioso, sobre temas concernientes a la enseñanza de la evolución, la ciencia y la religión, temas educativos contemporáneos, entre otros, construyendo una relación de confianza y admiración. El último día de ese esfuerzo, mientras me despedía de él, Ayala me preguntó cuándo regresaría con mi familia para una estadía más larga en Irvine, sugiriendo la consolidación de una relación académica y amistosa marcada por el respeto mutuo.

4. **DESPLIEGANDO LA CONVIVENCIA: TRANSITANDO CAMINOS DESAFIANTES**

Dos meses después del período enriquecedor en California, celebré la publicación de mi carta en la revista *Science* (Silva, 2017). Con orgullo, compartí este hito con mis colegas, y fue particularmente gratificante comunicarme con Ayala, quien rápidamente brindó comentarios positivos, elogiando la calidad del texto y el logro de la publicación en una revista de gran renombre.

Nuestra fructífera relación se solidificó, con ideas para publicaciones que fluían constantemente. Le enviaba a Ayala mis nuevos artículos, dándome cuenta del impacto en mi producción académica en los años siguientes. A pesar del fracaso de nuestro proyecto conjunto, que presentamos a la Fundación John Templeton, sobre el conflicto innecesario entre la ciencia y la religión en la enseñanza de la evolución biológica, el período desafiante continuó resonando en mi carrera, dando forma a mi visión personal y académica del mundo.

Mi producción sobre la enseñanza de la evolución biológica y las amenazas planteadas por la ciencia de la creación y el diseño inteligente ha crecido, lo que ha dado lugar a publicaciones en revistas de renombre como *Science and Education* (Silva et al., 2020), *Evolution: Education and Outreach* (Silva et al., 2021), y *Scientific American* (Silva, 2023d), así como capítulos de libros en los EE. UU. (Silva, 2019; Silva et al., 2019) y Brasil (Borba et al., 2023; Silva, 2023), incluida la publicación de mi tesis doctoral (Silva, 2022).

Inspirado por Ayala y nuestro diálogo, por las demandas personales y brasileñas (y globales), dirigí mi investigación hacia la desinformación científica (Silva, 2021b), que aborda las noticias científicas falsas (Silva, 2021a), pseudociencias (Silva, 2023a, 2024) y teorías conspirativas (Silva, 2021). La pandemia ha ampliado mis intereses (Silva, 2021c). Exploré la vacilación ante las vacunas (Silva, 2020), la influencia del movimiento antivacunas (Silva, 2023b), los impactos epidemiológicos (Silva, 2022) y los tratamientos ineficaces para la COVID-19 (Silva, 2023; Silva, 2023; Silva, 2022; Silva, 2021a), como la cloroquina para la COVID-19 (Silva, 2022b). También he escrito sobre temas ambientales (Silva, 2023f), como la negación del cambio climático, la deforestación en la Amazonía y el calentamiento global (Silva, 2023a; Silva, 2021h, 2022a).

Como resultado no deseado, me enfrenté a reacciones en Brasil de movimientos políticos y pseudocientíficos en Internet, recibiendo correos electrónicos casi amenazantes. Traté de responderles satisfactoriamente, recor-

dando que Ayala también se había opuesto a los movimientos anticientíficos y había encontrado resistencia. El deseo de discutir estos temas con Ayala se hizo más pronunciado con el tiempo a medida que me di cuenta de la creciente relevancia de los temas que ahora estaba abordando y publicando.

En retrospectiva, me doy cuenta de cómo mi papel como investigador, centrado en temas contemporáneos y emergentes, se vio afectado por el período relativamente breve de interacción con este gran investigador. Las pocas pero importantes interacciones continúan resonando en mi trayectoria académica, guiándome por caminos desafiantes y significativos, inspirándome a persistir en la lucha por la valoración de la ciencia en Brasil y en el mundo.

5. CONCLUSIÓN

El futuro de la investigación científica y la educación se enfrenta a desafíos sin precedentes, con el surgimiento de nuevos campos entrelazados con problemas persistentes de desinformación, noticias científicas falsas y teorías conspirativas. A medida que navego por mi carrera como investigador, el legado de Ayala se vuelve cada vez más relevante. Más allá de sus contribuciones a la comprensión de la evolución, sus obras y enseñanzas nos guían en el reconocimiento del papel crucial de la educación científica.

En un mundo en el que movimientos como el antivacunas cobran impulso y persiste el escepticismo hacia el cambio climático, hay que hacer cada vez más hincapié en la importancia de la educación y la comunicación científicas. Ayala, un hábil comunicador, sirve como un faro para la necesidad imperiosa de informar al público y protegerse contra la desinformación. Su capacidad para cerrar la brecha entre la ciencia y la sociedad sigue siendo crucial, especialmente en la lucha contra las teorías conspirativas que desafían el conocimiento científico establecido.

La influencia de Ayala resuena en su enfoque de la intersección de la ciencia y la religión, un tema que ha defendido apasionadamente a lo largo de su carrera. Este diálogo continuo es esencial para moldear la educación y las actitudes sociales, especialmente en países donde la religiosidad es tan importante, como Brasil y Estados Unidos, por ejemplo. Su compromiso con esta causa proporciona una guía para que los futuros investigadores naveguen por estos complejos problemas y fomenten la comprensión.

La prevalencia actual de las creencias de la Tierra plana (Mohammed, 2019; Weill, 2022), la negación del Holocausto (Lipstadt, 2016) y muchas otras conspiraciones subrayan la urgencia de las enseñanzas y la influencia de Ayala. Su sabiduría y habilidades de comunicación son invaluable para inmunizar a la población contra teorías infundadas. Es esencial que los jóvenes investigadores se sientan alentados e inspirados por su legado, permitiéndole iluminar sus caminos y contribuir a la mejora de sus trayectorias académicas.

A través de mi experiencia personal de interactuar con Ayala, surgió una conexión de lo que parecía un encuentro aparentemente casual, pero que influyó profundamente en mi trayectoria académica y me puso en contacto con iconos de la biología. La oportunidad de relacionarse (aunque sea indirectamente) con una figura como Theodosius Dobzhansky, director de doctorado de Ayala (Ayala, 1976, 1985, 2000; Ayala et al., 1976; Barahona et al., 2005), me abrió las puertas a nuevos horizontes, cultivando la creencia en posibilidades ilimitadas como profesor de biología. Dobzhansky, después de todo, enunció la máxima de que "nada en biología tiene sentido excepto a la luz de la evolución" (Dobzhansky, 1964, 1973), que aprendí en la escuela secundaria y ahora resuena en mis clases de biología y guía parte de mi investigación. Y ahora, en el año 2024, publicaré con inmenso orgullo en una de las mismas revistas en las que este eminente genetista expresó su máxima, *The American Biology Teacher*.

Este encuentro me inspiró a presentar artículos audaces y embarcarme en nuevas empresas de investigación. Para mí, esto representa el legado duradero que dejó Ayala, un legado que se refleja en la influencia que busco impartir a mis estudiantes y aprendices. Si examinamos las referencias de este texto, se puede notar cuánto cambió mi producción académica en términos de cantidad, calidad y alcance, como resultado de mi interacción con Ayala: pude no solo elevar mi posición como investigador, sino también agudizar mi enfoque en la interfaz entre ciencia y sociedad. Reflexionando sobre este viaje transformador, recuerdo que cada avance, cada camino de investigación explorado y cada cambio positivo en mi vida académica se remonta a la conexión fortuita con Francisco José Ayala.

Referencias

- Avise, J. C., Bowen, B. W., y Ayala, F. J. (2016). In the light of evolution X: Comparative phylogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(29), 7957-7961. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604338113>
- Avise, J. C., Hubbell, S. P., y Ayala, F. J. (2008). In the light of evolution II: Biodiversity and extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(suppl._1), 11453-11457. <https://doi.org/10.1073/pnas.0802504105>
- Ayala, F. J. (1968). Biology as an autonomous science. *American Scientist*, 56(3), 207-221.
- Ayala, F. J. (1976). Theodosius Dobzhansky: the man and the scientist. *Annual Review of Genetics*, 10(1), 1-7.
- Ayala, F. J. (1978). The mechanisms of evolution. *Scientific American*, 239(3), 56-69.
- Ayala, F. J. (1985). Theodosius Dobzhansky: January 25, 1900-December 18, 1975. *Biographical Memoirs. National Academy of Sciences (US)*, 55, 163-213.
- Ayala, F. J. (1996). Response: Gene lineages and human evolution. *Science*, 272(5266), 1363-1364.
- Ayala, F. J. (2000). Theodosius Dobzhansky: a man for all seasons. *Resonance*, 5(10), 48-60.
- Ayala, F. J. (2005). The structure of evolutionary theory: On Stephen Jay Gould's monumental masterpiece. *Theology and Science*, 3(1), 97-117.
- Ayala, F. J. (2006). Evolution vs. creationism. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 28(1), 71-82.
- Ayala, F. J. (2007). Darwin's greatest discovery: design without designer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(suppl._1), 8567-8573. <https://doi.org/10.1073/pnas.070107210>
- Ayala, F. J. (2008a). Darwin and intelligent design. *HTS Theological Studies*, 64(1), 668-669.
- Ayala, F. J. (2008b). Science, evolution, and creationism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(1), 3-4. doi: 10.1073/pnas.0711608105
- Ayala, F. J. (2009). Darwin and the scientific method. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(suppl._1), 10033-10039. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901404106>
- Ayala, F. J. (2017). Science and Religion: Conflict or Concert? *The Wiley Blackwell Companion to Religion and Ecology*, 146-162. <https://doi.org/10.1002/9781118465523.ch12>
- Ayala, F. J., y Black, B. (1993). Science and the courts. *American Scientist*, 81(3), 230-239.

- Ayala, F. J., y Campbell, C. A. (1974). Frequency-dependent selection. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 115-138.
- Ayala, F. J., y Escalante, A. A. (1996). The evolution of human populations: a molecular perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 5(1), 188-201.
- Ayala, F. J., y Prout, T. (1976). In memoriam: Theodosius Dobzhansky 1900–1975. *Social Biology*, 23(2), 101-107.
- Ayala, F. J., y Rodríguez, M. Á. C. (2009). *Darwin y el diseño inteligente*. Mensajero.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*. Washington, DC: Joseph Henry Press. doi: 10.17226/11732
- Barahona, A., y Ayala, F. J. (2005). Theodosius Dobzhansky's role in the emergence and institutionalization of genetics in Mexico. *Genetics*, 170(3), 981-987. <https://doi.org/10.1093/genetics/170.3.981>
- Belo, L. L. A., TELES, K. I., y Silva, H. M. (2017). Efeitos da alimentação na evolução humana: uma revisão. *Conexão Ciência*, 12(3), 93-105.
- Black, B., Ayala, F. J., y Saffran-Brinks, C. (1993). Science and the law in the wake of Daubert: A new search for scientific knowledge. *Tex. L. Rev.*, 72, 715.
- Borba, R. C. do N., y Silva, H. M. (2023). El Laicismo En La Educación Y La Enseñanza De Las Ciencias Y La Biología: Cuestiones Inquietantes Ante Retos Ineludibles. In A. Mendonça, D. Sepulveda, & J. A. Sepulveda (Eds.), *Laicismo en la educación: políticas, conceptos y prácticas*. London: Scienca Scripts.
- Dobzhansky, T. (1964). Biology, molecular and organismic. *American Zoologist*, 443-452.
- Dobzhansky, T. (1973). „Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution“. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Lipstadt, D. (2016). *Denying the Holocaust: The Growing Assault on Truth and Memory*. Penguin; UK ed. edition.
- McDonald, J. F., y Ayala, F. J. (1978). Gene regulation in adaptive evolution. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 20(2), 159-175.
- Mohammed, S. N. (2019). Conspiracy Theories and Flat-Earth Videos on YouTube. *The Journal of Social Media in Society*, 8(2), 84-102.
- Pennock, R. T. (2002). Should creationism be taught in the public schools? *Science & Education*, 11, 111-133.
- Prugnolle, F., Durand, P., Neel, C., Ollomo, B., Ayala, F. J., Arnathau, C., Etienne, L., Mpoudi-Ngole, E., Nkoghe, D., y Leroy, E. (2010). African great apes are natural hosts of multiple related malaria species, including *Plasmodium falciparum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(4), 1458-1463. doi: 10.1073/pnas.0914440107
- Silva, H. M. (2016). Interview with Francisco J. Ayala. *Revista Conexão Ciência I*, 11.
- Silva, H. M. (2017). Intelligent design endangers education. *Science*, 357(6354), 880.1-880. doi: 10.1126/science.aao3245

- Silva, H. M. (2019). Rescuing Darwin in Brazil: How a General Population Sample Views the Teaching of Creationism and Biological Evolution. In A. W. Cook, Kristin L.; Oliveira (Ed.), *Evolution Education and the Rise of the Creationist Movement in Brazil* (1st ed., p. 260). Lexington Books.
- Silva, H. M. (2020). The historic success of vaccination and the global challenge posed by inaccurate knowledge in social networks. *Patient Education and Counseling*. doi: 10.1016/j.pec.2020.09.006
- Silva, H. M. (2020b). Ark of Absurdities: Creationism Comes to Brazil. *Skeptic (Altadena, CA)*, 25(2), 26–31.
- Silva, H. M. (2021). The xenophobia virus and the COVID-19 pandemic. *Éthique & Santé*, 18(2), 102-106. doi: 10.1016/j.etiqe.2021.03.002
- Silva, H. M. (2021a). Antibiotics against viruses: Brazilian doctors adrift. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 1-5. doi: 10.1017/ice.2021.434
- Silva, H. M. (2021b). Medicines and Illusions in the fight against COVID-19 in Brazil. *Ethics, Medicine and Public Health*, 16(November 2020), 100622. doi: 10.1016/j.jemep.2020.100622
- Silva, H. M. (2021d). The (in) competence of the Bolsonaro government in confronting Covid-19. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 1-3. doi: 10.1017/ice.2021.431
- Silva, H. M. (2021e). The Brazilian Scientific Denialism Through The American Journal of Medicine. *The American Journal of Medicine*, 2019-2020. doi: 10.1016/j.amjmed.2021.01.003
- Silva, H. M. (2021f). The danger of denialism: lessons from the Brazilian pandemic. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 55. doi: 10.1186/s42269-021-00516-y
- Silva, H. M. (2021h). Wildfires and Brazilian irrationality on social networks. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 21, 11-15. doi: 10.3354/esep00194
- Silva, H. M. (2022). Pope Alexander VII, President Bolsonaro, and pandemics: When humanity goes back. *Ethics, Medicine and Public Health*, 21, 100721. doi: 10.1016/j.jemep.2021.100721
- Silva, H. M. (2022a). Information and misinformation about climate change: lessons from Brazil. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 22, 51-56. <https://doi.org/10.3354/esep00201>
- Silva, H. M. (2023a). Brazilian amazon : environmental and economic tragedy. *Revista Sertão Sustentável*, 5, 90-99.
- Silva, H. M. (2023b). A plausible hypothesis for the higher Covid-19 mortality in Brazil. *African Health Sciences*, 23(4), 48-50.
- Silva, H. M. (2022c). *Professores de Biologia e Ensino de Evolução: uma perspectiva comparativa entre Estado e Igreja na América Latina*. Generis Publishing.

- Silva, H. M. (2023d). Bolsonaro and drugs without scientific evidence: An old relationship. *Atencion Primaria*, 55(5). doi: 10.1016/j.aprim.2023.102618
- Silva, H. M. (2023f). Religion and science must work together on behalf of the environmental movement. *PLURA, Journal for the Study of Religion*, 14(2), 216-222. doi: 10.29327/256659.14.2-12
- Silva, H. M. (2023h). Secularism, biology teachers, and evolution teaching: a comparative analysis of the Brazilian phenomenon. *Journal of Biological Education*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2226684>
- Silva, H. M. (2023i). Will Creationism Continue to Flourish in Brazil ? *Scientific American*.
- Silva, H. M., y Mortimer, E. F. (2019). Brazilian High School Biology Teachers' Perception of Evolution and Its Teaching. *Evolution Education and the Rise of the Creationist Movement in Brazil*, 69.
- Silva, H. M., y Mortimer, E. F. (2020). Teachers' Conceptions about the Origin of Humans in the Context of Three Latin American Countries with Different Forms and Degrees of Secularism. *Science and Education*, 29(3), 691-711. doi: 10.1007/s11191-020-00124-8
- Silva, H. M., Peñaloza, G., Tomasco, I. H., y Carvalho, G. S. (2018). Chimpanzee included in the genus Homo? How biology teachers from three Latin American countries conceive it. *Journal of Biological Education*. doi: 10.1080/00219266.2018.1501408
- Silva, H. M., Peñaloza, G., Tomasco, I. H., y Carvalho, G. S. (2018). Chimpanzee included in the genus Homo? How biology teachers from three Latin American countries conceive it. *Journal of Biological Education*. doi: 10.1080/00219266.2018.1501408
- Silva, H. M. Oliveira, A. W., Belloso, G. V., Díaz, M. A., y Carvalho, G. S. (2021). Biology teachers' conceptions of Humankind Origin across secular and religious countries: an international comparison. *Evolution: Education and Outreach*, 14(1), 1-12. doi: 10.1186/s12052-020-00141-9
- Stebbins, G. L., y Ayala, F. J. (1981). Is a new evolutionary synthesis necessary? *Science*, 213(4511), 967-971.
- Weill, K. (2022). *Off the Edge: Flat Earthers, Conspiracy Culture, and why People Will Believe Anything*. Algonquin Books.

FRANCISCO AYALA AND THE PASSION FOR PARASITIC PROTISTS

Francisco Ayala y la pasión por los parásitos protistas

Julius Lukeš

Institute of Parasitology, Biology Centre, Czech Academy of Sciences, and Faculty of Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice (Budweis), Czech Republic
jula@paru.cas.cz; <https://orcid.org/0000-0002-0578-6618>

Received: April 29, 2024

Accepted: May 27, 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.006>

ABSTRACT: Francisco J. Ayala, a renowned evolutionary biologist, made significant contributions to the study of parasitic protists, particularly in the fields of Chagas disease, leishmaniasis, and trypanosomiasis. His research revealed the multiclonal structure of *Trypanosoma cruzi* populations and the extreme DNA sequence differences among its isolates, which was crucial for understanding the prevention, spread, and natural foci of Chagas disease. Ayala and his collaborator Michel Tibayrenc formulated the Clonal Theory of Parasitic Protozoa, which challenged the prevailing view of sexual recombination in these organisms. Ayala's work on leishmaniasis described the predominantly clonal population structure of *Leishmania* parasites worldwide. Furthermore, his expertise in evolutionary biology helped resolve the taxonomic confusion surrounding *Trypanosoma equiperdum* and *Trypanosoma evansi*, supporting the hypothesis that they are forms of *Trypanosoma brucei*, the causative agent of sleeping sickness in Africa. Ayala's passion for studying parasitic protists stemmed from his desire to help alleviate human suffering caused by these diseases.

KEYWORDS: Parasitic Protists, *Trypanosoma cruzi*, Chagas disease, Leishmaniasis, evolutionary biology.

RESUMEN: Francisco J. Ayala, reputado biólogo evolutivo, realizó importantes contribuciones al estudio de los protistas parásitos, en particular en los campos de la enfermedad de Chagas, la leishmaniasis y la tripanosomiasis. Sus investigaciones revelaron la estructura multiclonal de las poblaciones de *Trypanosoma cruzi* y las diferencias extremas de secuencia de ADN entre sus aislados, lo que fue crucial para comprender la prevención, propagación y focos naturales de la enfermedad de Chagas. Ayala y su colaborador Michel Tibayrenc formularon la Teoría Clonal de los Protozoos Parásitos, que cuestionaba la visión predominante de la recombinación sexual en estos organismos. El trabajo de Ayala sobre la leishmaniasis describió la estructura de población predominantemente clonal de

los parásitos de *Leishmania* en todo el mundo. Además, su experiencia en biología evolutiva ayudó a resolver la confusión taxonómica en torno a *Trypanosoma equiperdum* y *Trypanosoma evansi*, apoyando la hipótesis de que son formas de *Trypanosoma brucei*, el agente causante de la enfermedad del sueño en África. La pasión de Ayala por el estudio de los protistas parásitos surgió de su deseo de contribuir a aliviar el sufrimiento humano causado por estas enfermedades.

PALABRAS CLAVE: Protistas parásitos, *Trypanosoma cruzi*, enfermedad de Chagas, leishmaniasis, biología evolutiva.

Eukaryotes are organisms with cells containing a nucleus and numerous other compartments. They include microscopic organisms, as well as all those visible by naked eye, including insects, sequoia trees and humans. Hence, it may come as a surprise that the bulk of eukaryotic diversity is hidden in so-called unicellular eukaryotes, i.e. protists (previously also termed protozoans). It is of course not morphological diversity, because few micrometers long cells can hardly carry as many distinguishing features as for example plants in a tropical forest, but it is the diversity of their molecular and cellular mechanisms. Indeed, two protistan species belonging to one genus, such as f.e. *Trypanosoma*, may differ from each other in their DNA sequences as much as an elephant differ from a cat. It is the constraint of their size that these stunning differences on the molecular level do not reflect on their morphology. The diversity of protists is the product of their extreme evolutionary age, as some extant protist species exist for more than a billion years.

Based on extensive phylogenetic studies and modest fossil records, we can justifiably speculate that the molecular and cellular features of at least some protist lineages did not alter much during the eons they occupy the Earth. Indeed, some protists, such as marine heterotrophic flagellates, may be surprisingly similar to the LECA, or the last eukaryotic common ancestor, from which all extant eukaryotes are derived. Hence, these tiny unicellular organisms encapsulate in themselves substantial fraction of the evolutionary history of Life on Earth.

While the species richness, as well as morphological and molecular features of these tiny critters may by many be considered just an academic problem, it is worth noting here that the invisible life supports the visible life, which would not survive without the former a minute. This is apparent from the fact that microscopic organisms, mostly those occupying the upper layer of the world ocean, are responsible for the production of up to 50% of all planetary oxygen. These unicells are undoubtedly beneficial for the whole planetary ecosystem, and thus for us humans, yet there are also numerous

protists that opted for a parasitic way of life. They are responsible for a wide range of diseases, and those species that cause some devastating disease of humans logically belong to the best studied protists.

Here is where Prof. Francisco J. Ayala comes in. Whether his interest in these organisms was inspired by Saint-Exupery's Little Prince, who said "What is essential is invisible to the eye" or whether he simply wanted to help alleviating human suffering, we will probably never know, but it does not matter. As a man of many trades in science, Francisco liked to embrace challenges and studying parasitic protists was, especially in his time, a true challenge. As with other challenges in his life, he succeeded and soon became a prominent parasitologist.

Let us briefly acquaint with Francisco's main contributions to the field of parasitology, which spans approximately 40 years. Francisco's first paper on this subject appeared in 1987, when his laboratory was still fully engaged in the studies of genetic variations in *Drosophila*. It was likely an inspiration drawn from his work on this insect model, where he was mapping genetic variations using differential mobility of selected enzymes (Ayala, 1983). An application of this established technique to trypanosomes, namely to *Trypanosoma cruzi*, the causative agents of Chagas disease, enabled novel insight in its heterogeneity. Although he was more aware of the pitfalls and limitations of the molecular clock than most (Ayala, 1986), Francisco and coworkers were able to harness a lot of information from enzymatic mobilities, the results of which were published in a highly influential and widely cited paper on the multiclinal structure of the *T. cruzi* populations (Tibayrenc et al., 1986). Although a virtual newcomer to the field, he quickly cracked one of the hard nuts in the field, by showing that the extreme DNA sequence differences among various isolates represent a characteristic feature of *T. cruzi* and that this must become an important part of our thinking about the prevention, spreading, and natural foci of Chagas disease. While many ailments caused by parasitic protists have within the latest decades been suppressed due to the development of new drugs and epidemiological interventions, regrettably this is not the case of *T. cruzi*. With the estimates predicting ~10 million infected people worldwide, and the deadly parasite effectively spreading outside of Central and South America due to blood transfusion, the search for new measures to fight it is of utter importance.

The work with this trypanosome has lead Francisco and his long-term collaborator Michel Tibayrenc to formulate a Clonal Theory of Parasitic Protozoa (Tibayrenc, Kjellberg & Ayala, 1990), which turned out to be a truly conceptual breakthrough, with important biological and medical consequences.

While this treatise is not a proper ground for its detailed description, it shall suffice to say that the authors for the first time stated that sexual recombination is (exceedingly) rare in natural populations of parasitic protists. While it was ever since strongly supported by some authors and heavily criticized by others, it was repeatedly updated and extended, with a characteristically lucid language of Francisco (Tibayrenc and Ayala, 2012; 2013; Rougeron et al., 2009), as well as defended at numerous scientific meetings.

The particularly sophisticated killer *T. cruzi* was certainly a favorite object of Francisco among parasitic protists, but I and others succeeded to turn his attention to another band of widespread parasites – members of the genus *Leishmania*. In over 60 countries, they are responsible for a range of diseases under the umbrella term leishmaniasis, which range from a small skin ulcer, characteristic for the cutaneous form of the disease, to lethal organ failures, termed visceral leishmaniasis or kala-azar. In 2006 I was member of a consortium of a dozen European laboratories that generated a substantial amount of sequence data from a big collection of *Leishmania* isolates, but we were scratching our heads about how to interpret them. The leader of this Euroleish consortium, Michael Miles, suggested that I contact Francisco in this matter, which I did. After several in-person meetings and extensive communication “over the pond” with Francisco, we have not only described predominantly clonal population structure of these parasites worldwide, but also a hotspot in Sudan, where sexual recombination was way more frequent than elsewhere. Moreover, another important aspect of the study was our proposals as to how leishmaniasis spread around the world, primarily emerging from Central America (Lukeš et al., 2007). As a matter of fact, even 17 years later, most of our predictions still hold.

During the fruitful discussions with Francisco about these and related flagellates, we touched on a conundrum associated with trypanosomes that were found outside of Africa, causing deadly diseases surra and dourine in horses, camels, water buffaloes and occasionally other hosts, such as dogs. They were for over 100 years associated with species named *Trypanosoma equiperdum* and *Trypanosoma evansi*, but we both had a feeling that this is wrong and that these flagellates are just forms of *Trypanosoma brucei*, which causes the infamous sleeping sickness in humans and livestock across Africa. Hence, we have performed some assays to test our hypothesis, which turned out correct (Lai et al., 2008). Furthermore, we have shown that it was the loss of mitochondrial DNA that allowed these pathogens to lose their otherwise essential dependence on the tsetse fly vector, which is confined to Africa, and allowed them to spread to all other continents except Antarctica. This was

a hard sell to other scientists, because it was a unique case when a loss of DNA counterintuitively turned into a significant gain for its bearer (Lun et al., 2010). It was Francisco's eloquence that was able to convince the reviewers that we were correct. And I am pleased to say that eventually our view was not only accepted but further supported by whole-genome data obtained ever since.

My colleagues and I have joined forces with Francisco in several other stories (f.e. characterization of the first eukaryote living totally without heme—Kořený et al., 2012), but here I will describe just one more of our successful collaborations. It concerns an organism that we called *Paratrypanosoma confusum*, as it confused us all for quite some time. It puzzles researchers where does the long list of strange features for which trypanosomes are well known even outside of the field of parasitology come from? Is it because these protists developed a highly complex life cycle, or because they decided to occupy host's blood and thus expose themselves to a direct and permanent immune attack, or is it the product of an extremely long independent evolutionary path? Although we cannot turn the wheel of evolution and look millions of years back, one way of shedding light on this issue is to look for protists that are related to trypanosomes yet are either still free-living or still did not adopt their sophisticated parasitic life style. Did they already evolve (some) peculiar features of trypanosomes? If so, are these features less complex? If found, will these organisms be direct predecessors or just offshoots of the evolutionary tree that have little bearing on the forces that shaped human pathogens? In a typical serendipity of science, we found such a primitive trypanosome in midges sucking blood on birds. And it was again the deep knowledge of evolution that Francisco possessed that was instrumental for the interpretation of our findings (Skalický et al., 2017).

Towards the end of his life, Francisco affiliated himself with the University of South Bohemia, where I work now a few decades. While he gave there a seminar on the transmission of malignant malaria from gorillas to humans, I felt that he decided to leave the next open questions of parasitology to the younger generation and was more concerned about the relationship between science and religion, a subject that will be comprehensively covered by others.

In closing, I can only speculate about what reason or motivation drew Francisco to devote a substantial part of his intellect to the study of parasitic protist, especially those plaguing the tropical and poor countries. Being a towering humanitarian, he probably simply wanted to help millions stricken by malaria, sleeping sickness, Chagas diseases and leishmaniases, and it is

beyond doubt that his research contributed to the fact that the incidence of most of these parasitoses are on decline. As one of the last true renaissance men of science, Francisco could have entered many other fields in biology and would certainly become prominent there, yet he decided to study microscopic parasites and I was fortunate not only to be close by but also enjoy the friendship with him and Hana Ayala.

Note: The literature has been confined only to papers co-authored by Francisco J. Ayala.

References

- Ayala, F. J. (1983). Genetic polymorphism: from electrophoresis to DNA sequences. *Experientia*, 39, 813-823.
- Ayala, F.J. (1986). On the virtues and pitfalls of the molecular evolutionary clock. *J. Hered*, 77, 226-235.
- Kořený, L., Sobotka, R., Kovářová, J., Gnipová, A., Flegontov, P., Horváth, A., Oborník, M., Ayala, F.J. & Lukeš, J. (2012). Aerobic kinetoplastid flagellate *Phytomonas* does not require heme for viability. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109, 3808-3813.
- Lai, D.-H., Hashimi, H., Lun, Z.-R., Ayala, F.J. & Lukeš, J. (2008). Adaptation of *Trypanosoma brucei* to gradual loss of kinetoplast DNA: *T. equiperdum* and *T. evansi* are petite mutants of *T. brucei*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105, 1999-2004.
- Lukeš, J., Mauricio, I.L., Schönian, G., Dujardin, J.-C., Soteriadou, K., Dedet, J.-P., Kuhls, K., Quispe Tintaya, W., Jirků, M., Chocholová, E., Haralambous, C., Pratlong, F., Oborník, M., Horák, A., Ayala, F.J. & Miles, M.A. (2007). Evolutionary and geographical history of the *Leishmania donovani* complex with a revision of current taxonomy. *PNAS USA*, 104, 9375-9380.
- Lun, Z.-R., Lai, D.-H., Li, F.-J., Lukeš, J. & Ayala, F. J. (2010). *Trypanosoma brucei*: two steps to spread out from Africa. *Trends Parasitol*, 26, 434-437.
- Rougeron, V., De Meeus, T, Hide, M., Walecx, E., Bermudez, H., Arevalo, J., Llanos-Cuentas, A., Dujardin, J.-C., De Doncker, S., Le Ray, D., Ayala, F.J. & Banuls, A.-L. (2009). Extreme inbreeding in *Leishmania braziliensis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106, 10224-10229.
- Skalický, T., Dobáková, E., Wheeler, R.J., Tesařová, M., Flegontov, P., Jirsová, D., Votýpka, J., Yurchenko, V., Ayala, F.J. & Lukeš, J. (2017). Extensive flagellar remodeling during the complex life cycle of *Paratrypanosoma*, an early-branching trypanosomatid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 11757-11762.

- Tibayrenc, M., Ward, P., Moya, A. & Ayala, F. J. (1986). Natural populations of *Trypanosoma cruzi*, the agent of Chagas disease, have a complex multiclonal structure. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 83, 115-119.
- Tibayrenc, M., Kjellberg, F. & Ayala, F. J. (1990). A clonal theory of parasitic protozoa: The population structure of *Entamoeba*, *Giardia*, *Leishmania*, *Nagleria*, *Plasmodium*, *Trichomonas*, and *Trypanosoma* and their medical and taxonomical consequences. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 87, 2414-2418.
- Tibayrenc, M. & Ayala, F. J. (2012). Reproductive clonality of pathogens: A perspective on pathogenic viruses, bacteria, fungi, and parasitic protozoa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109, E3305-E3313.

Ciencia y creación

La investigación científica de la naturaleza y la visión cristiana de la realidad

Carlos Miguel Gómez Rincón
Luis Fernando Múnera, SJ
Raúl Meléndez

Este libro recoge una gran variedad de los mejores artículos centrados en el estudio de las relaciones entre la visión cristiana de la realidad, y los presupuestos y métodos de la investigación científica de la naturaleza. Un libro para arrojar más luz sobre una cuestión fundamental para el diálogo entre ciencia y religión hoy.



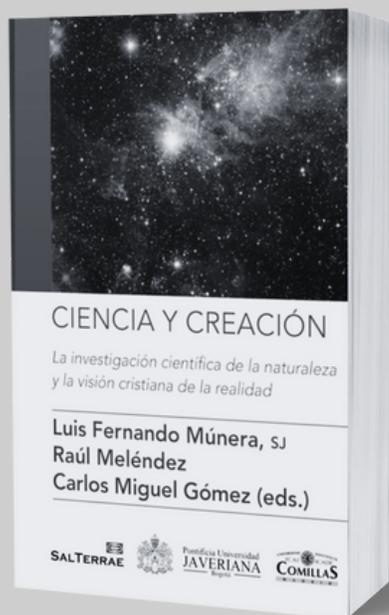
Colección Ciencia y Religión

Número 13

Págs. 376

ISBN: 978-84-293-2738-0

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2018.



SERVICIO DE PUBLICACIONES
edit@comillas.edu
<https://tienda.comillas.edu>
Tel.: 917 343 950

FRANCISCO J. AYALA Y LA PASIÓN POR LOS PARÁSITOS PROTISTAS

Francisco Ayala and the Passion for Parasitic Protists

Julius Lukeš

Institute of Parasitology, Biology Centre, Czech Academy of Sciences, and Faculty of Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice (Budweis), Czech Republic
jula@paru.cas.cz; <https://orcid.org/0000-0002-0578-6618>

Recibido: 29 abril 2024

Aceptado: 27 mayo 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.006>

RESUMEN: Francisco J. Ayala, reputado biólogo evolutivo, realizó importantes contribuciones al estudio de los protistas parásitos, en particular en los campos de la enfermedad de Chagas, la leishmaniasis y la tripanosomiasis. Sus investigaciones revelaron la estructura multiclonal de las poblaciones de *Trypanosoma cruzi* y las diferencias extremas de secuencia de ADN entre sus aislados, lo que fue crucial para comprender la prevención, propagación y focos naturales de la enfermedad de Chagas. Ayala y su colaborador Michel Tibayrenc formularon la Teoría Clonal de los Protozoos Parásitos, que cuestionaba la visión predominante de la recombinación sexual en estos organismos. El trabajo de Ayala sobre la leishmaniasis describió la estructura de población predominantemente clonal de los parásitos de *Leishmania* en todo el mundo. Además, su experiencia en biología evolutiva ayudó a resolver la confusión taxonómica en torno a *Trypanosoma equiperdum* y *Trypanosoma evansi*, apoyando la hipótesis de que son formas de *Trypanosoma brucei*, el agente causante de la enfermedad del sueño en África. La pasión de Ayala por el estudio de los protistas parásitos surgió de su deseo de contribuir a aliviar el sufrimiento humano causado por estas enfermedades.

PALABRAS CLAVE: Protistas parásitos, *Trypanosoma cruzi*, enfermedad de Chagas, leishmaniasis, biología evolutiva.

ABSTRACT: Francisco J. Ayala, a renowned evolutionary biologist, made significant contributions to the study of parasitic protists, particularly in the fields of Chagas disease, leishmaniasis, and trypanosomiasis. His research revealed the multiclonal structure of *Trypanosoma cruzi* populations and the extreme DNA sequence differences among its isolates, which was crucial for understanding the prevention, spread, and natural foci of Chagas disease. Ayala and his collaborator Michel Tibayrenc formulated the Clonal Theory of Parasitic Protozoa, which challenged the prevailing view of sexual recombination in these organisms. Ayala's work on leishmaniasis described the predominantly clonal population

structure of *Leishmania* parasites worldwide. Furthermore, his expertise in evolutionary biology helped resolve the taxonomic confusion surrounding *Trypanosoma equiperdum* and *Trypanosoma evansi*, supporting the hypothesis that they are forms of *Trypanosoma brucei*, the causative agent of sleeping sickness in Africa. Ayala's passion for studying parasitic protists stemmed from his desire to help alleviate human suffering caused by these diseases.

KEYWORDS: Parasitic Protists, *Trypanosoma cruzi*, Chagas disease, Leishmaniasis, evolutionary biology.

Los eucariotas son organismos con células que contienen un núcleo y otros numerosos compartimentos. Incluyen organismos microscópicos, así como todos los visibles a simple vista, incluidos los insectos, las secuoyas y los seres humanos. De ahí que pueda sorprender que la mayor parte de la diversidad eucariota se oculte en los llamados eucariotas unicelulares, es decir, los protistas (antes también denominados protozoos). Por supuesto, no se trata de diversidad morfológica, ya que unas células de pocos micrómetros de longitud difícilmente pueden presentar tantos rasgos distintivos como, por ejemplo, las plantas de un bosque tropical, sino de la diversidad de sus mecanismos moleculares y celulares. De hecho, dos especies de protistas pertenecientes a un mismo género, como por ejemplo *Trypanosoma*, pueden diferir entre sí en sus secuencias de ADN tanto como un elefante difiere de un gato. La limitación de su tamaño hace que estas asombrosas diferencias a nivel molecular no se reflejen en su morfología. La diversidad de los protistas es producto de su extrema edad evolutiva, ya que algunas especies de protistas existen desde hace más de mil millones de años.

Basándonos en amplios estudios filogenéticos y modestos registros fósiles, podemos especular con razón que las características moleculares y celulares de al menos algunos linajes de protistas no se alteraron mucho durante los eones que ocuparon la Tierra. De hecho, algunos protistas, como los flagelados heterótrofos marinos, pueden ser sorprendentemente similares al LECA, o último ancestro común eucariota (*last eukaryotic common ancestor*) del que derivan todos los eucariotas actuales. De ahí que estos diminutos organismos unicelulares encierren en sí mismos una fracción sustancial de la historia evolutiva de la Vida en la Tierra.

Aunque la riqueza de especies, así como las características morfológicas y moleculares de estos diminutos bichos, pueden ser consideradas por muchos un mero problema académico, merece la pena señalar aquí que la vida invisible sustenta la vida visible, que no sobreviviría sin la primera ni un minuto. Esto se desprende del hecho de que los organismos microscópicos, sobre

todo los que ocupan la capa superior del océano mundial, son responsables de la producción de hasta el 50% de todo el oxígeno planetario. Estos organismos unicelulares son sin duda beneficiosos para todo el ecosistema planetario, y por tanto para nosotros los humanos, pero también hay numerosos protistas que optaron por un modo de vida parasitario. Son responsables de un amplio abanico de enfermedades, y aquellas especies que causan alguna enfermedad devastadora de los humanos pertenecen lógicamente a los protistas mejor estudiados.

Aquí es donde entra en juego el profesor Francisco J. Ayala. Si su interés por estos organismos se inspiró en el Principito de Saint-Exupery, que decía “Lo esencial es invisible a los ojos”, o si simplemente quería contribuir a aliviar el sufrimiento humano, probablemente nunca lo sabremos, pero no importa. Como hombre de muchos oficios en la ciencia, a Francisco le gustaba aceptar retos y estudiar los protistas parásitos era, sobre todo en su época, un verdadero desafío. Como con otros retos de su vida, lo consiguió y pronto se convirtió en un destacado parasitólogo.

Conozcamos brevemente las principales contribuciones de Francisco al campo de la parasitología, que abarcan aproximadamente 40 años. El primer artículo de Francisco sobre este tema apareció en 1987, cuando su laboratorio aún se dedicaba plenamente al estudio de las variaciones genéticas en *Drosophila*. Probablemente fue una inspiración extraída de su trabajo en este modelo de insecto, donde cartografiaba las variaciones genéticas utilizando la movilidad diferencial de enzimas seleccionadas (Ayala, 1983). La aplicación de esta técnica establecida a los tripanosomas, en concreto a *Trypanosoma cruzi*, el agente causante de la enfermedad de Chagas, permitió obtener una visión novedosa de su heterogeneidad. Aunque era más consciente de los escollos y limitaciones del reloj molecular que la mayoría (Ayala, 1986), Francisco y sus colaboradores fueron capaces de aprovechar mucha información de las movilidades enzimáticas, cuyos resultados se publicaron en un artículo muy influyente y ampliamente citado sobre la estructura multiclonal de las poblaciones de *T. cruzi* (Tibayrenc et al., 1986). A pesar de ser prácticamente un recién llegado al campo, no tardó en responder una de las cuestiones más duras del sector, al demostrar que las diferencias extremas de secuencia de ADN entre diversos individuos aislados representan un rasgo característico de *T. cruzi* y que esto debe convertirse en una parte importante de nuestra forma de pensar sobre la prevención, la propagación y los focos naturales de la enfermedad de Chagas. Mientras que muchas enfermedades causadas por protistas parasitarios han sido suprimidas en las últimas décadas gracias al desarrollo de nuevos fármacos e intervenciones epidemiológicas, lamenta-

blemente éste no es el caso de *T. cruzi*. Dado que se calcula que hay unos 10 millones de personas infectadas en todo el mundo y que el parásito mortal se está extendiendo fuera de América Central y del Sur debido a las transfusiones de sangre, la búsqueda de nuevas medidas para combatirlo es de suma importancia.

El trabajo con este tripanosoma ha llevado a Francisco y a su colaborador de muchos años Michel Tibayrenc a formular una Teoría clonal de los protozoos parásitos (Tibayrenc, Kjellberg y Ayala, 1990), que resultó ser un verdadero avance conceptual, con importantes consecuencias biológicas y médicas. Aunque este artículo no es el lugar adecuado para su descripción detallada, baste decir que los autores afirmaron por primera vez que la recombinación sexual es (extremadamente) rara en las poblaciones naturales de protistas parásitos. Aunque desde entonces fue fuertemente apoyado por algunos autores y duramente criticado por otros, fue repetidamente actualizado y ampliado, con el lenguaje característicamente lúcido de Francisco (Tibayrenc y Ayala, 2012; 2013; Rougeron et al., 2009), así como defendido en numerosas reuniones científicas.

El particularmente sofisticado asesino *T. cruzi* era sin duda el objeto favorito de Francisco entre los protistas parásitos, pero yo y otros conseguimos dirigir su atención hacia otra banda de parásitos muy extendidos: los miembros del género *Leishmania*. En más de 60 países, son responsables de una serie de enfermedades englobadas bajo el término general de leishmaniasis, que van desde una pequeña úlcera cutánea, característica de la forma cutánea de la enfermedad, hasta fallos orgánicos letales, denominados leishmaniasis visceral o kala-azar. En 2006 formé parte de un consorcio de una docena de laboratorios europeos que generó una cantidad sustancial de datos de secuencias a partir de una gran colección de individuos aislados de *Leishmania*, pero nos rascábamos la cabeza sobre cómo interpretarlos. El líder de este consorcio Euroleish, Michael Miles, me sugirió que me pusiera en contacto con Francisco para tratar este asunto, y así lo hice. Tras varias reuniones en persona y una amplia comunicación "a través del charco" con Francisco, no sólo hemos descrito la estructura de población predominantemente clonal de estos parásitos en todo el mundo, sino también un punto caliente en Sudán, donde la recombinación sexual era mucho más frecuente que en otros lugares. Además, otro aspecto importante del estudio fueron nuestras propuestas sobre cómo se propagaron las leishmaniasis por todo el mundo, emergiendo principalmente de Centroamérica (Lukeš et al., 2007). De hecho, incluso 17 años después, la mayoría de nuestras predicciones siguen siendo válidas.

Durante las fructíferas conversaciones con Francisco sobre estos flagelados y otros afines, abordamos un enigma asociado a los tripanosomas que se encontraban fuera de África, causantes de las enfermedades mortales surra y durina en caballos, camellos, búfalos de agua y, ocasionalmente, otros huéspedes, como los perros. Durante más de 100 años se asociaron a las especies denominadas *Trypanosoma equiperdum* y *Trypanosoma evansi*, pero ambos tuvimos la sensación de que esto es erróneo y que estos flagelados no son más que formas de *Trypanosoma brucei*, causante de la tristemente célebre enfermedad del sueño en humanos y ganado de toda África. De ahí que hayamos realizado algunos ensayos para probar nuestra hipótesis, que resultó ser correcta (Lai et al., 2008). Además, hemos demostrado que fue la pérdida de ADN mitocondrial lo que permitió a estos patógenos perder su dependencia, por lo demás esencial, del vector de la mosca *tse-tsé*, que se limita a África, y les permitió propagarse a todos los demás continentes excepto la Antártida. Fue difícil convencer a otros científicos, porque se trataba de un caso único en el que una pérdida de ADN se convertía, de forma contraintuitiva, en una importante ganancia para su portador (Lun et al., 2010). Fue la elocuencia de Francisco la que logró convencer a los revisores de que estábamos en lo cierto. Y me complace decir que, finalmente, nuestra opinión no solo fue aceptada, sino respaldada por los datos del genoma completo obtenidos entretanto.

Mis colegas y yo hemos unido fuerzas con Francisco en varias otras historias (por ejemplo, la caracterización del primer eucariota que vive totalmente sin sangre: Kořený et al., 2012), pero aquí describiré solo una más de nuestras exitosas colaboraciones. Se trata de un organismo al que llamamos *Paratrypanosoma confusum*, ya que nos confundió a todos durante bastante tiempo. Los investigadores se preguntan de dónde procede la larga lista de extrañas características por las que los tripanosomas son bien conocidos, incluso fuera del campo de la parasitología. ¿Se debe a que estos protistas desarrollaron un ciclo vital muy complejo, o a que decidieron ocupar la sangre del huésped y exponerse así a un ataque inmunitario directo y permanente, o es el producto de un larguísimo camino evolutivo independiente? Aunque no podemos girar la rueda de la evolución y mirar millones de años atrás, una forma de arrojar luz sobre esta cuestión es buscar protistas emparentados con los tripanosomas que, sin embargo, sigan viviendo en libertad o aún no hayan adoptado su sofisticado estilo de vida parasitario. ¿Evolucionaron ya (algunas) características peculiares de los tripanosomas? En caso afirmativo, ¿son estas características menos complejas? Si se encuentran, ¿serán estos organismos predecesores directos o sólo vástagos del árbol evolutivo que poco tienen que ver con las fuerzas que dieron forma a los patógenos huma-

nos? En una típica serendipia de la ciencia, encontramos un tripanosoma tan primitivo en los mosquitos que chupan la sangre de las aves. Y fue de nuevo el profundo conocimiento de la evolución que poseía Francisco lo que resultó decisivo para la interpretación de nuestros hallazgos (Skalický et al., 2017).

Hacia el final de su vida, Francisco se afilió a la Universidad de Bohemia del Sur, donde trabajo desde hace ya algunas décadas. Aunque impartió allí un seminario sobre la transmisión del paludismo maligno de los gorilas a los humanos, me dio la impresión de que decidió dejar las próximas cuestiones abiertas de la parasitología a la generación más joven y se preocupó más por la relación entre ciencia y religión, tema que tratarán ampliamente otros.

Para terminar, sólo puedo especular sobre qué razón o motivación llevó a Francisco a dedicar una parte sustancial de su intelecto al estudio de los protistas parásitos, especialmente los que asolan los países tropicales y pobres. Como gran humanista que era, probablemente sólo quería ayudar a millones de personas afectadas por el paludismo, la enfermedad del sueño, la enfermedad de Chagas y la leishmaniosis, y no cabe duda de que sus investigaciones contribuyeron a que la incidencia de la mayoría de estas parasitosis esté disminuyendo. Como uno de los últimos verdaderos hombres renacentistas de la ciencia, Francisco podría haber incursionado en muchos otros campos de la biología y seguramente destacaría en ellos, sin embargo, decidió estudiar los parásitos microscópicos y yo tuve la suerte no sólo de estar cerca sino también de disfrutar de la amistad con él y con Hana Ayala.

Nota: La bibliografía se ha limitado únicamente a los trabajos de los que es coautor Francisco J. Ayala.

Referencias

- Ayala, F. J. (1983). Genetic polymorphism: from electrophoresis to DNA sequences. *Experientia*, 39, 813-823.
- Ayala, F. J. (1986). On the virtues and pitfalls of the molecular evolutionary clock. *J. Hered*, 77, 226-235.
- Kořený, L., Sobotka, R., Kovářová, J., Gnipová, A., Flegontov, P., Horváth, A., Oborník, M., Ayala, F.J. y Lukeš, J. (2012). Aerobic kinetoplastid flagellate *Phytomonas* does not require heme for viability. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109, 3808-3813.
- Lai, D.-H., Hashimi, H., Lun, Z.-R., Ayala, F.J. y Lukeš, J. (2008). Adaptation of *Trypanosoma brucei* to gradual loss of kinetoplast DNA: *T. equiperdum* and *T.*

- evansi* are petite mutants of *T. brucei*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105, 1999-2004.
- Lukeš, J., Mauricio, I.L., Schönián, G., Dujardin, J.-C., Soteriadou, K., Dedet, J.-P., Kuhls, K., Quispe Tintaya, W., Jirků, M., Chocholová, E., Haralambous, C., Pratlong, F., Oborník, M., Horák, A., Ayala, F.J. y Miles, M.A. (2007). Evolutionary and geographical history of the *Leishmania donovani* complex with a revision of current taxonomy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 9375-9380.
 - Lun, Z.-R., Lai, D.-H., Li, F.-J., Lukeš, J. y Ayala, F.J. (2010). *Trypanosoma brucei*: two steps to spread out from Africa. *Trends Parasitol*, 26, 434-437.
 - Rougeron, V., De Meeus, T, Hide, M., Waleckx, E., Bermudez, H., Arevalo, J., Llanos-Cuentas, A., Dujardin, J.-C., De Doncker, S., Le Ray, D., Ayala, F.J. y Banuls, A.-L. (2009). Extreme inbreeding in *Leishmania braziliensis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106, 10224-10229.
 - Skalický, T., Dobáková, E., Wheeler, R.J., Tesařová, M., Flegontov, P., Jirsová, D., Votýpka, J., Yurchenko, V., Ayala, F.J. y Lukeš, J. (2017). Extensive flagellar remodeling during the complex life cycle of *Paratrypanosoma*, an early-branching trypanosomatid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 11757-11762.
 - Tibayrenc, M., Ward, P., Moya, A. y Ayala, F. J. (1986). Natural populations of *Trypanosoma cruzi*, the agent of Chagas disease, have a complex multiclonal structure. *PNAS USA*, 83, 115-119.
 - Tibayrenc, M., Kjellberg, F. y Ayala, F. J. (1990). A clonal theory of parasitic protozoa: The population structure of *Entamoeba*, *Giardia*, *Leishmania*, *Naegleria*, *Plasmodium*, *Trichomonas*, and *Trypanosoma* and their medical and taxonomical consequences. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 87, 2414-2418.
 - Tibayrenc, M. y Ayala, F. J. (2012). Reproductive clonality of pathogens: A perspective on pathogenic viruses, bacteria, fungi, and parasitic protozoa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109, E3305-E3313.

Ciencia y Fe

Una nueva introducción

John F. Haught

John Haught, una de las voces más respetadas en el diálogo entre ciencia y fe, nos ofrece aquí una singular introducción a esta temática al hilo de doce preguntas. Los asuntos que aborda van desde el problema de los orígenes (el universo, la vida, la inteligencia) hasta la viabilidad de la moral sin Dios, la vida después de la muerte o las consecuencias teológicas del eventual descubrimiento de vida extraterrestre. Y en el fondo de todo, dando unidad al libro, un interrogante fundamental: ¿es compatible la ciencia con la fe? ¿Acaso no excluye la ciencia la existencia del Dios personal que anuncian el judaísmo, el cristianismo y el islam? Este libro busca provocar al lector para que piense por sí mismo, a no dejarse llevar por los tópicos, es una invitación a participar con criterio propio en una de las conversaciones intelectuales más fascinantes y también más importantes de nuestro tiempo.



CIENCIA Y FE

Una nueva introducción

John F. Haught

SALTERRAE

COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



Colección Ciencia y Religión

Número 15

Págs. 216

ISBN: 978-84-8468-766-5

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2018.



SERVICIO DE PUBLICACIONES
edit@comillas.edu
<https://tienda.comillas.edu>
Tel.: 917 343 950

FRANCISCO J. AYALA: TESTING HIS IDEAS ON BIOLOGICAL PROGRESS

Francisco J. Ayala: Investigando sus ideas sobre el progreso biológico

Andrés Moya

Professor of Genetics, University of Valencia

andres.moya@uv.es; <https://orcid.org/0000-0002-2867-1119>

Amparo Latorre

Professor of Genetics, University of Valencia

amparo.latorre@uv.es; <https://orcid.org/0000-0002-9146-7284>

Received: March 10, 2024

Accepted: June 4, 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.007>

ABSTRACT: Francisco J. Ayala was one of the great scholars of progress in biological evolution. For Ayala, progress consists of a net directional change in some characteristic that improves the descendants in a given lineage relative to the ancestors. This is an axiological proposal, but not at all unscientific. The traits are objective properties that can be measured in individuals, populations, or species and, ultimately, the entire evolutionary tree. Here, we develop Ayala's ideas about progress and propose that the trait where the trend can be contrasted is probably the complexity of genomes. We also consider the need to apply statistical tests to determine whether trends, if they exist, are passive products of evolution from the simplest to the most complex or whether, on the contrary, there is directionality or a process driven, among other things, by natural selection.

KEYWORDS: progress, biological complexity, genome complexity, evolutionary trend, complexity metrics, symbiosis, regressive evolution.

RESUMEN: Francisco J. Ayala ha sido uno de los grandes estudiosos del progreso en la evolución biológica. Para Ayala el progreso consiste en un cambio direccional neto en alguna característica que mejora, en un linaje dado, a los descendientes con respecto a los ancestros. Se trata de una propuesta axiológica, pero en modo alguno no científica, porque esas características son propiedades objetivas que podrían medirse en los individuos, las poblaciones o las especies y, en última instancia, en todo el árbol de la evolución. Aquí desarrollamos las ideas de Ayala en torno al progreso y proponemos que esa característica donde se puede contrastar la tendencia es la complejidad de los genomas. También

consideramos la necesidad de aplicar pruebas estadísticas para determinar si, en efecto, las tendencias, de existir, son productos pasivos de la evolución desde lo más simple a lo más complejo o, por el contrario, existe direccionalidad o proceso dirigido, entre otros, por la selección natural

PALABRAS CLAVE: progreso, complejidad biológica, complejidad del genoma, tendencia evolutiva, métricas de complejidad, simbiosis, evolución regresiva.

1. **EVOLUTIONARY PROGRESS: A LONG DEBATE**

A persistent display of biodiversity characterizes life on planet Earth. If we examine the geological record of species that have appeared, we usually find an increase in species over time. This statement does not contradict the finding of major extinctions that have occurred at certain times. It is also true and often debated that if we consider the record not in terms of the number of species but in terms of large taxonomic groups, the phyla, it seems that there was a particular moment in the Cambrian when a large number of them appeared and that after that there were virtually no new ones. In any case, life has a tenacious persistence to proliferate and differentiate into species. After some large taxonomic groups are extinct, life evolves from the surviving species.

The basic idea explaining this process of life diversification is Darwin's theory of evolution by natural selection. The theory is based on the filiation between species so that some are the product of others from which they descend, thus configuring the Tree of Life. This is the other outstanding contribution of the theory (Sober, 2009).

One question remains unclear when considering the evolution of life on Earth over four billion years to give a round number. It is the question of the complexity of living beings. Prokaryotes have evolved since the origin of life, for more than three and a half billion years, until the appearance of unicellular eukaryotes, then multicellular eukaryotes, and within these, taxa with progressively more sophisticated cellular organizations. This is not to say that prokaryotes have not evolved; quite the contrary. If we were to characterize the planet's biodiversity today, the most diverse and abundant organisms would be bacteria and archaea. We leave aside the case of viruses because they are not autonomous agents since they depend on both prokaryotic and eukaryotic hosts. However, if we were to include them, we would also have to point out that their diversity is an order of magnitude greater than that of bacteria. In any case, and speaking of complexity, eukaryotes are also com-

plex organisms. However, they represent a much smaller number of species, biodiversity, and biomass than their prokaryotic relatives, including viruses.

Some well-known authors of evolutionism, starting with Darwin himself, admit that there is progress in evolution. This is the case of Julian Huxley, Richard Dawkins, Simon Conway Morris, and Francisco Ayala. Others like John B.S. Haldane or Stephen J. Gould are notorious deniers. This difference in thought is surprising, to say the least, since they are all evolutionists. Thus, giving different weight to natural selection as the driving force of the evolutionary process, they enter the debate on evolution's existence or lack of progress. A weighty question underlying the debate is whether this progress, if it exists, entails a certain inevitability in the appearance of more complex entities. Well-known is Gould's (1996) argument that if the tape of life on Earth were replayed, it would not resemble what has happened on our planet. Gould does not deny that complexity seems inevitable and passive from something simpler. But he doubly denies that this complexity could be the product of natural selection (which would be a guiding or driving force) and that such complexity could be repeatable because of evolutionary novelty's contingency or random nature. However, the answer is not as simple as it may seem, and frankly, it remains a profound question with many implications in fields beyond biological evolution itself (Moya, 2015, 2017).

2. AYALA AND BIOLOGICAL PROGRESS

In a famous text, which can be considered one of the first texts to develop the new specialized branch of the philosophy of science, the philosophy of biology, whose editors were Ayala and Dobzhansky (1974), Ayala wrote a chapter on the subject of progress in evolution (Ayala, 1974). With the rigor that has always characterized him and the broad intellectual training he has enjoyed, he first considers the concept of progress in biological evolution. He believes the term implies an axiological consideration: progress implies a tendency in which older biological entities are worse than newer ones that have evolved. Better or worse, however, is not equivalent to good or bad, which would imply more moral terms. One can be better or worse at something without this implying goodness or badness. This consideration of Ayala's is important because he does not deny that there are values in the question of progress—hence axiology—but we cannot think these values are exclusively those proper to morality. In this study, Ayala deals with other related ques-

tions about whether this tendency can be sustained and whether there can be cases of non-progressive evolution.

The issues that Ayala addressed in his 1974 study are developed again and in greater detail in a paper he published in 1982 in the Spanish journal *Arbor* (Ayala, 1982). We will develop this last study here because Ayala includes considerations on the new science of genomics, which was in its beginnings. Thus, this text can be considered quite seminal regarding Ayala's progress, which he treated with a certain systematicity in subsequent studies (Ayala, 1988, 2017).

Comparison with other concepts

Ayala points out that "progress" has similarities with "change," "evolution," or "direction or trend," but they are not identical. A "change" implies a change, but although progress implies change, not all biological changes are progressive. The same is true of the term "evolution," for evolutionary changes are not necessarily progressive but imply prolonged change. In addition, his third comparison is with "direction or trend. Evolutionary trends are directional changes, but for that trend to be progressive, there must be an improvement of something—important, not an improvement "toward something," but we repeat, of something. Therefore, progress implies directional change, but directional change does not necessarily imply progress.

Definition of progress

For Ayala, "progress" is the systematic change of a characteristic present in all components (taxa) of an evolutionary sequence, such that the most recent taxa show an improvement over the preceding taxa. Very synthetically, progress would be a directional change for the better of a given trait. However, as noted above, "for the better" does not necessarily imply goodness or badness. So, what kind of traits are we talking about? Ayala mentions three possible qualities. Better could be "more efficient," "more abundant," or "more complex. Considering an evolutionary sequence of biological entities over time, we can point out that these three characteristics would indicate progress if they increased over time. Another question is the possibility of measuring them, mainly when the sequences correspond to geological

times, millions of years. Let us look briefly at what we can expect from these three metrics of evolutionary progress.

Three measures of progress

Efficiency equals greater biological fitness, but whose? In terms of changes in the genetic structure of populations, individuals with greater biological efficiency populate them with their offspring over time than individuals with lower biological efficiency. However, by the nature of natural selection, this population trend depends on the environment, with those who produce relatively more offspring being more efficient. Nevertheless, environmental conditions can vary, which is quite possible when talking about long time intervals, not just a few generations but millions of years. Here, we have to consider whether the continuous action of natural selection, always favoring some individuals over others, systematically increases the average efficiency of populations. Note that we are not talking about one individual being universally more efficient than another. Depending on environmental factors, individuals can change their efficiencies, and whoever was more efficient at one time may no longer be so for any other.

On the other hand, although we can consider this characteristic conceptually important, it is difficult to determine the metric empirically since comparing the increase in efficiency between taxa in the series that are far apart in time is difficult. However, it is worth keeping this in mind because it has often been criticized that selection cannot be behind a sustained evolutionary trend. After all, the environmental conditions under which the taxa in the series evolve will change. Let us look at it from the perspective not of specific individuals and their descendants but of populations. The issue takes on a different dimension, with natural selection as an explanatory mechanism for the directional trend and improvement of populations and species over time. Darwin and Julian Huxley saw natural selection as an engine for the progress of species, for their improvement, and ultimately for more recently derived species to be more efficient than their phylogenetic ancestors.

Abundance may be a second metric. This metric presents a similar difficulty to biological efficiency over significant time scales. But for Ayala, returning to the conceptual realm, abundance, in this case, the number of species or individuals of each species, could be another metric of biological progress. The greater the number of species, the greater the possibility of creating new environments for new species to explore. If we could measure (actually

count) the number of individuals of species over time, or the number of species, or even more generally measure the mass of all living things (biomass), abundance, so understood, could be an indicator of progress if it could be shown to increase over time.

The third metric to which Ayala refers is that of complexity. It is a metric with many edges, beginning with its definition and eventual measurement. Nevertheless, and as we indicated in the introduction, there is a certain conviction in the evolutionist community that complexity grows with evolution, regardless of whether what might be driving it is natural selection or, to go to the other extreme, whether it is something inevitable because what can be expected in the evolution of life, which began with few complex entities, is that their descendants will become more complex.

In this environment on the metric of complexity, Ayala takes a step forward and considers that a possible criterion of progress could be that of the increase in the amount of genetic information of organisms and that those living today present, on average, a more significant amount of genetic information than that of the ancestors from which they come. However, he acknowledges (the paper is from 1982) that an enormous difficulty with this metric is that there is no way to measure the amount of genetic information in the DNA of organisms. Moreover, Ayala believes that the amount of information is not necessarily the amount of DNA but that the “complexity” of an organism could be approximated in this way. He does what any scientist would do: try to find a way to approximate complexity by measuring it with the techniques available at the time.

3. COMPLEXITY

As we have noted, the question of complexity in biological evolution is recurring. Adami (2002) has already stated that “whether or not complexity increases in evolution is one of the central questions of evolutionary biology.” We can agree with him, but defining complexity is complex and challenging because we can have many approaches to the concept. Complexity refers to the structure or function of organisms or species or the information involved in their construction, development, or functioning. Without claiming to be exhaustive, we can speak of four significant types of complexity: structural, functional, hierarchical, or physical.

Structural complexity could be considered regarding the number of structural types that comprise individuals. The underlying idea is that of “parts.” In a simple notion of complexity, the organism with more parts is more complex. But, of course, “part” is a somewhat ambiguous term. Parts could be many types of cells, tissues, organs, etc. More complex would be those species whose individuals have more of these types of parts. Something similar could be said of functional complexity. How many functions can an organism perform? This is a rather tricky question to answer. However, conceptually, if it could be counted, we would say that the organism that can perform more functions is more complex. In the same way, we could consider complexity based on hierarchization. For example, to put it simply, considering that organisms have cells that are organized into tissues, tissues into organs, and organs into apparatuses, the degree of control of the higher levels of the hierarchy of function over the lower ones and some of the lower ones over the higher ones, all of this configures a degree of complexity such that those species with higher levels of such hierarchization would be more complex than others with lower levels of the same.

As soon as we think about these three possible complexity metrics, we can appreciate the enormous difficulty in finding a universal measure of complexity based on structural, functional, or hierarchical considerations when considering the taxa of the Tree of Life. Then, of course, the possible detection of evolutionary trends and the values of the metrics are higher in more recent taxa. An excellent fundamental study on this issue of complexity based on the number of parts and their differentiation was developed by McShea and Brandon (2010), where the authors argue that it is a universal natural tendency in evolution to observe a process towards greater biodiversity and complexity.

4. PHYSICAL COMPLEXITY

A fourth measure of complexity is physical complexity (Adami, 2002). It is nothing more than an evaluation of the amount of information in a population of genomes. Adami’s proposal is a measure that calculates the amount of information based on Shannon’s classical definition. Those nucleotide sites in the genomes occupied by the same type of nucleotide most likely show the effect natural selection has had on the individual carrying that nucleotide in that position. A mutational change to a different nucleotide would typically be selected against, and that organism would have less biological fitness.

There could also be, though less likely, a new mutation that would imply greater efficacy in the individual carrier. The tendency would then be for that new nucleotide at that site to spread to the offspring population over time.

On the other hand, we would have sites with a more or less equiprobable frequency of nucleotides in the genome population. The situation can be interpreted to mean that these sites are not so discriminated by natural selection, and the tendency would be, as indicated, for these sites to be much more variable or polymorphic than the sites under selection. The information measure would be the sum of the information detected for each site in the genome population.

There have been similar proposals for measuring information in genomes at the population level. There is a precedent before Ayala (1982) in Kimura (1962), the father of the neutral theory of molecular evolution, who also used measures based on Shannon information applied to population genetics. This measure of the information in genomes is commonly called a measure of physical complexity. The availability of the nucleotide sequence of genomes has opened the field to determining complexity based on genomes. This was impossible in Kimura's time, Ayala's 1982 paper, or Adami's early work a few years later. Genomics emerged as a major science of biology after the work of these and a few other authors. It is essential to note this circumstance because, compared to the other metrics we have discussed, physical complexity has the tremendous empirical advantage of being measurable and comparable. Organisms have their genomes, and genomes in populations and species can be determined.

A good complexity metric should meet three requirements: precise definition, empirical measurement, and universality. The definition is a problematic issue, as we have already seen that it leads to possible types, but having conceptually understandable definitions is important for advancing the study of complexity. The types of complexity outlined here, including physical complexity, are possible definitions. The following property is a possible empirical measure. This property is highly desirable for advancing the demonstration of complexity evolution and progress trends. Despite their conceptual clarity, some types of complexity mentioned above have many measurement problems. How do we determine the number of parts or functions of an organism? We are not suggesting that this cannot be approximated, but it is challenging. Finally, we have universality. This property is relevant for comparative purposes: the complexity metric must be feasible or exist in any organism on the Tree of Life. The genome, and any metric we propose for it, has all three properties.

It is possible to criticize the genome complexity metric(s) as reductionist because they ignore many potential sources of complexity that are largely ignored by the other complexity metrics under consideration. In this light, one could accept that any complexity in genomes would be a poor indication of the true complexity of the organism or species. This criticism cannot be ignored, but we can also think of the genome as a historical record of the evolution of organisms. The events a particular lineage went through to become the species it is today are somehow recorded in its genome. It is true, one might think, that other things are not recorded, and here we would debate whether any metric of complexity in the genome is a good indicator of the overall complexity of the organism.

5. COMPLEXITY METRICS IN INDIVIDUAL ORGANISMS

Returning to the seminal work of Ayala (1982), it should be noted that he proposes an idea for the metric of genome complexity that we believe is superior to that of Adami (2002). As we have commented, this author proposes a population measure of genome complexity. A population is needed to obtain the value of the metric. This makes comparative studies difficult, especially when phylogenetically distant species are considered. Let us say that this approach has a specific problem of empirical measurement. However, Ayala proposes a measure, which he cannot specify at this time due to the nascent state of genomics, that directly considers the individual organism. A measure of the population could be given by resorting to the mean values or some other statistic of the metrics of the organisms that make up the population.

As a result, many physical complexity metrics are already measured directly on the genomes of individual organisms. This is not the place to develop them in detail (the interested reader can consult Moya et al., 2020; de la Fuente et al., 2023). There are metrics based on the possible compression of genomes, the analysis of the distribution of k-mers (nucleotide segments of a given length), compositional segmentation, or the study of the periodicity of genomes, to name a few. Most of these metrics try to derive a measure of information by comparing an actual genome with a random genome of the same length and are closely related to how much entropy exists in genomes and how much anti-entropy and from the relationship between the two derive a measure of information indicative of their complexity.

6. EVOLUTIONARY TRENDS IN PHYSICAL COMPLEXITY

Armed with some of these metrics, we can now evaluate possible trends in the evolution of complexity and consider whether there is evidence of progress, as Ayala defined it. It is a research program, but the seminal idea is to see if we have evidence that physical complexity is more remarkable in different lineages when more recent organisms within them show greater complexity than older ones. It is also worth considering formulating the confirmation of the eventual trend for the entire Tree of Life. In this regard, Ayala introduces two other very pertinent terms: what he calls “uniform progress” and “net progress.” In the former, one would observe a systematic increase in the metric, while in the latter, one would not necessarily observe a systematic increase; however, when examined as a whole, one would observe that older members of the lineage would have lower values than more recent members and that the overall result would be an increase. Ayala is aware that observing downward variations in a metric, or even no variation for a given period, is common in biological evolution. But this would not contradict the notion of net progress.

It is also fully aware of what we might call regressive evolution, uniform or net trends, but of the loss of complexity and progress. We have been working on the case of evolutionary regression of bacteria living in endosymbiosis with their eukaryotic hosts. Endosymbiosis is the intracellular life of bacteria inside other organisms. We observe that these bacteria reduce and degrade their genomes, losing autonomy and independence as autonomous entities that are free-living bacteria from which they evolved (Latorre and Manzano-Marín, 2017). Endosymbiosis is a particular form of regressive evolution, but to a certain extent, because the fact is that the eukaryotic host evolves with these bacteria and forms a new entity, in principle, more complex than if we consider the host without this type of microorganisms. The important role of symbiosis in the origin of the eukaryotic cell itself is well known (Margulis, 1981).

We are just beginning to see evidence for the evolution of physical complexity in different lineages of evolution. In a recent study, we examined the increase in genomic complexity of cyanobacteria, a group of very ancient bacteria that has given rise to increasingly complex lineages in terms of the complexity we have measured (Moya et al., 2020). In this study, we applied some of the metrics mentioned above. We found, in the case of some of them, and with sufficient statistical consistency, that more recent taxa had a higher value of these metrics than older ones. It is interesting to note that by

applying phylogenetic inference methods, we may be able to estimate what the value of the complexity metrics of the ancestors whose genome is not available might be now.

We mentioned the issue of statistical consistency of trends. This is a very important issue. Ayala formulates his definitions of net or uniform progress and does not explicitly mention the need for statistical testing of trends. However, there are well-developed procedures for obtaining meaningful statistical evidence of trend values, especially in paleontology. In this regard, Gould (1966) extensively analyzes this issue of statistical testing to return to the charge about any trend in evolution, especially that which might exist for the entire Tree of Life.

For Gould, evolution from the simplest to the most complex is a passive product of evolution, which is to be expected given that there is a wall to the left of evolution imposed by the most elementary forms of life, the first microorganisms. From there, we can only expect evolution to grow in complexity without direction. Passive is an important word, indicating the opposite of "driven directionality." But, who could direct an evolutionary trend toward greater complexity? Gould himself, following other authors (most notably McShea) who had worked on evolutionary trends in macroevolution, formulated a series of tests of a statistical nature to examine whether the trends could be a possible undirected inertial product of life itself once it appeared on the planet, or whether, on the contrary, we had tangible evidence that the trends were directed, by natural selection. In our work (Moya et al., 2020), we take the above statistical tests very much into account to confirm whether or not there is evidence of a directed trend in the evolution of genomic (physical) complexity in cyanobacteria, and we find, as already indicated, that some of the metrics show it.

As Ayala noted, we cannot believe that the trends—in our case, toward increasing physical complexity—are not a universal constant, neither uniform nor net. There are many evolutionary trends; we have already mentioned endosymbiosis, which can be considered a regressive trend, as well as the evolution of parasitism, a widespread phenomenon in biological evolution. However, the critical question remains: is it possible to think of general evolution as a process of net incremental progress in physical complexity? In the case of Gould, an ardent critic of this issue, we do not believe he has resolved the question. Curiously, he notes that if life today is characterized by anything, it is by the extraordinary diversity of microbial life, such as the number of species, individuals, or biomass represented by the eukaryotic life of multicellular organisms. In this sense, Gould argues, we should say that life has

not evolved toward greater complexity since the primitive prokaryotes that first appeared are the ones that have persisted, evolved, and diversified the most. Nevertheless, this argument is not enough. The question is whether the biological entities that have appeared in evolution are progressively more complex. Our approach asks whether the most recent entities exhibit greater physical complexity in any metrics we consider measuring.

7. IN CONCLUSION

The question of progress, reconsidered here from the perspective of the evolution of complexity, particularly the physical complexity of genomes by any metric that measures such complexity, remains open. Indeed, the question remains a significant challenge in the study of biological evolution, beyond whether it is presented to us as evident, which it is not, that evolution toward greater complexity is a fact of evolution. We do not know, but we may not have been able to prove it.

Acknowledgments

The present work has been funded by Generalitat Valenciana (CIP-ROM/2021/042).

References

- Adami, C. (2002). What is complexity. *BioEssays*, 24, 1085-1094.
- Ayala, F. J. (1974). The concept of biological progress, In F. J. Ayala and Th. Dobzhansky (ed.). *Studies on the philosophy of Biology*. University of California Press, pp. 339-355.
- Ayala, F. J. (1982). Darwin y la idea de progreso, *Arbor*, 113, 59-75.
- Ayala, F. J. (1988). Can 'progress' be defined as a biological concept?, In Nitecki M. H. (Ed.). *Evolutionary Progress*, Chicago University Press, 75-96.
- Ayala, F. J. (2017). Human Evolution and Progress, In M. Tibayrenc and F. J. Ayala (Eds.). *On Human Nature*, Academic Press, 565-577.
- Ayala, F. J., & Dobzhansky, Th. (1974). Studies in the Philosophy of Biology, In Ayala, F. J., Dobzhansky, Th. (Ed.). California University Press.

- de la Fuente, R., Diaz-Villanueva, W., Arnau, V., & Moya, A. (2023). Genomic signature in evolutionary biology: a review, *Biology*, 12, 322.
- Gould, S. J. (1996). *Full house. The spread of excellence from Plato to Darwin*, Harmony Books.
- Kimura, M. (1961). Natural selection as the process of accumulating genetic information in adaptive evolution, *Genetical Research* 2, 127-140.
- Latorre, A., & Manzano-Marín, A. (2017). Dissecting genome reduction and trait loss in insect endosymbionts, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1389, 52-75.
- Margulis, L. (1981). Symbiosis in cell evolution: life and its environment on the early Earth, W. H. Freeman.
- McShea, D., & Brandon, R. (2010). *Biology's first law: the tendency for diversity and complexity to increase in evolutionary systems*, Chicago University Press.
- Moya, A. (2015). *The Calculus of Life*, Springer.
- Moya, A. (2017). *Biología y espíritu*, Sal Terrae.
- Moya, A., Oliver, J. L., Verdú, M., Delaye, L., Arnau, V., Bernaola-Galván, P., de la Fuente, R., Díaz, W., Gómez-Martín, C., González, F.M., Latorre, A., Lebrón, R., & Román-Roldán, R. (2020). Driven progressive evolution of genome sequence complexity in Cyanobacteria, *Scientific Reports*, 10, 19073.
- Sober, E. (2009). Did Darwin Write the Origin Backwards?. *PNAS*, 106, 10048-10055.

El regalo de Darwin a la ciencia y a la religión

Francisco J. Ayala

¿Es posible creer en Dios y aceptar la evolución? ¿Qué nos dice la ciencia sobre el origen y la diversidad de la vida? ¿Qué nos dice la religión sobre el sentido y el destino de la vida? Estas son algunas de las preguntas que aborda Francisco J. Ayala en su libro póstumo “El regalo de Darwin a la ciencia y a la religión”. Ayala ha sido uno de los más prestigiosos investigadores internacionales de las últimas décadas en el campo de la Biología, que ha dedicado su vida al estudio de la evolución y al diálogo entre ciencia y fe. En esta obra, ofrece una visión lúcida y rigurosa de la biología evolutiva y de sus implicaciones filosóficas y teológicas, mostrando que la evolución no es una amenaza para la religión, sino una oportunidad de enriquecimiento mutuo. A lo largo de toda su reflexión lanza una invitación a contemplar la obra de Dios en la naturaleza y a reconocer su presencia en la historia. Propone una lectura crítica y creativa de las Escrituras y de la tradición cristiana, animando al lector a vivir su fe con coherencia y responsabilidad. El libro de Ayala es un regalo para todos los que buscan una comprensión más profunda y armoniosa de la realidad.



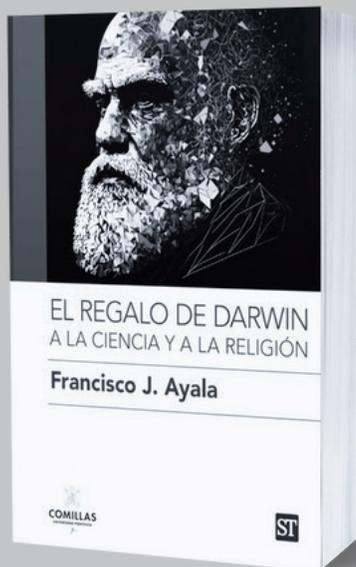
Colección Ciencia y Religión

Número 29

Págs. 256

ISBN: 978-84-8468-963-8

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2023.



SERVICIO DE PUBLICACIONES
edit@comillas.edu
<https://tienda.comillas.edu>
Tel.: 917 343 950

FRANCISCO J. AYALA: INVESTIGANDO SUS IDEAS SOBRE EL PROGRESO BIOLÓGICO

Francisco J. Ayala: Testing his Ideas on Biological Progress

Andrés Moya

Profesor de Genética, Universitat de València

andres.moya@uv.es; <https://orcid.org/0000-0002-2867-1119>

Amparo Latorre

Profesora de Genética, Universitat de València

amparo.latorre@uv.es; <https://orcid.org/0000-0002-9146-7284>

Recibido: 10 marzo 2024

Aceptado: 4 junio 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.007>

RESUMEN: Francisco Ayala ha sido uno de los grandes estudiosos del progreso en la evolución biológica. Para Ayala, el progreso consiste en un cambio direccional neto en alguna característica que mejora en un linaje dado a los descendientes con respecto a los ancestros. Se trata de una propuesta axiológica, pero en modo alguno no científica, porque esas características son propiedades objetivas que podrían medirse en los individuos, las poblaciones o las especies y, en última instancia, en todo el árbol de la evolución. Aquí desarrollamos las ideas de Ayala en torno al progreso y proponemos que esa característica donde se puede contrastar la tendencia es la complejidad de los genomas. También consideramos la necesidad de aplicar pruebas estadísticas para determinar si en efecto las tendencias, de existir, son productos pasivos de la evolución desde lo más simple a lo más complejo o, por el contrario, existe direccionalidad o proceso dirigido, entre otros, por la selección natural.

PALABRAS CLAVE: progreso, complejidad biológica, complejidad del genoma, tendencia evolutiva, métricas de complejidad, simbiosis, evolución regresiva.

ABSTRACT: Francisco J. Ayala was one of the great scholars of progress in biological evolution. For Ayala, progress consists of a net directional change in some characteristic that improves the descendants in a given lineage relative to the ancestors. This is an axiological proposal, but not at all unscientific. The traits are objective properties that can be measured in individuals, populations, or species and, ultimately, the entire evolutionary tree.

Here, we develop Ayala's ideas about progress and propose that the trait where the trend can be contrasted is probably the complexity of genomes. We also consider the need to apply statistical tests to determine whether trends, if they exist, are passive products of evolution from the simplest to the most complex or whether, on the contrary, there is directionality or a process driven, among other things, by natural selection.

KEYWORDS: progress, biological complexity, genome complexity, evolutionary trend, complexity metrics, symbiosis, regressive evolution.

1. EL PROGRESO EVOLUTIVO: UN LARGO DEBATE

La diversidad es una de las características principales de la vida en el planeta Tierra. Si examinamos el registro geológico de las especies que han aparecido, generalmente encontramos un aumento en el número de especies a lo largo del tiempo. Esta afirmación no contradice el hallazgo de grandes extinciones que han ocurrido en ciertos momentos. También es cierto y a menudo se debate que, si consideramos el registro no en términos del número de especies, sino en términos de grandes grupos taxonómicos (los *phyla*), parece que hubo un momento particular en el Cámbrico cuando apareció un gran número de ellos y que después de eso prácticamente no han aparecido *phyla* nuevos. En cualquier caso, la vida tiene una persistencia tenaz para proliferar y diferenciarse en especies. Cuando grandes grupos taxonómicos se extinguen, la vida evoluciona a partir de las especies sobrevivientes.

La idea básica que explica este proceso de diversificación de la vida es la teoría de la evolución por selección natural de Darwin. La teoría se basa en la filiación entre especies de modo que algunas son producto de otras de las que descienden, configurando así el Árbol de la Vida. Esta es la otra contribución sobresaliente de la teoría (Sober, 2009).

Una pregunta permanece sin respuesta clara cuando se considera la evolución de la vida en la Tierra durante más de cuatro mil millones de años, para dar un número redondo. Es la cuestión de la complejidad de los seres vivos. Los procariotas han evolucionado desde el origen de la vida durante más de tres mil quinientos millones de años hasta la aparición de eucariotas unicelulares, luego eucariotas multicelulares y, dentro de estos, taxones con organizaciones celulares progresivamente más sofisticadas. Esto no quiere decir que los procariotas no hayan evolucionado; todo lo contrario. Si hoy caracterizáramos la biodiversidad del planeta, los organismos más diversos y abundantes serían las bacterias y las arqueas. Dejamos de lado el caso de los virus porque no son agentes autónomos ya que dependen de huéspedes tan-

to procariotas como eucariotas. Sin embargo, si los incluyéramos, también tendríamos que señalar que su diversidad es un orden de magnitud mayor que la de las bacterias. En cualquier caso, y hablando de complejidad, los eucariotas también son organismos complejos. No obstante, representan un número mucho menor de especies, biodiversidad y biomasa que sus parientes procariotas, incluidos los virus.

Algunos autores bien conocidos del evolucionismo, comenzando con el propio Darwin, admiten que hay progreso en la evolución. Este es el caso de Julian Huxley, Richard Dawkins, Simon Conway Morris y Francisco Ayala. Otros, como John B.S. Haldane o Stephen J. Gould, son notorios negadores. Esta diferencia de pensamiento es sorprendente, por decir lo menos, ya que todos son evolucionistas. Así, al dar diferentes pesos a la selección natural como fuerza motriz del proceso evolutivo, entran en el debate sobre la existencia o falta de progreso en la evolución. Una pregunta de peso subyace al debate: si este progreso, si existe, implica una cierta inevitabilidad en la aparición de entidades más complejas. Es bien conocido el argumento de Gould (1996) de que, si se reprodujera de nuevo la cinta de la vida en la Tierra, no se parecería a lo que ha sucedido en nuestro planeta. Gould no niega que la complejidad parece inevitable y pasiva desde algo más simple. Pero niega doblemente que esta complejidad podría ser producto de la selección natural (lo que sería una fuerza guía o motriz) y que tal complejidad podría ser repetible debido a la contingencia o naturaleza aleatoria de la novedad evolutiva. Sin embargo, la respuesta no es tan simple como puede parecer y, francamente, sigue siendo una pregunta profunda con muchas implicaciones en campos más allá de la propia evolución biológica (Moya, 2015, 2017).

2. AYALA Y EL PROGRESO BIOLÓGICO

En un famoso texto, que puede considerarse uno de los primeros en desarrollar la nueva rama especializada de la filosofía de la ciencia, la filosofía de la biología, cuyos editores fueron Ayala y Dobzhansky (1974), Ayala escribió un capítulo sobre el tema del progreso en la evolución (Ayala, 1974). Con el rigor que siempre le ha caracterizado y la amplia formación intelectual de que ha disfrutado, primero considera el concepto de progreso en la evolución biológica. Cree que el término implica una consideración axiológica: el progreso supone una tendencia en la que las entidades biológicas más antiguas son peores que las más nuevas que han evolucionado. Mejor o peor, sin embargo, no es equivalente a bueno o malo, lo que implicaría términos más

morales. Uno puede ser mejor o peor en algo sin que esto conlleve bondad o maldad. Esta consideración de Ayala es importante porque no niega que haya valores en la cuestión del progreso —de ahí la axiología— pero no podemos pensar que estos valores son exclusivamente propios de la moralidad. En este estudio, Ayala trata otras cuestiones relacionadas sobre si esta tendencia puede sostenerse y si puede haber casos de evolución no progresiva.

Los temas que Ayala abordó en su estudio de 1974 se desarrollan nuevamente y con mayor detalle en un artículo que publicó en 1982 en la revista española *Arbor* (Ayala, 1982). Desarrollaremos aquí este último estudio porque Ayala incluye consideraciones sobre la nueva ciencia de la genómica, que estaba en sus inicios. Así, este texto puede considerarse de gran influencia con respecto al progreso según Ayala, que trató con cierta sistematicidad en estudios posteriores (Ayala, 1988, 2017).

Comparación con otros conceptos

Ayala señala que “progreso” tiene similitudes con “cambio”, “evolución” o “dirección o tendencia”, pero no son idénticos. Un “cambio” implica un cambio biológico, pero, aunque el progreso implica cambio, no todos los cambios biológicos son progresivos. Lo mismo ocurre con el término “evolución”, ya que los cambios evolutivos no son necesariamente progresivos, aunque impliquen cambio prolongado. Su tercera comparación es con “dirección o tendencia”. Las tendencias evolutivas son cambios direccionales, pero para que esa tendencia sea progresiva, debe haber una mejora de algo - importante no una mejora “hacia algo” sino, repetimos, de algo. Por lo tanto, el progreso implica un cambio direccional, pero el cambio direccional no implica necesariamente progreso.

Definición de progreso

Para Ayala, “progreso” es el cambio sistemático de una característica presente en todos los componentes (taxones) de una secuencia evolutiva, de modo que los taxones más recientes muestran una mejora con respecto a los taxones precedentes. Muy sintéticamente, el progreso sería un cambio direccional para mejor de una característica dada. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, “para mejor” no implica necesariamente bondad o maldad. Entonces, ¿de qué tipo de rasgos estamos hablando? Ayala mencio-

na tres posibles cualidades. Mejor podría ser “más eficaz”, “más abundante” o “más complejo”. Considerando una secuencia evolutiva de entidades biológicas a lo largo del tiempo, podemos señalar que estas tres características indicarían progreso si aumentaran con el tiempo. Otra cuestión es la posibilidad de medirlas, principalmente cuando las secuencias corresponden a tiempos geológicos de millones de años. Veamos brevemente qué podemos esperar de estas tres métricas de progreso evolutivo.

Tres medidas de progreso

La eficacia equivale a una mayor eficacia biológica, pero ¿de quién? En términos de cambios en la estructura genética de las poblaciones, los individuos con mayor eficacia biológica las pueblan con su descendencia a lo largo del tiempo más que los individuos con menor eficacia biológica. Sin embargo, por la naturaleza de la selección natural, esta tendencia poblacional depende del entorno, siendo más eficaces aquellos que producen relativamente más descendencia. No obstante, las condiciones ambientales pueden variar, lo cual es bastante posible cuando hablamos de intervalos de tiempo largos, no solo de unas pocas generaciones, sino de millones de años. Aquí debemos considerar si la acción continua de la selección natural, siempre favoreciendo a algunos individuos sobre otros, aumenta sistemáticamente la eficacia promedio de las poblaciones. Nótese que no estamos hablando de un individuo siendo universalmente más eficaz que otro. Dependiendo de factores ambientales, los individuos pueden cambiar sus eficacias, y quien era más eficaz en un momento puede dejar de serlo en otro.

Por otro lado, aunque podemos considerar esta característica conceptualmente importante, es difícil determinar la métrica empíricamente, ya que comparar el aumento de la eficacia entre taxones en la serie que están separados en el tiempo es difícil. Sin embargo, vale la pena tener esto en mente, porque a menudo se ha criticado que la selección no puede estar detrás de una tendencia evolutiva sostenida. Después de todo, las condiciones ambientales bajo las cuales los taxones en la serie evolucionan cambiarán. Veamos esto desde la perspectiva no de individuos específicos y su descendencia, sino de poblaciones. El tema toma una dimensión diferente con la selección natural como mecanismo explicativo de la tendencia direccional y mejora de las poblaciones y especies a lo largo del tiempo. Darwin y Julian Huxley vieron la selección natural como un motor para el progreso de las especies, para su mejora y, en última instancia, para que las especies derivadas más recientemente fueran más eficaces que sus ancestros filogenéticos.

La abundancia puede ser una segunda métrica. Esta métrica presenta una dificultad similar a la eficacia biológica en escalas de tiempo significativas. Pero para Ayala, volviendo al ámbito conceptual, la abundancia, en este caso el número de especies o individuos de cada especie, podría ser otra métrica de progreso biológico. Cuanto mayor sea el número de especies, mayor será la posibilidad de crear nuevos entornos para que las nuevas especies exploren. Si pudiéramos medir (realmente contar) el número de individuos de las especies a lo largo del tiempo o el número de especies o, incluso más generalmente, medir la masa de todos los seres vivos (biomasa), la abundancia así entendida podría ser un indicador de progreso si pudiera demostrarse que aumenta con el tiempo.

La tercera métrica a la que se refiere Ayala es la de la complejidad. Es una métrica con muchos problemas, comenzando por su definición y eventual medición. No obstante, y como indicamos en la introducción, hay una cierta convicción en la comunidad evolucionista de que la complejidad crece con la evolución, independientemente de si lo que podría estar impulsándola es la selección natural o, para ir al otro extremo, si es algo inevitable porque lo que se puede esperar en la evolución de la vida, que comenzó con pocas entidades complejas, es que sus descendientes se vuelvan más complejos.

En este entorno sobre la métrica de complejidad, Ayala da un paso adelante y considera que un posible criterio de progreso podría ser el aumento de la cantidad de información genética de los organismos y que los que viven hoy presentan en promedio una mayor cantidad de información genética que la de los ancestros de los que provienen. Sin embargo, reconoce (el artículo es de 1982) que una enorme dificultad con esta métrica es que no hay forma de medir la cantidad de información genética en el ADN de los organismos. Además, Ayala cree que la cantidad de información no es necesariamente la cantidad de ADN, sino que la “complejidad” de un organismo podría aproximarse de esta manera. Hace lo que cualquier científico haría: tratar de encontrar una manera de aproximar la complejidad midiéndola con las técnicas disponibles en ese momento.

3. COMPLEJIDAD

Como hemos señalado, la cuestión de la complejidad en la evolución biológica es recurrente. Adami (2002) ya afirmó que “si la complejidad aumenta o no en la evolución es una de las preguntas centrales de la biología evolutiva.” Podemos estar de acuerdo con él, pero definir la complejidad es un

reto porque podemos tener muchos enfoques del concepto. La complejidad se refiere a la estructura o función de los organismos o especies, o a la información involucrada en su construcción, desarrollo o funcionamiento. Sin pretender ser exhaustivos, podemos hablar de cuatro tipos significativos de complejidad: estructural, funcional, jerárquica o física.

La complejidad estructural podría considerarse respecto al número de tipos estructurales que componen a los individuos. La idea subyacente es la de "partes." En una noción simple de complejidad, el organismo con más partes es más complejo. Pero, por supuesto, "parte" es un término algo ambiguo. Las partes podrían ser muchos tipos de células, tejidos, órganos, etc. Más complejo serían aquellas especies cuyos individuos tienen más de estos tipos de partes. Algo similar podría decirse de la complejidad funcional. ¿Cuántas funciones puede realizar un organismo? Esta es una pregunta bastante difícil de responder. Sin embargo, conceptualmente, si pudiera contarse, diríamos que el organismo que puede realizar más funciones es más complejo. De la misma manera, podríamos considerar la complejidad basada en la jerarquización. Por ejemplo, para exponerlo simplemente, considerando que los organismos tienen células que se organizan en tejidos, tejidos en órganos y órganos en aparatos, el grado de control de los niveles superiores de la jerarquía de función sobre los inferiores y algunos de los inferiores sobre los superiores, todo esto configura un grado de complejidad tal que aquellas especies con mayores niveles de dicha jerarquización serían más complejas que otras con niveles más bajos de la misma.

Tan pronto como pensamos en estas tres posibles métricas de complejidad, podemos apreciar la enorme dificultad en encontrar una medida universal de la complejidad basada en consideraciones estructurales, funcionales o jerárquicas cuando consideramos los taxones del Árbol de la Vida. Entonces, por supuesto, la posible detección de tendencias evolutivas y los valores de las métricas son más altos en taxones más recientes. Un excelente estudio fundamental sobre este tema de la complejidad basada en el número de partes y su diferenciación fue desarrollado por McShea y Brandon (2010), donde los autores argumentan que es una tendencia natural universal en la evolución observar un proceso hacia una mayor biodiversidad y complejidad.

4. COMPLEJIDAD FÍSICA

Una cuarta medida de complejidad es la complejidad física (Adami, 2002). No es más que una evaluación de la cantidad de información en una población

de genomas. La propuesta de Adami es una medida que calcula la cantidad de información basada en la definición clásica de Shannon. Aquellos sitios nucleotídicos en los genomas ocupados por el mismo tipo de nucleótido probablemente muestran el efecto que la selección natural ha tenido en el individuo que lleva ese nucleótido en esa posición. Un cambio mutacional a un nucleótido diferente generalmente sería seleccionado en contra, y ese organismo tendría menos eficacia biológica. También podría haber, aunque es menos probable, una nueva mutación que implicaría una mayor eficacia en el individuo portador. La tendencia sería entonces que ese nuevo nucleótido en ese sitio se propague a la población descendiente con el tiempo.

Por otro lado, tendríamos sitios con una frecuencia más o menos equiprobable de nucleótidos en la población del genoma. La situación puede interpretarse como que estos sitios no son tan discriminados por la selección natural y la tendencia sería, como se indicó, que estos sitios sean mucho más variables o polimórficos que los sitios bajo selección. La medida de la información sería la suma de la información detectada para cada sitio en la población de genomas.

Ha habido propuestas similares para medir la información en genomas a nivel de población. Hay un precedente antes de Ayala (1982) en Kimura (1962), el padre de la teoría neutral de la evolución molecular, que también utilizó medidas basadas en la información de Shannon aplicada a la genética de poblaciones. Esta medida de la información en genomas se conoce comúnmente como una medida de complejidad física. La disponibilidad de la secuencia de nucleótidos de los genomas ha abierto el campo para determinar la complejidad basada en genomas. Esto era imposible en la época de Kimura, el artículo de Ayala de 1982 o el trabajo temprano de Adami unos años después. La genómica surgió como una ciencia mayor de la biología después del trabajo de estos y algunos otros autores. Es esencial señalar esta circunstancia porque, en comparación con las otras métricas que hemos discutido, la complejidad física tiene la enorme ventaja empírica de ser medible y comparable. Los organismos tienen sus genomas y los genomas en poblaciones y especies pueden determinarse.

Una buena métrica de complejidad debería cumplir con tres requisitos: definición precisa, medición empírica y universalidad. La definición es un tema problemático, como hemos visto, pero tener definiciones conceptualmente comprensibles es importante para avanzar en el estudio de la complejidad. Los tipos de complejidad esbozados aquí, incluida la complejidad física, son posibles definiciones. La siguiente propiedad es una posible medida empírica. Esta propiedad es altamente deseable para avanzar en la demostración de

tendencias de complejidad y progreso. A pesar de su claridad conceptual, algunos tipos de complejidad mencionados anteriormente tienen muchos problemas de medición. ¿Cómo determinamos el número de partes o funciones de un organismo? No estamos sugiriendo que esto no pueda aproximarse, pero es un desafío. Finalmente, tenemos la universalidad. Esta propiedad es relevante para fines comparativos: la métrica de complejidad debe ser factible o existir en cualquier organismo en el Árbol de la Vida. El genoma y cualquier métrica que proponamos cumple las tres propiedades.

Es posible criticar las métricas de complejidad del genoma como reduccionistas porque ignoran muchas fuentes potenciales de complejidad. En este sentido, se podría aceptar que cualquier complejidad en los genomas sería una pobre indicación de la verdadera complejidad del organismo o especie. Esta crítica no puede ignorarse, pero también podemos pensar en el genoma como un registro histórico de la evolución de los organismos. Los eventos que una línea particular atravesó para convertirse en la especie que es hoy están de alguna manera registrados en su genoma. Es cierto que uno podría pensar que otras cosas no están registradas y aquí debatiríamos si alguna métrica de complejidad en el genoma es un buen indicador de la complejidad general del organismo.

5. MÉTRICAS DE COMPLEJIDAD EN ORGANISMOS INDIVIDUALES

Volviendo al influyente trabajo de Ayala (1982), debe señalarse que propone una idea para la métrica de la complejidad del genoma que creemos superior a la de Adami (2002). Como hemos comentado, este autor propone una medida de la complejidad del genoma a nivel de población. Se necesita una población para obtener el valor de la métrica. Esto hace que los estudios comparativos sean difíciles, especialmente cuando se consideran especies filogenéticamente distantes. Digamos que este enfoque tiene un problema específico de medición empírica. Sin embargo, Ayala propone una medida que no puede especificar en este momento debido al estado naciente de la genómica que considera directamente al organismo individual. Una medida de la población podría darse recurriendo a los valores medios u otra estadística de las métricas de los organismos que componen la población.

Como resultado, muchas métricas de complejidad física ya se miden directamente en los genomas de organismos individuales. Este no es el lugar para desarrollarlas en detalle (el lector interesado puede consultar Moya et al.,

2020; de la Fuente et al., 2023). Hay métricas basadas en la posible compresión de genomas, el análisis de la distribución de k-meros (segmentos de nucleótidos de una longitud dada), la segmentación composicional o el estudio de la periodicidad de los genomas, por nombrar algunas. La mayoría de estas métricas intentan derivar una medida de información comparando un genoma real con un genoma aleatorio de la misma longitud y están estrechamente relacionadas con cuánto de entropía existe en los genomas y cuánto de anti-entropía y, a partir de la relación entre los dos, derivar una medida de información indicativa de su complejidad.

6. TENDENCIAS EVOLUTIVAS EN LA COMPLEJIDAD FÍSICA

Armados con algunas de estas métricas, ahora podemos evaluar posibles tendencias en la evolución de la complejidad y considerar si hay evidencia de progreso como lo definió Ayala. Es un programa de investigación, pero la idea fundamental es ver si tenemos evidencia de que la complejidad física es más notable en diferentes linajes cuando los organismos más recientes dentro de ellos muestran una mayor complejidad que los más antiguos. También vale la pena considerar la formulación de la confirmación de la tendencia eventual para todo el Árbol de la Vida. En este sentido, Ayala introduce dos términos muy pertinentes: lo que llama “progreso uniforme” y “progreso neto”. En el primero, se observaría un aumento sistemático en la métrica, mientras que, en el segundo, no necesariamente se observaría un aumento sistemático; sin embargo, cuando se examina en su conjunto, se observaría que los miembros más antiguos del linaje tendrían valores más bajos que los más recientes y que el resultado general sería un aumento. Ayala es consciente de que es común observar variaciones descendentes en una métrica o incluso ninguna variación durante un período determinado en la evolución biológica. Pero esto no contradeciría la noción de progreso neto.

También es plenamente consciente de lo que podríamos llamar evolución regresiva, tendencias uniformes o netas, pero de la pérdida de complejidad y progreso. [Amparo Latorre y yo] hemos estado trabajando en el caso de la regresión evolutiva de bacterias que viven en endosimbiosis con sus huéspedes eucariontes. La endosimbiosis es la vida intracelular de bacterias dentro de otros organismos. Observamos que estas bacterias reducen y degradan sus genomas, perdiendo autonomía e independencia como entidades autónomas que son bacterias de vida libre de las que evolucionaron (Latorre y Manzano-Marín, 2017). La endosimbiosis es una forma particular de evolu-

ción regresiva, pero hasta cierto punto, porque el hecho es que el huésped eucarionte evoluciona con estas bacterias y forma una nueva entidad, en principio, más compleja que si consideramos al huésped sin este tipo de microorganismos. Es bien conocido el papel importante de la simbiosis en el origen de la propia célula eucariótica (Margulis, 1981).

Estamos comenzando a ver evidencia de la evolución de la complejidad física en diferentes linajes de la evolución. En un estudio reciente, examinamos el aumento de la complejidad genómica de las cianobacterias, un grupo de bacterias muy antiguas que ha dado lugar a linajes cada vez más complejos en términos de la complejidad que hemos medido (Moya et al., 2020). En este estudio, aplicamos algunas de las métricas mencionadas anteriormente. Encontramos, en el caso de algunas de ellas y con suficiente consistencia estadística, que los taxones más recientes tenían un valor más alto de estas métricas que los más antiguos. Es interesante notar que, al aplicar métodos de inferencia filogenética, podríamos estimar cuál podría ser ahora el valor de las métricas de complejidad de los ancestros cuyo genoma no está disponible.

Mencionamos el tema de la consistencia estadística de las tendencias. Este es un asunto muy importante. Ayala formula sus definiciones de progreso neto o uniforme y no menciona explícitamente la necesidad de pruebas estadísticas de tendencias. Sin embargo, hay procedimientos bien desarrollados para obtener evidencia estadística significativa de valores de tendencia, especialmente en paleontología. En este sentido, Gould (1966) analiza extensamente esta cuestión de las pruebas estadísticas para volver a abordar cualquier tendencia en la evolución, especialmente la que podría existir para todo el Árbol de la Vida.

Para Gould, la evolución de lo más simple a lo más complejo es un producto pasivo de la evolución, que es de esperarse dado que hay una pared a la izquierda de la evolución impuesta por las formas más elementales de vida, los primeros microorganismos. Desde allí, solo podemos esperar que la evolución crezca en complejidad sin dirección. Pasivo es una palabra importante que indica lo opuesto de "direccionalidad dirigida". Pero, ¿quién podría dirigir una tendencia evolutiva hacia una mayor complejidad? El propio Gould, siguiendo a otros autores (notablemente McShea) que habían trabajado en tendencias evolutivas en macroevolución, formuló una serie de pruebas de naturaleza estadística para examinar si las tendencias podrían ser un producto inerte no dirigido de la vida misma una vez que apareció en el planeta o si, por el contrario, teníamos evidencia tangible de que las tendencias estaban dirigidas por la selección natural. En nuestro trabajo (Moya et al., 2020) tomamos muy en cuenta las pruebas estadísticas mencionadas anteriormente

para confirmar si hay evidencia de una tendencia dirigida en la evolución de la complejidad genómica (física) en las cianobacterias y encontramos, como ya se indicó, que algunas de las métricas así lo muestran.

Como señaló Ayala, no podemos creer que las tendencias, en nuestro caso hacia una mayor complejidad física, no sean una constante universal, ni uniforme ni neta. Hay muchas tendencias evolutivas; ya mencionamos la endosimbiosis, que puede considerarse una tendencia regresiva, así como la evolución del parasitismo, un fenómeno generalizado en la evolución biológica. Sin embargo, la pregunta crítica permanece: ¿es posible pensar en la evolución general como un proceso de progreso incremental neto en la complejidad física? En el caso de Gould, un crítico ardiente de este concepto, no creemos que haya resuelto la pregunta. Curiosamente, señala que, si hoy en día la vida se caracteriza por algo, es por la extraordinaria diversidad de la vida microbiana, como el número de especies, individuos o biomasa representada por la vida eucariótica de organismos multicelulares. En este sentido, argumenta Gould, deberíamos decir que la vida no ha evolucionado hacia una mayor complejidad, ya que los procariotas primitivos que aparecieron primero son los que han persistido, evolucionado y diversificado más. Pero este argumento no es suficiente. La pregunta es si las entidades biológicas que han aparecido en la evolución son progresivamente más complejas. Nuestro enfoque pregunta si las entidades más recientes exhiben una mayor complejidad física en cualquier métrica que consideremos medir.

7. EN CONCLUSIÓN

La cuestión del progreso reconsiderada aquí desde la perspectiva de la evolución de la complejidad, particularmente la complejidad física de los genomas, según cualquier métrica que mida dicha complejidad, permanece abierta. De hecho, la pregunta sigue siendo un desafío significativo en el estudio de la evolución biológica, más allá de si se nos presenta como evidente que la evolución hacia una mayor complejidad es un hecho de la evolución.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por la Generalitat Valenciana (CI-PROM/2021/042).

Referencias

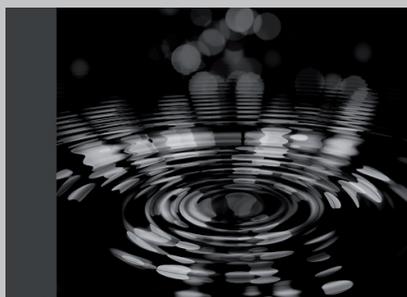
- Adami, C. (2002). What is complexity. *BioEssays*, 24, 1085-1094.
- Ayala, F. J. (1974). The concept of biological progress, In F. J. Ayala and Th. Dobzhansky (ed.). *Studies on the philosophy of Biology*. University of California Press, pp. 339-355.
- Ayala, F. J. (1982). Darwin y la idea de progreso, *Arbor*, 113, 59-75.
- Ayala, F. J. (1988). Can 'progress' be defined as a biological concept?, In Nitecki, M. H. (Ed.). *Evolutionary Progress*, Chicago University Press, pp. 75-96.
- Ayala, F. J. (2017). Human Evolution and Progress, In M. Tibayrenc y F. J. Ayala (Eds.). *On Human Nature*, Academic Press, 565-577.
- Ayala, F. J., y Dobzhansky, Th. (1974). Studies in the Philosophy of Biology, In Ayala, F. J., y Dobzhansky, Th. (Ed.). California University Press.
- de la Fuente, R., Diaz-Villanueva, W., Arnau, V., y Moya, A. (2023). Genomic signature in evolutionary biology: a review, *Biology*, 12, 322.
- Gould, S. J. (1996). *Full house. The spread of excellence from Plato to Darwin*, Harmony Books.
- Kimura, M. (1961). Natural selection as the process of accumulating genetic information in adaptive evolution, *Genetical Research* 2, 127-140.
- Latorre, A., y Manzano-Marín, A. (2017). Dissecting genome reduction and trait loss in insect endosymbionts, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1389, 52-75.
- Margulis, L. (1981). Symbiosis in cell evolution: life and its environment on the early Earth, W. H. Freeman.
- McShea, D., y Brandon, R. (2010). *Biology's first law: the tendency for diversity and complexity to increase in evolutionary systems*, Chicago University Press.
- Moya, A. (2015). *The Calculus of Life*, Springer.
- Moya, A. (2017). *Biología y espíritu*, Sal Terrae.
- Moya, A., Oliver, J. L., Verdú, M., Delaye, L., Arnau, V., Bernaola-Galván, P., de la Fuente, R., Díaz, W., Gómez-Martín, C., González, F.M., Latorre, A., Lebrón, R., y Román-Roldán, R. (2020). Driven progressive evolution of genome sequence complexity in Cyanobacteria, *Scientific Reports*, 10, 19073.
- Sober, E. (2009). Did Darwin Write the Origin Backwards?. *PNAS*, 106, 10048-10055.

Evolución espiritual

Diez científicos escriben sobre su fe

John Marks Templeton
Kenneth Seeman Giniger (eds.)

Un libro que recoge los testimonios espirituales de diez grandes científicos internacionales -astrónomos, físicos, filósofos, matemáticos y médicos-. Grandes profesores, pensadores e investigadores que han crecido en los descubrimientos de la Ciencia y de la Fe, y que son capaces de reconocer unas prácticas espirituales que permiten comprender el ámbito de lo divino desde las perspectivas de las ciencias. Tra diferencia cualitativa frente al resto de los animales, a la vez que construimos una sociedad futura basada en la defensa de la dignidad e igualdad de todos los humanos. Una recopilación de los mejores documentos para conocer y entender la historia intelectual más reciente sobre el diálogo entre la ciencia y la religión.



EVOLUCIÓN ESPIRITUAL

Diez científicos escriben sobre su fe

John Marks Templeton
Kenneth Seeman Giniger (eds.)

SALTERRAE

COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



Colección Ciencia y Religión

Número 16

Págs. 200

ISBN: 978-84-293-2841-7

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2019.



SERVICIO DE PUBLICACIONES
edit@comillas.edu
<https://tienda.comillas.edu>
Tel.: 917 343 950

FRANCISCO J. AYALA: SCIENTIST, PHILOSOPHER, HUMANIST AND FRIEND

Francisco J. Ayala: científico, humanista y amigo

Michael T. Clegg

Professor emeritus, University of California, Irvine

mclegg@uci.edu; <https://orcid.org/0000-0001-9321-7193>

Received: May 6, 2024

Accepted: June 13, 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.008>

ABSTRACT: Francisco J. Ayala was a dominant figure in evolutionary biology from the mid 20th through the first two decades of the 21st century. The purpose of this article is to try to place his work into the larger context of evolutionary biology and to briefly consider his important contributions to the philosophy of biology, including reconciling biological evolution and religion and his writings on the evolution of ethics. Another more personal purpose is to recount his influence on me and on a whole generation of evolutionary geneticists. To achieve these twin purposes, I place his work into the larger historical context with a focus on his early work providing rigorous empirical tests of the hypothesis of neutral gene evolution in 1970s. I try to give some flavor for the human being behind an incredible body of work and to explicate some of the forces that may have influenced his development.

KEYWORDS: Neutral evolution, phylogeny, molecular clock, science and religion, biological ethics.

RESUMEN: Francisco J. Ayala fue una figura destacada en la biología evolutiva desde mediados del siglo XX hasta las dos primeras décadas del siglo XXI. El propósito de este artículo es intentar situar su obra en el contexto más amplio de la biología evolutiva y considerar brevemente sus importantes contribuciones a la filosofía de la biología, incluida la conciliación de la evolución biológica y la religión y sus escritos sobre la evolución de la ética. Otro propósito más personal es relatar su influencia en mí y en toda una generación de genetistas evolutivos. Para lograr estos dos objetivos, situó su obra en un contexto histórico más amplio, centrándome en sus primeros trabajos, que proporcionaron pruebas empíricas rigurosas de la hipótesis de la evolución de los genes neutros en la década de 1970. Intento dar una idea del ser humano que existe detrás de una obra increíble, además de explicar algunas de las influencias en su desarrollo.

PALABRAS CLAVE: Evolución neutral, filogenia, reloj molecular, ciencia y religión, ética biológica.

1. INTRODUCTION

Francisco J Ayala was gifted with an exceptional intellect, a remarkable work ethic and a high degree of personal generosity. His prodigious scientific output influenced three generations of evolutionary biologists and philosophers and will continue to be influential well into the future. Altogether he published more than 1200 scientific papers, book chapters, book reviews and essays. He also authored or edited 66 books. While he lived and worked in the United States from the early 1960s until his death in 2023, he maintained close connections with the scientific communities of Europe and Latin America and especially with his native Spain. He wrote predominantly in English, but also frequently published in Spanish. He was truly a citizen of the world.

Ayala received his BA in physics from the Complutense University of Madrid in 1955 and entered the seminary shortly thereafter. He was ordained a Dominican priest in 1960, but left the priesthood a few months later. Nevertheless, this experience clearly stimulated his later writings that sought to reconcile evolutionary biology and religion. I was fortunate to count Francisco as a friend for more than 50 years and as such I had the opportunity to observe his remarkable career unfold. I recall once asking Francisco what caused him to choose to study evolution and he replied that Erwin Schrödinger's 1944 book *What is Life* had captivated him as a student and ultimately led him into the field of evolutionary biology. This in turn led him to seek permission for a leave from the Dominican Order to pursue studies in evolutionary biology with Theodosius Dobzhansky at Columbia University in New York City.

Dobzhansky, a Russian/Ukrainian refugee, had joined the laboratory of Thomas Hunt Morgan in 1927 at Columbia University on a Rockefeller fellowship to study the new science of genetics. Dobzhansky became a towering figure in evolutionary genetics, owing to his role as one of the primary architects of the "modern synthesis" of genetics and evolution and owing to his pioneering experimental approaches to the study of evolutionary genetics. By the time Ayala had joined his laboratory, Dobzhansky was celebrated as a leading thinker and writer on evolution and on topics related to the philosophy of evolution. At this time, Dobzhansky's lab was a hothouse of intellectual activity with such notable current and former students as Bruce Wallace, Tim Prout, Richard Lewontin, Wyatt Anderson, Lee Erhman, Lee van Valen and others. Ayala was a natural fit into this stimulating and highly competitive environment.

Back in the 1950s and 60s US universities had mandatory retirement ages and when Dobzhansky reached age 65 he had to retire from Columbia Uni-

versity, but rather than actually retiring he simply moved over the Rockefeller University. By this time Francisco was an assistant professor at Providence College in Providence, Rhode Island, and Dobzhansky arranged to have Francisco join him as an assistant professor at Rockefeller. Around 1970 Dobzhansky moved to UC Davis to take up an honorary faculty position. Part of the deal was that Francisco would also join Dobzhansky in Davis. I was a graduate student in the laboratory of Robert W. Allard, who was chair of the Genetics Department at Davis and who was instrumental (along with Ledyard Stebbins) in recruiting Dobzhansky and Francisco Ayala, so I had a kind of ring side seat on the recruitment. As a consequence, I first met Francisco in 1970 when he visited Davis in connection with negotiating his recruitment and I still vividly recall his striking presence and the masterful seminar he gave to the genetics department.

Francisco moved to Davis in 1971 and immediately established a very active lab and a number of gifted students including Martin Tracey, John MacDonald, Dennis Hedgecock and John Avise quickly joined the Ayala lab. I left Davis in 1972 to take a faculty position at Brown University, but the year of overlap provided a stimulating opportunity for me to interact with the Ayala lab. Francisco became a kind of an academic big brother to me and our paths crossed frequently over the ensuing years. Finally in 2004, Francisco recruited me to join him at UC Irvine where I had the opportunity to engage with Francisco and Hana on a regular basis. I was a beneficiary of their many kindnesses and counted them among my closest friends.

My purpose in this essay is to discuss Ayala's major role in formulating a rigorous empirical approach to population genetics and molecular evolution and to consider his leading role in defending the science of evolution in the face of creationist attacks. Finally, I will briefly consider his interests in human evolution and his seminal contributions to a theory of the evolution of ethics. I will attempt to put his work and ideas into the historical and scientific context of the times and to describe some of currents that influenced research directions and interpretation over the years.

2. PROLOGUE: EARLY POPULATION GENETICS

At the time I began to study population genetics in the late 1960s the empirical side of the field was dominated by Dobzhansky's students. Population genetics also had a strong mathematical tradition and Dobzhansky collab-

orated with Sewall Wright, one of the founders of theoretical population genetics, on experiments designed to measure basic parameters of theory. Despite this, the theoretical side of the field was much more advanced and dominated thinking. The tools for empirical study were primitive and/or highly model dependent. But the emerging science of molecular biology and the allied methods of biochemistry were just beginning to shift this balance and Francisco Ayala was one of the principle early figures to seize the opportunity to expand empirical approaches in population genetics.

Theoretical population genetics emerged in the second decade of the 20th century as a mathematical consistency argument to reconcile the seeming paradox of particulate inheritance with natural selection operating on small continuous variations (Provine, 1971). One school, represented by William Bateson (Bateson, 1909) argued that mutation was the driving force of evolution while an opposing school, known as the biometricians and represented by Darwin's nephew, Francis Galton, argued for a kind of continuous inheritance. The final resolution came in 1918 with a seminal article by R. A. Fisher (Fisher, 1918) where he provided a mathematical proof that phenotypic correlations among relatives could be accurately accounted for by the Mendelian transmission of particulate factors (genes).

Fisher went on to prove that not only was evolution by natural selection consistent with particulate inheritance, but that particulate inheritance was in fact a necessary condition for the conservation of genetic variance. Indeed, not only did Fisher prove that Mendelian inheritance conserved genetic variance, but he also argued that it was the simplest system of inheritance with this essential property. In contrast a blending system of inheritance, as postulated by Darwin and some of his contemporaries, would quickly destroy genetic variation rendering natural selection ineffective as an evolutionary force (Fisher, 1930).

The path breaking work by Fisher was soon followed up by the elaboration of mathematical models that considered the dynamics of genes under various patterns of selection, migration, mutation and genetic drift (Fisher, 1930; Haldane, 1932; Wright, 1931). The mathematical approach was to abstract down to single genes without considering possible interactions among genes at different loci and without considering the effects of genetic linkage. This simplification was necessary to make these elementary models mathematically tractable and it was considered a reasonable first approximation to actual evolutionary dynamics. This immediately created a mismatch between empirical work and theoretical work because empiricists had to study the

phenotypic manifestations of entire organisms that were usually the result of many genes.

Despite this, several key empirical questions emerged from these early theoretical considerations. One obvious question was how much genetic variation actually exists in natural populations of typical organisms? Put differently, the question was: of the presumably thousands of genes in the genome, what proportion have two or more mutational forms (alleles) at measurable frequencies in natural populations? Clearly for natural selection to drive evolutionary change, there had to be sufficient preexisting genetic variation in populations to allow an adaptive response to new or changing environmental circumstances. The problem was that at the time there were no good tools to answer this essential question. DNA had not been discovered so geneticists of the 30s and 40s did not know the physical basis of the gene. Even after the discovery that DNA is the physical basis of inheritance in 1953, tools to measure mutational change in the DNA molecule, or its derivative proteins, did not become available for another decade or more.

Early geneticists relied on various indirect techniques to try to measure genetic variation. These included inbreeding (in diploid organisms) to uncover mutations previously masked in heterozygotes. This approach helped reveal a wealth of mostly deleterious phenotypes that segregated as single gene mutations, but it could not assess the general level of genetic variation. Because most of these deleterious phenotypes were recessive and therefore masked in heterozygotes, this led to the recognition that diploid organisms carried a "genetic load" of hidden deleterious mutations (Muller, 1950).

A second approach was to perform long term selection experiments. Populations subjected to several generations of phenotypic selection often showed a substantial response so that after several generations the mean of the resultant population exceeded the distribution of variation in the parental population, demonstrating ample genetic variation underlying the selected trait. But the results were dependent on the selected phenotype and the reference population and so did not allow generalizations about general levels of genetic variation. Another approach was to use the statistical models of quantitative genetics to partition the heritable component of variation into components associated with mechanisms of gene action (additive, dominance or epistatic gene action). Once again, the results were specific to phenotype and reference population and were highly model dependent. While indirect and subject to criticism, the results of numerous selection and quantitative genetic experiments did combine to suggest substantial levels of genetic variation in populations of most organisms investigated (summarized in Lewon-

tin, 1974). Still, it was clear that there was a pressing need for more direct ways to measure general levels of genetic variation.

3. ISOZYME ERA

In 1957 Clem Markert and his colleague Robert Hunter (Hunter and Markert, 1957) developed the isozyme method that went on to revolutionize the empirical study of population genetics in the 1960s and 1970s and that began an era of rapid technological change in genetics. Markert had been a post-doctoral student at Cal Tech where he studied the then new field of biochemical genetics under George Beadle, the Nobel Laureate and originator of the one-gene one-enzyme hypothesis. Clem Markert was a veteran of the Abraham Lincoln Brigade of the Spanish Civil War and a strong believer in social justice in the United States. Later, Markert's early academic career was nearly derailed by the infamous House Un American Activities Committee when he was targeted for investigation. He was a remarkable man and perhaps a bit bemused by the impact his technique had on evolutionary genetics.

The Isozyme method allowed the visualization of different forms of enzymatic proteins on a gel. The various protein forms were separated in an electric field and appeared as bands after application of a histochemical stain. Proteins are electrically charged owing to the charge of their constituent amino acids. If a mutation caused an amino acid substitution, especially for the subset of charged amino acids, the net electrical charge of the protein would be altered and hence its mobility in the electric field would change. It was quickly discovered that different alleles of a single genetic locus could be visualized on a gel and so it was possible to detect mutant forms of various enzymatic proteins for a vast range of enzymes, thereby providing a means to estimate genetic variability at the level of individual loci. A locus with two or more forms of a protein was said to be polymorphic and it was a simple matter to calculate the fraction of polymorphic loci.

Looking back, it is interesting that it took population geneticists almost a decade to appreciate that here was an approach to the problem of measuring genetic variation that was direct and based on a more or less random sample of the genome. In 1966 Harry Harris (1966) and Lewontin and Hubby (1966) changed the direction of population genetics by publishing two important papers that used gel electrophoresis to show that levels of poly-

morphism were far higher than had been previously thought. Harris showed that about 30% of human loci, that encoded enzymatic proteins, are polymorphic, based on gel electrophoresis of a sample of ten loci. Lewontin and Hubby produced a strikingly similar estimate from an electrophoretic survey of 18 enzymatic loci in *Drosophila pseudoobscura* sampled across a wide geographic range. The Lewontin and Hubby paper was especially important because the authors presciently spelled out the implications of these findings in population genetic terms.

The most striking implication of the work of Harris and of Lewontin and Hubby was that if 30% of loci are polymorphic then literally thousands or even tens of thousands of genes must have two or more forms segregating in populations. Moreover, this is a serious underestimate because gel electrophoresis only detects a fraction of all amino acid changes (primarily those that induce a charge change). (Synonymous mutations in coding genes and, of course, mutations in non-coding regions of the genome, potentially important in gene regulation, also cannot be detected by the isozyme technique.) Until this time, most population geneticists assumed that polymorphisms were maintained in populations by some form of balancing selection. But the vast levels of genetic variation uncovered by the isozyme method, seemed incompatible with this classical view.

4. THE NEUTRALITY CONTROVERSY

Until the introduction of the isozyme method, most studies of genetic polymorphism focused on identifiable traits like wing color patterns in moths (Ford, 1965) or chromosomal inversion polymorphisms in *Drosophila pseudoobscura* (Dobzhansky, 1970). A paradigmatic case of balanced polymorphism of that era was sickle cell anemia where the heterozygote enjoyed significant protection from malaria and didn't suffer the severe anemia of the mutant homozygote (Allison, 1955). The homozygote for the normal allele was susceptible to malaria and suffered higher mortality rates owing to the disease. The geographic distribution of the sickle cell mutant allele mapped very nicely onto the distribution of malaria in Africa and elsewhere which initially suggested an association with disease resistance (Haldane, 1949). These cases and many others were regarded as balanced polymorphisms where selection favored alternative forms depending on ecological circumstances. But the new isozyme results revealed that literally thousands of genes were

polymorphic and it was hard to reconcile this new found variation with classical balancing selection.

Two lines of theoretical argument reinforced the doubts about the role of selection in maintaining molecular variation. The first was based on a famous calculation by J. B. S. Haldane (1957, see also Felsenstein, 1971) on the cost of a gene substitution. Haldane showed that there was an upper bound to the number of genes that could be under selection at any point in time and that the limit was determined by the reproductive potential of the species. In essence differential survival or reproduction required some types be removed, thereby reducing the reproductive potential of the species relative to its maximum. If too many genes are under selection simultaneously, the reduction could be larger than the reproductive potential and the species would decline to extinction. The second closely related argument grew out of the concept of "segregational load" where in diploid organisms balanced polymorphism implied the segregation of less fit homozygous types, as is the case with sickle cell anemia cited above. If literally thousands of loci are under independent balancing selection, implying that fitness is multiplicative over loci, then the reduction in fitness (reproductive potential) would be enormous (Crow and Kimura, 1970).

A resolution to this dilemma was to claim that most molecular variation is neutral to selection. The claim was that most new mutations in DNA (and hence in enzymatic proteins) do not affect phenotype and therefore are not perceived by selection. These new mutations simply drift through populations and in diploids a fraction $1/2N$ of new mutations will ultimately be fixed (where N is the species effective population size). For the small fraction of new mutations destined to be fixed, it will take $4N$ generations on average for fixation to occur, which for most species would be a very long time, so at any point in time a sample would reveal neutral mutations at most loci drifting in the population (Kimura, 1968).

The assumption that most new mutations were solely governed by drift simplified theoretical calculations and allowed many important results to be derived such as the ones just cited about expected time to fixation of a new mutation and this led to a rich body of testable theoretical predictions. It also led to some important corollaries such as the molecular clock hypothesis (Crow and Kimura, 1970). The theoretical results were criticized as being too simplistic for not considering so called epistatic selection (interactions among different genetic loci in fitness), or more plausible models of single-locus selection such a frequency dependent selection or temporally varying selection or selection that varied by ecological niche. But ultimately, the question was

an empirical one and required the collection of large data sets to test neutral theory.

Two schools of thought arose almost immediately and could be characterized as the “selectionists” versus the “neutralists.” Looking back, it is revealing how tenaciously many of us clung to these contrasting positions. For the “selectionists” the whole Darwinian program seemed at risk, while for the “neutralists” the truth of the theoretical calculations seemed undeniable. (It probably didn’t help that the neutral theory came to be known as non-Darwinian evolution!) People became angry and emotional over these contrasting positions and friendships were stressed.

The ensuing controversy lasted for around a decade and consumed a lot of journal pages. Many of the issues that were to define the controversy were explored in 1971 during a symposium at UC Berkeley and later published in 1972 as the Proceedings of the V Berkeley Symposium of Mathematical Statistics and Probability. I was lucky enough to attend the symposium and to hear the leading figures of population genetics debate the issues. These included Dick Lewontin, Jim Crow, Motoo Kimura, Warren Ewens, R. W. Allard and Francisco Ayala among others. It was heady stuff for a graduate student and left an enduring mark on my thinking. At the time, I was just finishing my PhD thesis on geographic patterns of isozyme variation in wild oats in California and the lectures were perfect fodder for my dissertation.

Francisco Ayala represented the empirical side of the field at the Berkeley symposium. Francisco began his career studying the philosophy of biology and was strongly influenced by the work of Karl Popper (1959) that argued that for a scientific theory to be valid its predictions must be subject to falsification by experiment or empirical observations. Francisco had employed the Popperian approach in his 1960s work on competition between species of *Drosophila* to question the competitive exclusion principle in ecology (Ayala, 1969) and he immediately realized that the predictions of neutral theory were ideal for empirical testing.

Following the philosophical framework of Karl Popper, Ayala and his students set out to collect large data sets of isozyme variation from the *Drosophila willistoni* group to test the predictions of neutral theory (Ayala et al., 1970). The sampling design was to collect flies from four different species of the *D. Willistoni* group from a series of islands in the Caribbean. Each fly was assayed for its genotype at 28 different isozyme loci and the allele frequencies within and among populations, islands and species were calculated. From these structured samples a series of statistics were calculated and compared

to expectations based on neutral theory (Ayala and Tracey, 1974). The results of the calculations appeared to provide a clear rejection of neutral theory, because the distribution of locus specific genetic identity among species did not conform to the predictions of theory (e.g. Ayala and Tracey, 1974). Ayala's empirical work testing the neutral theory provided compelling evidence, owing to large sample sizes, large numbers of loci surveyed, the geographically structured nature of the sample and the inclusion of within and between species samples. More importantly it represented a transition to rigorous hypothesis testing in population genetics based on the clear predictions of a well-defined body of theory. This body of work attracted a lot of attention and later contributed to Ayala's election to the US National Academy of Sciences in 1980.

Ultimately the idea of neutral molecular variation came to be an accepted null hypothesis in the field. At the same time, the neutral theory itself was modified to include various selective effects (e.g. associative selection, nearly neutral theory, Ohta, 1971; Kimura and Ohta, 1971), so that the elegant theoretical structure of the neutral theory was expanded while also making it more compatible with empirical observations. This had the effect of rendering the theory less testable, but more realistic.

At about the same time, molecular biology began producing a number of unexpected discoveries about the organization of the eukaryotic genome such as the existence of introns and of multigene families and providing compelling molecular evidence for transposable elements. Each of these new phenomena was entirely outside the postulates of theoretical population genetics and provided a vast stimulus to empirical research. While population genetic models were modified to account for these new phenomena, the research momentum shifted from theoretical to empirical discovery. Empirical research in molecular evolution continued to accelerate with the rapid elaboration of new technologies over the decades since the mid 1970s to the present.

Throughout his career Francisco Ayala was quick to adopt new technologies beginning with isozymes and ending with rapid DNA sequencing. He was also quick to employ new analytical methods and to expand the range of evolutionary questions he investigated, while also emphasizing a rigorous hypothesis testing framework. To amplify on this point I briefly consider his early work utilizing molecular phylogenies and the molecular clock.

5. PHYLOGENITIC TREES

An old idea in evolutionary biology is that of an evolutionary tree that depicts the history of branching relationships among species (or other categories of biological diversity), based on their separation over time from common ancestors. In an early use of genetic data for phylogenetic inference, Dobzhansky inferred the branching relationships among inversion polymorphisms in *Drosophila pseudoobscura* in the late 1930s (Dobzhansky, 1970). Ayala was quick to see that the new isozyme data also provided a powerful approach to inferring historical relationships among populations and species. But there are two subtle distinctions between trees derived from inversion polymorphisms and trees derived from many isozyme loci. First, a tree derived from many isozyme loci provides a good representation of average relationships across the entire genome, while one derived from a single character like an inversion type does not necessarily represent the species tree. And second, the temporal ordering of branching events can be inferred in the inversion case, but the individual mutations detected at isozyme loci do not provide information on their temporal ordering. Rather temporal inference is based on some measure of genetic distance averaged over loci and often combined with a molecular clock assumption.

Ayala and colleagues were among the first to use isozyme data to estimate phylogenies, in their case for the *Drosophila willistoni* species complex (Ayala et al., 1974), thus providing a comprehensive picture of the evolutionary relationships among Caribbean island and continental species. This work foreshadowed a large body of later research that projected phylogenies on geography, thereby permitting inferences about the history of interisland migrations and speciation events. In a different, and medically important application of phylogenetic inference, Escalante and Ayala (1994) used small subunit ribosomal DNA sequences to investigate the relationship between malarial parasites with the goal of determining the origin of human malarial parasites. The evolution of human parasites became a major theme of Ayala's later research and contributed importantly to strategies for disease control (e.g., Tibayrenc and Ayala, 2000).

6. MOLECULAR CLOCKS

The notion of a molecular clock was first postulated by Zuckerkandl and Pauling (1965) based on their consideration of early sequence data for the

cytochrome c protein. The argument that flows from neutral theory is that if the mutation rate is u and there are $2N$ copies of a gene in a diploid population then the rate of fixation of a new mutation is $u2N(1/2N) = u$. That is the rate of fixation of neutral mutations is exactly equal to the mutation rate, a presumed constant, implying a constant rate of molecular divergence between species at any neutral gene.

The molecular clock hypothesis is a powerful idea because it offers a means of estimating the time of divergence between species based solely on measures of genetic distance. Ayala and colleagues (Ayala, 1997; 1999) showed that while important, the molecular clock varied greatly among genes, so its application needed to reflect different rates of molecular evolution among different genes. My own research on chloroplast DNA evolution paralleled these themes during this period (Ritland and Clegg, 1987; Gaut et al., 1992), so I was especially attracted to these results.

7. HUMAN EVOLUTION

Research on *Drosophila*, bacteria and viruses dominated the early period of experimental genetics, because these organisms had short generation times and could be cultured in large numbers, rendering them ideal for tracing genetic transmission in the laboratory over several generations. Humans, of course, did not lend themselves to experimental manipulation and have long generation times so the early study of human genetics was mostly limited to cataloging mutant phenotypes. All of this changed with the introduction of molecular techniques and especially with the advent of rapid DNA sequencing and the ability to sequence ancient DNA. Over the last twenty years the study of human evolution has blossomed, both because of molecular technologies and because of an accelerating wealth of new paleontological findings (Seddon, 2022). Here too Francisco Ayala was quick to appreciate the new findings and to interpret the profound implications for our understanding of our human history (Ayala and Cella-Conde, 2017; Cella-Conde and Ayala, 2017a, b).

We now know that over the last 2 million years a wealth of hominin species (or subspecies) walked the earth, although only our own species remains. As of this writing, we can count at least 6 or 7 different *Homo* entities, all of which made tools and operated as cooperative bands. We also know that during the last few million years, the earth has experienced multiple dramatic

changes in climate, having undergone multiple ice ages and alternating dry and humid periods. These climatic changes almost certainly drove the cultural and biological evolution of hominin populations (Seddon, 2022).

Our closest relatives, *H. neanderthalensis* and *H. denisova*, separated from the lineage leading to *H. sapiens* between about 600,000 and 500,000 years ago and then later interbred with our ancestors around 47,000 to 65,000 years ago (Sriram et al., 2016). Recent evidence from Morocco dates the appearance of *Homo sapiens* to about 300,000 years ago (Richter et al., 2017). All three species probably had language and utilized fire. Out of this hominin diversity, only we remain.

Recent analyses estimate that the ancestral species to *Homo sapiens* underwent a severe population bottle neck between about 930,000 and 813,000 years ago that lasted for about 117,000 years, reaching a minimum population size of only around 1280 breeding individuals (Hu et al., 2023). This time frame spans the Early to Middle Pleistocene transition, a period of major climate change. Moreover, there is a major chromosomal fusion that occurs in the human lineage during this time horizon, leading to the speculation that the common ancestor of Neanderthals, Denisovans and *Homo sapiens* may have emerged as a distinct species during this period of extreme demographic stress. Today we would classify a species with an effective population size of 1280 as endangered. It is sobering to reflect on the perilous path we have followed.

Here I'd like to indulge in few speculative thoughts about the role of technology in our collective historical journey. The evolution of spoken language required genetic changes and likely was a prerequisite to later cultural adaptations such as tool making and the utilization of fire. Over the roughly 350,000 years since the appearance of anatomically modern *H. sapiens*, we operated as hunter gather bands for about 95% of our history. It is only in the last 5% of our history that we transitioned to agriculture and more complex societies. Remarkably the transition to agriculture occurred in several parts of the globe more or less contemporaneously, presumably driven by climate change associated with the end of the last period of glaciation. If the climate had been more stable, would we still be hunter gathers?

Over most of the ensuing history since the invention of agriculture, we relied on human or animal labor to meet the needs of ever more complex civilizations. Human slaves were an important part of the economy of many early civilizations (e.g. ancient Rome). The systematic use of the scientific method to investigate our world, and as a source of new technologies, seems to

have begun in earnest with the Renaissance period about 400 years ago. While we have known about other means of harnessing energy to do work since ancient times (e.g., the Library of Alexandria had a model steam engine over 2000 years ago, waterpower has been used for thousands of years), we did not initiate the large-scale use of steam power until the start of the industrial revolution about 250 years ago. Was this transition partly driven by the emancipation movement? In the last 0.07% of human history, we have suddenly created a highly technological world dependent on fossil fuels for work. Associated with this has been a vast increase in scientific knowledge, including a deep understanding of the universe and of our place in the universe, a doubling or more in life expectancies, a roughly ten-fold increase in the human population thereby inducing serious stresses on the global carrying capacity of Earth that threatens our future well-being. What triggered this sudden explosion of technology and can we manage the consequences? Will the computational power of Artificial Intelligence propel us into a new transition akin to the industrial revolution as some speculate? I miss not having Francisco Ayala present to explore these and other speculations about the future of humanity.

8. THE SCIENCE AND CREATIONISM CONTROVERSIES

Ever since Darwin there has been a tension between religion and the teaching of evolution. When literally interpreted, the creation stories of many religions conflict with our understanding of human origins based on the modern science of biological evolution. This has set up recurring conflicts between these two domains. In the late 1970s and early 1980s a fight over science curricula emerged, when creationists claimed a kind of “equal time” right to teach religious dogma as a part of science curricula in the United States, masquerading under the misleading appellation of “creation science.” The science community viewed this as a serious threat to the integrity of science education and ultimately to the foundations of scientific knowledge.

One of the most important figures in the push back against the demand to use science curricula to propagate religious belief was Francisco Ayala, who became deeply involved in a major court case surrounding an Arkansas law that mandated the teaching of “creation science” in public schools (*McLean v. Arkansas*, 1982). Ayala testified as an expert witness in the case and his credentials as both a scientist and a former priest carried considerable au-

thority. In 1982 Judge William Overton found against the law ruling that “creation science” was religion and did not satisfy the definition of science.

The US National Academy of Sciences also became concerned about the threat to science posed by “creation science” and by a later derivative argument known as “intelligent design” and appointed an ad hoc committee chaired by Francisco Ayala to craft a white paper explaining the scientific case for evolution (Ayala et al., 1984). The resulting booklet, *Science and Creationism. A View from the National Academy of Sciences*, was sent to virtually every school district in America and proved quite effective in public education (NAS, 1984). I had the privilege of serving on a follow up committee that produced updated editions of the white paper in 1999, also under the chairmanship of Francisco Ayala.

For many years, Ayala remained one of the most active speakers and writers opposing the introduction of religious dogma into school curricula under false premises. In 2007, he wrote a beautifully reasoned book, *Darwin's Gift*, meant to reconcile and explain the separate domains of scientific evidence and religious faith. He later received the Templeton Prize for this book and for his broad efforts to reconcile the two domains of science and religion. Characteristically Ayala donated the one million dollar prize to his university to, in part, support graduate fellowships in ecology and evolution.

9. ETHICS

Ethics is fundamental to the practice of science; obviously a truth-seeking process must create a system of practices that put honesty and integrity above all other considerations. An issue for science education, especially at the graduate level, is to transmit this value system to future generations. Often ethical considerations raise hard questions that need careful thought for their resolution. In 1989, the National Academy of Sciences created an ad hoc committee, chaired by Francisco Ayala, to write a report, *On Being a Scientist*, that codified best ethical practices. *On Being a Scientist* explores fundamental ethical questions and addresses critical issues like, how to properly apportion scientific credit, the responsibility that professors and scientific mentors have for their students, issues of data integrity, how to deal with scientific misconduct and a number of related topics. Ayala also served on a later committee that produced an updated version of *On Being a Scientist* in 2009. The booklet *On Being a Scientist* was widely distributed to the scientif-

ic community and still provides the best and most comprehensive source for ethical behavior in science.

Francisco Ayala wrote extensively on ethics over the years. His views are best summarized in a 2017 book chapter (Ayala, 2017) where he argues that moral values and ethics are universal in human society, and he asserts that these values are an indirect product of biological evolution. He claims that ethics are indirectly the result of evolution because they are dependent on advanced intelligence which is itself a direct outcome of natural selection. Ayala identified two preconditions to the acquisition of moral values: (1) abstract reasoning; and (2) the ability to foresee the future consequences of a present action. He then asks the fascinating question of when in the course of hominin evolution did these traits become incorporated into the genetic and cultural endowment of our ancestors? Finally, he concludes that moral codes are a cultural phenomenon and determined by cultural not biological evolution. Ayala then goes on to consider when esthetic values emerged in hominin evolution and he makes a convincing case that at a minimum these values were shared with our Neanderthal cousins.

10. FRANCISCO AYALA: A REMARKABLE MAN

I never heard Francisco speak ill of another person. He was always kind and he was particularly generous in advancing the careers of his students and colleagues. I was deeply impressed by his continuous efforts to nominate his colleagues for high honors. Preparing these nominations requires considerable effort and thought and Francisco was the first to step forward to assume these tasks. It was as if he felt an obligation to share his own good fortune as widely as possible. He set a high standard for the rest of us.

For more than sixty years his primary residence was in the United States, yet Francisco remained a European gentleman in his external demeanor. He was always elegantly dressed, even for informal occasions. He was a handsome man but with an open and friendly style who engaged people easily. He was witty and enjoyed sharing a good joke with his colleagues. Despite his prominence, he took considerable pains to make students feel comfortable in his presence. But he was also quite efficient in his use of time. I once asked him how he managed to write so much and he said that he started at 3 am each morning and rarely slept for more than four hours. This iron clad disci-

pline was a likely a consequence of his seminary days, but he maintained it throughout his life and managed to do more than any other two men.

Francisco Ayala received almost every scientific honor afforded by his profession, including the National Medal of Science in 2002. He served on the President's Council of Scientific Advisors during most of the Clinton administration and he was elected President of several scientific societies including the American Association for the Advancement of Science. He believed in service and almost always accepted committee and other assignments.

Amazingly, Francisco managed to be a successful farmer in addition to his academic pursuits. He owned considerable vineyard acreage in the San Joaquin Valley of California and was a major grape producer. He had professional vineyard managers, but he planned daily tasks with them by phone most mornings as he walked to his office at UC Irvine. These operations produced considerable wealth and characteristically, Francisco and Hana dedicated their wealth to philanthropic causes, making a major donation to the university for endowed chairs and the support for graduate students and other generous gifts in support of the arts, prominently to the Pacific Symphony of Orange County.

Francisco had a portion of the highest quality grapes from his farms set aside for his own personal wine and he enjoyed sharing these wonderful vintage wines with his colleagues. Not surprisingly, he was a raconteur who enjoyed excellent food and good conversation. I have many fond memories of dinners in the best local restaurants with Francisco and Hana. We would share one of Francisco's wines while enjoying great food and stimulating talk.

Like his mentor, Th. Dobzhansky, Francisco was a gifted writer in English, despite the fact that English was not his native language. I am told that he wrote quickly and rarely needed to edit. Francisco remained engaged and busy writing almost up until his death in February 2023. I would sometimes run into him walking in our neighborhood during this final year and he would be eager to talk about his latest writing project. He was fortunate to retain his mental acuity until the end.

Francisco J. Ayala left an amazing legacy. He influenced the course of science through his focus of the empirical testing of evolutionary hypotheses. He permanently raised the standard of empirical rigor in population genetics, population ecology, molecular evolution and in evolutionary epidemiology. These fields reached a new level of maturity owing to Ayala's unique combination of empirical science and philosophy. He had a major impact on the

development of the philosophy of biology as a scholarly discipline through his deep reflections on science and religion, on ethics and on the foundations of science.

A measure of one's legacy is the people we have trained, and in this respect Francisco Ayala was also exceptional. All together he trained more than 100 PhD and post-doctoral students. He hosted over 115 scientific visitors in his laboratory and he provided a valued link between the scientific communities of Latin America, Europe and the US. Many of his former students and collaborators are today's scientific leaders in over 20 different countries. His thinking and approach to science will continue to be influential long into the future. Francisco J. Ayala passed away just nine days short of his 89th birthday, a scholar to the end.

References

- Allison, A. C. (1955). Aspects of polymorphism in man, Cold Spring Harbor Symp. *Quant. Biol.*, 20, 239-255.
- Ayala, F. J. (1969). Experimental invalidation of the principle of competitive exclusion, *Nature*, 224, 1076-1079.
- Ayala, F. J. (1989). On Being A Scientist (NAS Committee on the Conduct of Science, F.J. Ayala, Chairman.), *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 86, 9053-9074.
- Ayala, F. J. (1997). Vagaries of the molecular clock, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94, 7776-7783.
- Ayala, F. J. (1999). Molecular clock mirages, *BioEssays*, 21, 71-75.
- Ayala, F. J. (1999). *Science and Creationism. A View from the National Academy of Sciences*. National Academy Press.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*. Joseph Henry Press.
- Ayala, F. J. (2013). On the Origins of Modern Science: Copernicus and Darwin, In: S.L. Sorgner and B.-R. Jovanovic (eds.). *Evolution and the Future. Anthropology, Ethics, Religion* (pp. 101-113). Peter Lang.
- Ayala, F. J. (2017a). The Evolution of Ethics, *Center For Humans & Nature*, <https://www.humansandnature.org/the-evolution-of-ethics>.
- Ayala, F. J. (2017b). Adaptive Significance of Ethics and Aesthetics, In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala, eds., *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 601-623). Academic Press.
- Ayala, F. J. (2017c). Human Evolution and Progress, In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala (eds.). *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 565-577). Academic Press.

- Ayala, F.J., Mourão, C.A., Pérez-Salas, S., Richmond, R. & Dobzhansky, Th. (1970). Enzyme variability in the *Drosophila willistoni* group. I. Genetic differentiation among sibling species, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 67, 225-232.
- Ayala, F. J., & Tracey, M. L. (1974). Genetic differentiation within and between species of the *Drosophila willistoni* group, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 71, 999-1003.
- Ayala, F. J., Tracey, M. L., Hedgecock, D., & Richmond, R. C. (1974). Genetic differentiation during the speciation process in *Drosophila*, *Evolution*, 28, 576-592.
- Ayala, F. J., Barrio, E., & Kwiatowski, J. (1996). Molecular clock or erratic evolution? A tale of two genes, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93, 11729-11734
- Ayala, F. J., & Cela-Conde, C. J. (2017). *Processes in Human Evolution. The journey from early hominins to Neanderthals and modern humans*. Oxford University Press.
- Bateson W. (1909). *Mendel's principle of heredity*. Cambridge University Press.
- Benton, M. J., & Ayala, F. J. (2003). Dating the Tree of Life, *Science*, 300, 1698-1700.
- Cela-Conde, C. J., & Ayala, F. J. (2017a). The Advent of Biological Evolution and Humankind: Chance or Necessity?, In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala (eds.). *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 3-15). Academic Press.
- Cela-Conde, C.J., & Ayala, F. J. (2017b). Science and Technology in Human Societies: From Tool Making to Technology. In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala (eds.). *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 729-755). Academic Press.
- Crow, J. F., & Kimura, M. (1970). *An introduction to population genetics theory*. Blackburn Press.
- Dobzhansky, Th. (1970). *Genetics of the Evolutionary Process*. Columbia University Press.
- Escalante, A. A., & Ayala, F. J. (1994). Phylogeny of the malarial genus *Plasmodium*, derived from rRNA gene sequences, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 91, 11373-11377.
- Escalante, A. A., Lal, A. A., & Ayala, F. J. (1998). Genetic Polymorphism and Natural Selection in the Malaria Parasite *Plasmodium falciparum*, *Genetics*, 149, 189-202.
- Felsenstein, (1971). On the biological significance of the cost of a gene substitution, *Amer. Natur.*, 105, 1-11.
- Fisher, R. A. (1918). The Correlation between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 53, 399-433.

- Fisher, R. A. (1930). *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon Press.
- Ford E. B. (1965). *Genetic polymorphism*, MIT Press.
- Gaut, B. S., Muse, S. V., Clark, W. D., & Clegg, M. T. (1992). Relative rates of nucleotide substitution at the *rbcl* locus in monocotyledonous plants, *J. Molec. Evol.*, 35, 292-303.
- Haldane, J. B. S. (1932). *The Causes of Evolution*, Longmans, Green & Co.
- Haldane, J. B. S. (1949). Disease and evolution. *Ricerca Science Supplement*, 19, 3–10.
- Harris, H. (1966). Enzyme polymorphisms in man. *Proc. Roy. Soc. Ser.B.*, 164, 298-310.
- Hu, W., Hao, Z., Du, P., Vincenzo, F. D., Anzi G., Cui, J., Fu, Y-X., Pan, Y-H., & Li, H. (2023). Genomic inference of a severe human bottleneck during the Early to Middle Pleistocene transition, *Science*, 381, 979-984.
- Hunter, R. L., & Markert, C. L. (1957). Histochemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels, *Science*, 125 (3261), 1294–1295.
- Kimura, M. (1968). Evolutionary rate at the molecular level, *Nature*, 217 (5129), 624–626.
- Kimura, M., & Ohta, T. (1971). *Theoretical Aspects of Population Genetics*. Princeton University Press.
- Lewontin, R.C. (1974). *Genetic Basis of Evolutionary Change*. Columbia University Press.
- Muller, H. J. (1950). Our load of mutations, *Am. J. Hum. Genet.*, 2, 111-76.
- Ohta, T. (1971). Associative overdominance caused by linked detrimental mutations, *Genet. Res.*, 18, 277–286.
- Popper, K. (1959). *The logic of Scientific Discovery. The logic of scientific discovery. Central Works of Philosophy v4: Twentieth Century*.
- Provine, W. B. (1971). *The Origins of Theoretical Population Genetics*. University of Chicago Press.
- Richter, D., Grün, R., Joannes-Boyau, R., Steele, T. E., Amani, F., Rué, M., Fernandes, P., Raynal, J.-P., Geraads, D., Ben-Ncer, A., Hublin, J.-J., & McPherron, S. P. (2017). The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age, *Nature*, 546 (7657), 293-296.
- Ritland, K., & Clegg, M. T. (1987). Evolutionary analysis of plant DNA sequences, *Amer. Natur.*, 130, S74-S100.
- Rodriguez-Trelles, F., Tarrio, R., & Ayala, F. J. (2001). Erratic overdispersion of three molecular clocks: GPDH, SOD, and XDH, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98, 11405-11410.
- Schrödinger, E. (1944). *What is life?* Cambridge Univ Press.
- Seddon, C. (2022). *Humans from the Beginning*. Glanville Publications.

- Sriram, S., Mallick, S., Patterson, N., & Reich, D. (2016). The combined landscape of Denisovan and Neanderthal ancestry in present-day humans, *PLOS Genet.*, 26, 1241-1247.
- Tibayrenc, M., & Ayala, F. J. (2000). Molecular epidemiology and evolutionary genetics of pathogenic microorganisms: analysis and interpretation of data, In: R.C.A. Thompson, (ed.). *Molecular Epidemiology of Infectious Diseases* (pp. 20-29). Arnold.
- Wright, S. (1931). Evolution in Mendelian Populations, *Genetics*, 16, 97-159.
- Zuckerkandl E., & Pauling, L. (1966). Evolutionary Divergence and Convergence in Proteins, In V. Bryson, H. Vogel (eds.). *Evolving Genes and Proteins* (pp. 97-166). Academic Press.

Humanos

Entre lo prehumano y lo pos- o transhumano

Carlos Beorlegui

Un rasgo propio de nuestra especie es la búsqueda de su identidad. En la antigüedad, se de nía en relación a lo divino y, en la actualidad, el elemento de contraste son los animales (lo prehumano) y lo poshumano (ciborgs, androides o robots). Hoy más que nunca, nos hallamos ante la necesidad de ahondar en nuestra propia identidad y defender un renovado humanismo que reivindique nuestra diferencia cualitativa frente al resto de los animales, a la vez que construi- mos una sociedad futura basada en la defensa de la dignidad e igualdad de todos los humanos.



Colección Ciencia y Religión

Número 14

Págs. 648

ISBN: 978-84-293-2914-8

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2018.



SERVICIO DE PUBLICACIONES
edit@comillas.edu
<https://tienda.comillas.edu>
Tel.: 917 343 950

FRANCISCO J. AYALA: CIENTÍFICO, FILÓSOFO, HUMANISTA Y AMIGO

Francisco J. Ayala: Scientist, Humanist and Friend

Michael T. Clegg

Profesor emérito de la Universidad de California, Irvine
mcllegg@uci.edu; <https://orcid.org/0000-0001-9321-7193>

Recibido: 6 mayo 2024

Aceptado: 13 junio 2024

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.008>

RESUMEN: Francisco J. Ayala fue una figura destacada en la biología evolutiva desde mediados del siglo XX hasta las dos primeras décadas del siglo XXI. El propósito de este artículo es intentar situar su obra en el contexto más amplio de la biología evolutiva y considerar brevemente sus importantes contribuciones a la filosofía de la biología, incluida la conciliación de la evolución biológica y la religión y sus escritos sobre la evolución de la ética. Otro propósito más personal es relatar su influencia en mí y en toda una generación de genetistas evolutivos. Para lograr estos dos objetivos, sitúo su obra en un contexto histórico más amplio, centrándome en sus primeros trabajos, que proporcionaron pruebas empíricas rigurosas de la hipótesis de la evolución de los genes neutros en la década de 1970. Intento dar una idea del ser humano que existe detrás de una obra increíble, además de explicar algunas de las influencias en su desarrollo.

PALABRAS CLAVE: Evolución neutral, filogenia, reloj molecular, ciencia y religión, ética biológica.

ABSTRACT: Francisco J. Ayala was a dominant figure in evolutionary biology from the mid 20th through the first two decades of the 21st century. The purpose of this article is to try to place his work into the larger context of evolutionary biology and to briefly consider his important contributions to the philosophy of biology, including reconciling biological evolution and religion and his writings on the evolution of ethics. Another more personal purpose is to recount his influence on me and on a whole generation of evolutionary geneticists. To achieve these twin purposes, I place his work into the larger historical context with a focus on his early work providing rigorous empirical tests of the hypothesis of neutral gene evolution in 1970s. I try to give some flavor for the human being behind an incredible body of work and to explicate some of the forces that may have influenced his development.

KEYWORDS: Neutral evolution, phylogeny, molecular clock, science and religion, biological ethics.

1. INTRODUCCIÓN

Francisco J. Ayala contaba con un intelecto excepcional, una notable ética de trabajo y un alto grado de generosidad personal. Su prodigiosa producción científica influyó en tres generaciones de biólogos evolutivos y filósofos, y seguirá haciéndolo en el futuro. En total publicó más de 1200 artículos científicos, capítulos de libros, reseñas de libros y ensayos. También fue autor o editor de 66 libros. Aunque vivió y trabajó en Estados Unidos desde principios de la década de 1960 hasta su muerte en 2023, mantuvo estrechas relaciones con las comunidades científicas de Europa y América Latina y, especialmente, con su España natal. Escribió principalmente en inglés, pero también publicó con frecuencia en español. Fue un auténtico ciudadano del mundo.

Ayala se licenció en Física por la Universidad Complutense de Madrid en 1955 e ingresó en el seminario poco después. Fue ordenado sacerdote dominico en 1960, pero abandonó el sacerdocio pocos meses después. No obstante, esta experiencia estimuló claramente sus escritos posteriores, que trataban de conciliar la biología evolutiva y la religión. Tuve la suerte de contar con Francisco como amigo durante más de 50 años y, como tal, tuve la oportunidad de observar el desarrollo de su extraordinaria carrera. Recuerdo que una vez le pregunté a Francisco qué le había llevado a estudiar la evolución y me contestó que el libro de Erwin Schrödinger de 1944 *¿Qué es la vida?* le había cautivado cuando era estudiante y le había conducido al campo de la biología evolutiva. Esto, a su vez, le llevó a solicitar un permiso de la Orden Dominicana para realizar estudios de biología evolutiva con Theodosius Dobzhansky en la Universidad de Columbia en Nueva York.

Dobzhansky, refugiado ruso-ucraniano, se había incorporado en 1927 al laboratorio de Thomas Hunt Morgan en la Universidad de Columbia con una beca Rockefeller para estudiar la nueva ciencia de la genética. Dobzhansky se convirtió en una figura destacada de la genética evolutiva, debido a su papel como uno de los principales arquitectos de la "síntesis moderna" de la genética y la evolución y a sus enfoques experimentales pioneros en el estudio de la genética evolutiva. Cuando Ayala se incorporó a su laboratorio, Dobzhansky ya era conocido como uno de los principales pensadores y escritores sobre evolución y sobre temas relacionados con la filosofía de la evolución. En aquella época, el laboratorio de Dobzhansky era un hervidero de actividad intelectual con alumnos y exalumnos tan notables como Bruce Wallace, Tim Prout, Richard Lewontin, Wyatt Anderson, Lee Erhman, Lee van Valen y otros. Ayala encajaba a la perfección en este entorno estimulante y altamente competitivo.

En los años 50 y 60, las universidades estadounidenses tenían una edad de jubilación obligatoria y cuando Dobzhansky cumplió 65 años tuvo que retirarse de la Universidad de Columbia, pero en lugar de jubilarse simplemente se trasladó a la Universidad Rockefeller. Para entonces, Francisco era profesor adjunto en el Providence College de Providence, Rhode Island, y Dobzhansky se las arregló para que Francisco se uniera a él como profesor adjunto en Rockefeller. Hacia 1970, Dobzhansky se trasladó a UC Davis para ocupar un puesto honorario en la facultad. Parte del acuerdo consistía en que Francisco también se uniría a Dobzhansky en Davis. Yo era estudiante de posgrado en el laboratorio de Robert W. Allard, que dirigía el Departamento de Genética de Davis y que desempeñó un papel decisivo (junto con Ledyard Stebbins) en la contratación de Dobzhansky y Francisco Ayala. En consecuencia, conocí a Francisco en 1970, cuando visitó Davis en relación con la negociación de su contratación, y aún recuerdo vívidamente su impactante presencia y el magistral seminario que impartió en el departamento de genética.

Francisco se trasladó a Davis en 1971 e inmediatamente estableció un laboratorio muy activo, y varios estudiantes dotados como Martin Tracey, John MacDonald, Dennis Hedgecock y John Avise se unieron rápidamente al laboratorio de Ayala. Yo dejé Davis en 1972 para ocupar un puesto docente en la Universidad de Brown, pero el año de coincidencia me brindó una estimulante oportunidad de interactuar con el laboratorio de Ayala. Francisco se convirtió en una especie de hermano mayor académico para mí y nuestros caminos se cruzaron con frecuencia durante los años siguientes. Finalmente, en 2004, Francisco me reclutó para unirme a él en la UC Irvine, donde tuve la oportunidad de relacionarme con Francisco y Hana de forma regular. Fui beneficiario de sus numerosas atenciones y los conté entre mis amigos más íntimos.

Mi propósito en este ensayo es analizar el importante papel de Ayala en la formulación de un riguroso enfoque empírico de la genética de poblaciones y la evolución molecular y considerar su destacado papel en la defensa de la ciencia de la evolución frente a los ataques creacionistas. Por último, examinaré brevemente sus intereses en la evolución humana y sus aportaciones fundamentales a una teoría de la evolución de la ética. Intentaré situar su obra y sus ideas en el contexto histórico y científico de la época y describir algunas de las corrientes que influyeron en la orientación de la investigación y la interpretación a lo largo de los años.

2. PRÓLOGO: LOS INICIOS DE LA GENÉTICA DE POBLACIONES

Cuando empecé a estudiar genética de poblaciones, a finales de los años sesenta, la vertiente empírica del campo estaba dominada por los alumnos de Dobzhansky. La genética de poblaciones también tenía una fuerte tradición matemática y Dobzhansky colaboró con Sewall Wright, uno de los fundadores de la genética de poblaciones teórica, en experimentos diseñados para medir parámetros básicos de la teoría. A pesar de ello, la parte teórica del campo estaba mucho más avanzada y dominaba el pensamiento. Las herramientas para el estudio empírico eran primitivas y/o muy dependientes de modelos. Pero la emergente ciencia de la biología molecular y los métodos aliados de la bioquímica estaban empezando a cambiar este equilibrio y Francisco Ayala fue una de las principales figuras tempranas que aprovechó la oportunidad para ampliar los enfoques empíricos en genética de poblaciones.

La genética de poblaciones teórica surgió en la segunda década del siglo XX como un argumento de consistencia matemática para conciliar la aparente paradoja de la herencia particular con selección natural que opera sobre pequeñas variaciones continuas (Provine, 1971). Una escuela, representada por William Bateson (Bateson, 1909) sostenía que la mutación era la fuerza motriz de la evolución, mientras que una escuela opuesta, conocida como los biometristas y representada por el sobrino de Darwin, Francis Galton, defendía una especie de herencia continua. La resolución definitiva llegó en 1918 con un artículo seminal de R. A. Fisher (Fisher, 1918) en el que aportaba una prueba matemática de que las correlaciones fenotípicas entre parientes podían explicarse con precisión por la transmisión mendeliana de factores particulares (genes).

Fisher llegó a demostrar que la evolución por selección natural no sólo era compatible con la herencia particular, sino que ésta era de hecho una condición necesaria para la conservación de la varianza genética. De hecho, Fisher no sólo demostró que la herencia mendeliana conservaba la varianza genética, sino que también argumentó que era el sistema de herencia más simple con esta propiedad esencial. Por el contrario, un sistema de herencia mixta, como el postulado por Darwin y algunos de sus contemporáneos, destruiría rápidamente la variación genética, haciendo ineficaz la selección natural como fuerza evolutiva (Fisher, 1930).

El trabajo pionero de Fisher fue seguido muy pronto por la elaboración de modelos matemáticos que consideraban la dinámica de los genes bajo diversos patrones de selección, migración, mutación y deriva genética (Fisher, 1930; Haldane, 1932; Wright, 1931). El planteamiento matemático consistía

en hacer abstracciones hasta llegar a genes individuales, sin tener en cuenta las posibles interacciones entre genes de distintos "loci" (diferentes ubicaciones cromosómicas) y sin considerar los efectos del ligamiento genético. Esta simplificación era necesaria para que estos modelos elementales fueran matemáticamente manejables y se consideró una primera aproximación razonable a la dinámica evolutiva real. Esto creó inmediatamente un desajuste entre el trabajo empírico y el teórico, porque los empíricos tenían que estudiar las manifestaciones fenotípicas de organismos enteros que, por lo general, eran el resultado de muchos genes.

A pesar de ello, de estas primeras consideraciones teóricas surgieron varias cuestiones empíricas clave. Una pregunta obvia era cuánta variación genética existe realmente en las poblaciones naturales de organismos típicos. Dicho de otro modo, la pregunta era: de los presumiblemente miles de genes del genoma, ¿qué proporción tiene dos o más formas mutacionales (alelos) con frecuencias cuantificables en las poblaciones naturales? Evidentemente, para que la selección natural impulsara el cambio evolutivo, tenía que haber suficiente variación genética preexistente en las poblaciones para permitir una respuesta adaptativa a circunstancias ambientales nuevas o cambiantes. El problema era que en aquella época no existían buenas herramientas para responder a esta pregunta esencial. Aún no se había descubierto el ADN, por lo que los genetistas de los años 30 y 40 no conocían la base física del gen. Incluso después de que en 1953 se descubriera que el ADN es la base física de la herencia, no se dispuso de herramientas para medir los cambios mutacionales en la molécula de ADN, o en sus proteínas derivadas, hasta dentro de una década o más.

Los primeros genetistas recurrieron a diversas técnicas indirectas para intentar medir la variación genética. Entre ellas figuraba la endogamia (en organismos diploides) para descubrir mutaciones previamente enmascaradas en heterocigotos. Este enfoque ayudó a revelar una gran cantidad de fenotipos, en su mayoría deletéreos, que se segregaban como mutaciones de un solo gen, pero no podía evaluar el nivel general de variación genética. Dado que la mayoría de estos fenotipos deletéreos eran recesivos y, por tanto, estaban enmascarados en los heterocigotos, se llegó a la conclusión de que los organismos diploides llevaban una "carga genética" de mutaciones deletéreas ocultas (Muller, 1950).

Un segundo enfoque consistió en realizar experimentos de selección a largo plazo. Las poblaciones sometidas a varias generaciones de selección fenotípica mostraban a menudo una respuesta sustancial, de modo que tras varias generaciones la media de la población resultante superaba la distribución de

la variación en la población parental, lo que demostraba una amplia variación genética subyacente al rasgo seleccionado. Pero los resultados dependían del fenotipo seleccionado y de la población de referencia, por lo que no permitían hacer generalizaciones sobre los niveles generales de variación genética. Otro enfoque consistía en utilizar los modelos estadísticos de la genética cuantitativa para dividir el componente hereditario de la variación en componentes asociados a mecanismos de acción génica (acción génica aditiva, dominante o epistática). Una vez más, los resultados eran específicos del fenotipo y de la población de referencia y dependían en gran medida del modelo. Aunque indirectos y sujetos a crítica, los resultados de numerosos experimentos de selección y genética cuantitativa se combinaron para sugerir niveles sustanciales de variación genética en las poblaciones de la mayoría de los organismos investigados (resumidos en Lewontin, 1974). Sin embargo, era evidente que existía una necesidad acuciante de métodos más directos para medir los niveles generales de variación genética.

3. LA ERA DE LA ISOENZIMAS

En 1957, Clem Markert y su colega Robert Hunter (Hunter y Markert, 1957) desarrollaron el método de las isoenzimas, que revolucionó el estudio empírico de la genética de poblaciones en las décadas de 1960 y 1970 e inició una era de rápidos cambios tecnológicos en genética. Markert había sido estudiante posdoctoral en Cal Tech, donde estudió el entonces nuevo campo de la genética bioquímica bajo la dirección de George Beadle, Premio Nobel y creador de la hipótesis de un gen y una enzima. Clem Markert era veterano de la Brigada Abraham Lincoln de la Guerra Civil española y un firme creyente en la justicia social en Estados Unidos. Más tarde, el infame Comité de Actividades Antiamericanas de la Cámara de Representantes estuvo a punto de desbaratar los inicios de la carrera académica de Markert cuando fue objeto de una investigación. Era un hombre extraordinario y quizá un poco desconcertado por el impacto que su técnica tuvo en la genética evolutiva.

El método de las isoenzimas permitía visualizar diferentes formas de proteínas enzimáticas en un gel. Las distintas formas proteínicas se separaban en un campo eléctrico y aparecían como bandas tras la aplicación de una tinción histoquímica. Las proteínas están cargadas eléctricamente debido a la carga de sus aminoácidos constituyentes. Si una mutación provocaba una sustitución de aminoácidos, especialmente en el subconjunto de aminoácidos cargados, la carga eléctrica neta de la proteína se alteraba y, por tanto,

cambiaba su movilidad en el campo eléctrico. Rápidamente se descubrió que los diferentes alelos de un mismo locus genético podían visualizarse en un gel, por lo que fue posible detectar formas mutantes de diversas proteínas enzimáticas para una amplia gama de enzimas, proporcionando así un medio para estimar la variabilidad genética a nivel de loci individuales. Un locus con dos o más formas de una proteína se consideraba polimórfico y era fácil calcular la fracción de *loci* polimórficos.

Si echamos la vista atrás, resulta curioso que los genetistas de poblaciones tardaran casi una década en darse cuenta de que existía un método directo y basado en una muestra más o menos aleatoria del genoma para medir la variación genética. En 1966, Harry Harris (1966) y Lewontin y Hubby (1966) cambiaron el rumbo de la genética de poblaciones al publicar dos importantes trabajos en los que se utilizaba la electroforesis en gel para demostrar que los niveles de polimorfismo eran muy superiores a lo que se pensaba. Harris demostró que alrededor del 30% de los loci humanos, que codificaban proteínas enzimáticas, son polimórficos, basándose en la electroforesis en gel de una muestra de diez loci. Lewontin y Hubby obtuvieron una estimación sorprendentemente similar a partir de un estudio electroforético de 18 loci enzimáticos en *Drosophila pseudoobscura* muestreados en una amplia zona geográfica. El artículo de Lewontin y Hubby fue especialmente importante porque los autores explicaron con clarividencia las implicaciones de estos hallazgos en términos de genética de poblaciones.

La implicación más sorprendente de los trabajos de Harris y de Lewontin y Hubby fue que si el 30% de los loci son polimórficos, entonces literalmente miles o incluso decenas de miles de genes deben tener dos o más formas segregadas en las poblaciones. Además, se trata de una grave subestimación porque la electroforesis en gel sólo detecta una fracción de todos los cambios de aminoácidos (principalmente los que inducen un cambio de carga). (Las mutaciones sinónimas en genes codificantes y, por supuesto, las mutaciones en regiones no codificantes del genoma, potencialmente importantes en la regulación génica, tampoco pueden detectarse mediante la técnica isoenzimática). Hasta ese momento, la mayoría de los genetistas de poblaciones suponían que los polimorfismos se mantenían en las poblaciones mediante alguna forma de selección equilibradora. Pero los enormes niveles de variación genética descubiertos por el método isoenzimático parecían incompatibles con esta visión clásica.

4. LA CONTROVERSIA SOBRE LA NEUTRALIDAD

Hasta la introducción del método isoenzimático, la mayoría de los estudios sobre polimorfismo genético se centraban en rasgos identificables como los patrones de coloración de las alas en las polillas (Ford, 1965) o los polimorfismos de inversión cromosómica en *Drosophila pseudoobscura* (Dobzhansky, 1970). Un caso paradigmático de polimorfismo equilibrado de aquella época fue la anemia falciforme, en la que el heterocigoto gozaba de una importante protección frente a la malaria y no sufría la grave anemia del homocigoto mutante (Allison, 1955). El homocigoto para el alelo normal era susceptible a la malaria y sufría mayores tasas de mortalidad a causa de la enfermedad. La distribución geográfica del alelo mutante falciforme se correspondía muy bien con la distribución de la malaria en África y en otros lugares, lo que inicialmente sugería una asociación con la resistencia a la enfermedad (Haldane, 1949). Estos casos y muchos otros se consideraron polimorfismos equilibrados en los que la selección favorecía formas alternativas en función de las circunstancias ecológicas. Pero los nuevos resultados de las isoenzimas revelaron que literalmente miles de genes eran polimórficos y era difícil conciliar esta nueva variación encontrada con la selección equilibrada clásica.

Dos líneas de argumentación teórica reforzaron las dudas sobre el papel de la selección en el mantenimiento de la variación molecular. La primera se basaba en un famoso cálculo de J. B. S. Haldane (1957, véase también Felsenstein, 1971) sobre el coste de la sustitución de un gen. Haldane demostró que había un límite superior para el número de genes que podían estar bajo selección en un momento dado y que el límite venía determinado por el potencial reproductivo de la especie. En esencia, la supervivencia o la reproducción diferenciales exigían la eliminación de algunos tipos, lo que reducía el potencial reproductivo de la especie con respecto a su máximo. Si se seleccionan simultáneamente demasiados genes, la reducción podría ser mayor que el potencial reproductivo y la especie declinaría hasta la extinción. El segundo argumento, estrechamente relacionado, surgió del concepto de "carga de segregación", según el cual en los organismos diploides el polimorfismo equilibrado implicaba la segregación de los tipos homocigóticos menos aptos, como en el caso de la anemia falciforme antes citado. Si literalmente miles de loci están sometidos a una selección equilibrada independiente, lo que implica que la aptitud es multiplicativa entre loci, entonces la reducción de la aptitud (potencial reproductivo) sería enorme (Crow y Kimura, 1970).

Una solución a este dilema fue afirmar que la mayor parte de la variación molecular es neutral a la selección. La afirmación era que la mayoría de las

nuevas mutaciones en el ADN (y, por tanto, en las proteínas enzimáticas) no afectan al fenotipo y, por tanto, no son percibidas por la selección. Estas nuevas mutaciones simplemente derivan a través de las poblaciones y en los diploides una fracción $1/2N$ de las nuevas mutaciones se fijará en última instancia (donde N es el tamaño efectivo de la población de la especie). Para la pequeña fracción de nuevas mutaciones destinadas a ser fijadas, se necesitarán $4N$ generaciones de media para que se produzca la fijación, lo que para la mayoría de las especies sería un tiempo muy largo, por lo que en cualquier momento una muestra revelaría mutaciones neutras en la mayoría de los loci a la deriva en la población (Kimura, 1968).

La suposición de que la mayoría de las nuevas mutaciones se rigen únicamente por la deriva simplificó los cálculos teóricos y permitió obtener muchos resultados importantes, como los que acabamos de citar sobre el tiempo esperado hasta la fijación de una nueva mutación, lo que dio lugar a un rico corpus de predicciones teóricas comprobables. También dio lugar a algunos corolarios importantes, como la hipótesis del reloj molecular (Crow y Kimura, 1970). Los resultados teóricos fueron criticados por ser demasiado simplistas al no tener en cuenta la llamada selección epistática (interacciones entre diferentes loci genéticos en la aptitud), o modelos más plausibles de selección de un solo locus como la selección dependiente de la frecuencia o la selección temporalmente variable o la selección que variaba según el nicho ecológico. Pero, en última instancia, la cuestión era empírica y requería la recopilación de grandes conjuntos de datos para poner a prueba la teoría neutral.

Surgieron casi de inmediato dos escuelas de pensamiento que podrían caracterizarse como los “seleccionistas” frente a los “neutralistas”. En retrospectiva, resulta revelador lo tenazmente que muchos de nosotros nos aferramos a estas posturas contrapuestas. Para los “seleccionistas”, todo el programa darwinista parecía estar en peligro, mientras que para los “neutralistas” la verdad de los cálculos teóricos parecía innegable. (¡Probablemente no ayudó que la teoría neutral llegara a conocerse como evolución no darwiniana!). La gente se enfadó y se emocionó por estas posturas contrapuestas y las amistades se resintieron.

La controversia subsiguiente duró alrededor de una década y consumió muchas páginas de revistas. Muchas de las cuestiones que iban a definir la controversia se analizaron en 1971 durante un simposio celebrado en la Universidad de Berkeley y posteriormente se publicaron en 1972 como *Proceedings of the V Berkeley Symposium of Mathematical Statistics and Probability* (Actas del V Simposio de Berkeley de Estadística Matemática y Probabilidad). Tuve la suerte de asistir al simposio y de escuchar a las principales figuras de

la genética de poblaciones debatir las cuestiones. Entre ellos estaban Dick Lewontin, Jim Crow, Motoo Kimura, Warren Ewens, R. W. Allard y Francisco Ayala, entre otros. Para un estudiante de posgrado era algo embriagador y dejó una huella imborrable en mi forma de pensar. Por aquel entonces, estaba terminando mi tesis doctoral sobre los patrones geográficos de variación isoenzimática en la avena silvestre de California, y las conferencias fueron el material perfecto para mi tesis.

Francisco Ayala representó el lado empírico del campo en el simposio de Berkeley. Francisco comenzó su carrera estudiando filosofía de la biología y se vio muy influido por la obra de Karl Popper (1959), que sostenía que para que una teoría científica sea válida sus predicciones deben estar sujetas a falsación mediante experimentos u observaciones empíricas. Francisco había empleado el enfoque popperiano en su trabajo de los años sesenta sobre la competencia entre especies de *Drosophila* para cuestionar el principio de exclusión competitiva en ecología (Ayala, 1969) y enseguida se dio cuenta de que las predicciones de la teoría neutral eran ideales para la comprobación empírica.

Siguiendo el marco filosófico de Karl Popper, Ayala y sus estudiantes se propusieron recopilar grandes conjuntos de datos de variación isoenzimática del grupo *Drosophila willistoni* para poner a prueba las predicciones de la teoría neutral (Ayala et al., 1970). El diseño del muestreo consistió en recoger moscas de cuatro especies diferentes del grupo *D. willistoni* en una serie de islas del Caribe. Se analizó el genotipo de cada mosca en 28 loci isoenzimáticos diferentes y se calcularon las frecuencias alélicas dentro de cada población, isla y especie y entre ellas. A partir de estas muestras estructuradas se calcularon una serie de estadísticas y se compararon con las expectativas basadas en la teoría neutral (Ayala y Tracey, 1974). Los resultados de los cálculos parecían proporcionar un claro rechazo de la teoría neutral, porque la distribución de la identidad genética específica de locus entre especies no se ajustaba a las predicciones de la teoría (por ejemplo, Ayala y Tracey, 1974). El trabajo empírico de Ayala para probar la teoría neutral proporcionó pruebas convincentes, debido al gran tamaño de las muestras, el gran número de loci estudiados, la naturaleza geográficamente estructurada de la muestra y la inclusión de muestras dentro de cada especie y entre especies. Y lo que es más importante, representó una transición hacia la comprobación rigurosa de hipótesis en genética de poblaciones, basada en las predicciones claras de un cuerpo teórico bien definido. Este trabajo atrajo mucha atención y contribuyó a que Ayala fuera elegido miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos en 1980.

Finalmente, la idea de la variación molecular neutra se convirtió en una hipótesis nula aceptada en este campo. Al mismo tiempo, la propia teoría neutra se modificó para incluir diversos efectos selectivos (por ejemplo, selección asociativa, teoría casi neutra, Ohta, 1971; Kimura y Ohta, 1971), de modo que la elegante estructura teórica de la teoría neutra se amplió al tiempo que se hacía más compatible con las observaciones empíricas. Esto hizo que la teoría fuera menos comprobable, pero más realista.

Casi al mismo tiempo, la biología molecular empezó a producir una serie de descubrimientos inesperados sobre la organización del genoma eucariota, como la existencia de intrones y de familias multigénicas, y a proporcionar pruebas moleculares convincentes de la existencia de elementos transponibles. Cada uno de estos nuevos fenómenos escapaba por completo a los postulados de la genética de poblaciones teórica y supuso un enorme estímulo para la investigación empírica. Al tiempo que se modificaban los modelos de genética de poblaciones para dar cuenta de estos nuevos fenómenos, el impulso de la investigación pasó de los descubrimientos teóricos a los empíricos. La investigación empírica en evolución molecular siguió acelerándose con la rápida elaboración de nuevas tecnologías a lo largo de las décadas transcurridas desde mediados de los setenta hasta la actualidad.

A lo largo de su carrera, Francisco Ayala adoptó rápidamente las nuevas tecnologías, empezando por las isoenzimas y terminando por la secuenciación rápida del ADN. También se apresuró a emplear nuevos métodos analíticos y a ampliar el abanico de cuestiones evolutivas que investigaba, al tiempo que hacía hincapié en un marco riguroso de comprobación de hipótesis. Para profundizar en este punto, me detendré brevemente en sus primeros trabajos sobre las filogenias moleculares y el reloj molecular.

5. ÁRBOLES FILOGENÉTICOS

Una vieja idea de la biología evolutiva es la de un árbol evolutivo que represente la historia de las relaciones de ramificación entre especies (u otras categorías de diversidad biológica), basándose en su separación en el tiempo de ancestros comunes. En uno de los primeros usos de los datos genéticos para la inferencia filogenética, Dobzhansky dedujo las relaciones de ramificación entre los polimorfismos de inversión en *Drosophila pseudoobscura* a finales de la década de 1930 (Dobzhansky, 1970). Ayala no tardó en darse cuenta de que los nuevos datos isoenzimáticos también proporcionaban un potente

enfoque para inferir relaciones históricas entre poblaciones y especies. Pero hay dos sutiles diferencias entre los árboles derivados de polimorfismos de inversión y los árboles derivados de muchos loci isoenzimáticos. En primer lugar, un árbol derivado de muchos loci isoenzimáticos proporciona una buena representación de las relaciones medias en todo el genoma, mientras que uno derivado de un único carácter, como un tipo de inversión, no representa necesariamente el árbol de especies. En segundo lugar, en el caso de la inversión puede deducirse el orden temporal de las ramificaciones, pero las mutaciones individuales detectadas en los loci isoenzimáticos no proporcionan información sobre su orden temporal. La inferencia temporal se basa más bien en alguna medida de distancia genética promediada sobre los loci y a menudo combinada con la suposición de un reloj molecular.

Ayala y sus colegas fueron de los primeros en utilizar datos isoenzimáticos para estimar filogenias, en su caso para el complejo de especies de *Drosophila willistoni* (Ayala et al., 1974), proporcionando así una imagen completa de las relaciones evolutivas entre las especies insulares y continentales del Caribe. Este trabajo prefiguró una gran cantidad de investigaciones posteriores que proyectaron las filogenias sobre la geografía, permitiendo así inferencias sobre la historia de las migraciones entre islas y los eventos de especiación. En una aplicación diferente y médicamente importante de la inferencia filogenética, Escalante y Ayala (1994) utilizaron secuencias de ADN ribosómico de subunidad pequeña para investigar la relación entre los parásitos de la malaria con el objetivo de determinar el origen de los parásitos de la malaria humana. La evolución de los parásitos humanos se convirtió en uno de los temas principales de la investigación posterior de Ayala y contribuyó de forma importante a las estrategias de control de la enfermedad (por ejemplo, Tibayrenc y Ayala, 2000).

6. RELOJES MOLECULARES

La noción de reloj molecular fue postulada por primera vez por Zuckerkandl y Pauling (1965) basándose en su consideración de los primeros datos de secuencias de la proteína citocromo c. El argumento que se desprende de la teoría neutra es que si la tasa de mutación es u y hay $2N$ copias de un gen en una población diploide, la tasa de fijación de una nueva mutación es $u2N(1/2N) = u$. Es decir, la tasa de fijación de las mutaciones neutras es exactamente igual a la tasa de mutación, una supuesta constante, lo que implica

una tasa constante de divergencia molecular entre especies en cualquier gen neutro.

La hipótesis del reloj molecular es una idea poderosa porque ofrece un medio para estimar el tiempo de divergencia entre especies basándose únicamente en medidas de distancia genética. Ayala y sus colegas (Ayala, 1997; 1999) demostraron que, aunque importante, el reloj molecular variaba mucho entre genes, por lo que su aplicación debía reflejar diferentes tasas de evolución molecular entre distintos genes. Mi propia investigación sobre la evolución del ADN del cloroplasto fue paralela a estos temas durante este periodo (Ritland y Clegg, 1987; Gaut et al., 1992), por lo que me sentí especialmente atraído por estos resultados.

7. EVOLUCIÓN HUMANA

La investigación con *Drosophila*, bacterias y virus dominó el primer periodo de la genética experimental, porque estos organismos tenían tiempos de generación cortos y podían cultivarse en grandes cantidades, lo que los hacía ideales para rastrear la transmisión genética en el laboratorio a lo largo de varias generaciones. Los humanos, por supuesto, no se prestaban a la manipulación experimental y tenían tiempos de generación largos, por lo que los primeros estudios de genética humana se limitaron sobre todo a catalogar fenotipos mutantes. Todo esto cambió con la introducción de las técnicas moleculares y, especialmente, con la llegada de la secuenciación rápida del ADN y la capacidad de secuenciar ADN antiguo. En los últimos veinte años, el estudio de la evolución humana ha florecido, tanto gracias a las tecnologías moleculares como a la riqueza acelerada de nuevos hallazgos paleontológicos (Seddon, 2022). También en este caso Francisco Ayala se apresuró a apreciar los nuevos hallazgos y a interpretar las profundas implicaciones para nuestra comprensión o nuestra historia humana (Ayala y Cела-Conde, 2017; Cela-Conde y Ayala, 2017a, b).

Ahora sabemos que en los últimos 2 millones de años han caminado por la Tierra numerosas especies (o subespecies) de homínidos, aunque sólo queda la nuestra. En el momento de escribir estas líneas, podemos contar al menos 6 o 7 *Homo* diferentes, todos los cuales fabricaban herramientas y funcionaban como bandas cooperativas. También sabemos que, durante los últimos millones de años, la Tierra ha experimentado múltiples cambios climáticos dramáticos, habiendo pasado por múltiples edades de hielo y alternando

periodos secos y húmedos. Es casi seguro que estos cambios climáticos impulsaron la evolución cultural y biológica de las poblaciones de homínidos (Seddon, 2022).

Nuestros parientes más cercanos, *H. neanderthalensis* y *H. denisova*, se separaron del linaje que dio lugar a *H. sapiens* hace entre 600.000 y 500.000 años y posteriormente se cruzaron con nuestros antepasados hace entre 47.000 y 65.000 años (Sriram et al., 2016). Pruebas recientes procedentes de Marruecos datan la aparición del *Homo sapiens* hace unos 300.000 años (Richter et al., 2017). Las tres especies probablemente tenían lenguaje y utilizaban el fuego. De esta diversidad de homínidos, solo quedamos nosotros.

Análisis recientes estiman que la especie ancestral del *Homo sapiens* sufrió un grave cuello de botella poblacional entre hace unos 930.000 y 813.000 años que duró unos 117.000 años, alcanzando un tamaño mínimo de población de sólo unos 1.280 individuos reproductores (Hu et al., 2023). Este marco temporal abarca la transición del Pleistoceno temprano al Pleistoceno medio, un periodo de grandes cambios climáticos. Además, durante este horizonte temporal se produce una importante fusión cromosómica en el linaje humano, lo que lleva a especular con la posibilidad de que el ancestro común de neandertales, denisovanos y *Homo sapiens* haya surgido como una especie distinta durante este periodo de estrés demográfico extremo. Hoy clasificaríamos en peligro de extinción a una especie con una población efectiva de 1.280 individuos. Es aleccionador reflexionar sobre el peligroso camino que hemos seguido.

Aquí me gustaría permitirme algunas reflexiones especulativas sobre el papel de la tecnología en nuestro viaje histórico colectivo. La evolución del lenguaje hablado requirió cambios genéticos y probablemente fue un requisito previo para posteriores adaptaciones culturales como la fabricación de herramientas y la utilización del fuego. A lo largo de los aproximadamente 350.000 años transcurridos desde la aparición del *H. sapiens* anatómicamente moderno, funcionamos como bandas de cazadores-recolectores durante aproximadamente el 95% de nuestra historia. Sólo en el último 5% de nuestra historia pasamos a la agricultura y a sociedades más complejas. Sorprendentemente, la transición a la agricultura se produjo en varias partes del planeta de forma más o menos simultánea, presumiblemente impulsada por el cambio climático asociado al final del último periodo de glaciación. Si el clima hubiera sido más estable, ¿seguiríamos siendo cazadores-recolectores?

Durante la mayor parte de la historia posterior, desde la invención de la agricultura, se recurrió a la mano de obra humana o animal para satisfacer las

necesidades de civilizaciones cada vez más complejas. Los esclavos humanos fueron una parte importante de la economía de muchas de las primeras civilizaciones (por ejemplo, la antigua Roma). El uso sistemático del método científico para investigar nuestro mundo, y como fuente de nuevas tecnologías, parece haber comenzado en serio con el periodo del Renacimiento, hace unos 400 años. Aunque conocemos otros medios de aprovechar la energía para realizar trabajos desde la antigüedad (por ejemplo, la Biblioteca de Alejandría tenía un modelo de máquina de vapor hace más de 2000 años, la fuerza hidráulica se ha utilizado durante miles de años), no iniciamos el uso a gran escala de la energía de vapor hasta el comienzo de la revolución industrial hace unos 250 años. ¿Fue esta transición impulsada en parte por el movimiento emancipador? En el último 0,07% de la historia de la humanidad, hemos creado de repente un mundo altamente tecnológico dependiente de los combustibles fósiles para trabajar. A ello se ha asociado un vasto aumento de los conocimientos científicos, incluida una profunda comprensión del universo y de nuestro lugar en el universo, una duplicación o más de la esperanza de vida, un aumento de la población humana de aproximadamente diez veces, induciendo así graves tensiones sobre la capacidad de carga global de la Tierra que amenazan nuestro bienestar futuro. ¿Qué ha desencadenado esta repentina explosión tecnológica y podemos gestionar sus consecuencias? ¿Nos impulsará el poder computacional de la Inteligencia Artificial hacia una nueva transición similar a la revolución industrial, como especulan algunos? Echo de menos la presencia de Francisco Ayala para explorar estas y otras especulaciones sobre el futuro de la humanidad.

8. CONTROVERSIAS SOBRE CIENCIA Y CREACIONISMO

Desde Darwin ha existido una tensión entre la religión y la enseñanza de la evolución. Cuando se interpretan literalmente, las historias de la creación de muchas religiones entran en conflicto con nuestra comprensión de los orígenes humanos basada en la ciencia moderna de la evolución biológica. Esto ha creado conflictos recurrentes entre estos dos ámbitos. A finales de los años setenta y principios de los ochenta surgió una lucha sobre los planes de estudios científicos, cuando los creacionistas reclamaron una especie de derecho de "igualdad de tiempo" para enseñar el dogma religioso como parte de los planes de estudios científicos en Estados Unidos, enmascarado bajo el engañoso apelativo de "ciencia de la creación". La comunidad científica lo consideró una grave amenaza para la integridad de la enseñanza de las ciencias y, en última instancia, para los fundamentos del conocimiento científico.

Una de las figuras más importantes en la lucha contra la exigencia de utilizar los planes de estudios científicos para propagar creencias religiosas fue Francisco Ayala, que se implicó a fondo en un importante caso judicial en torno a una ley de Arkansas que obligaba a enseñar la "ciencia de la creación" en las escuelas públicas (McLean contra Arkansas, 1982). Ayala testificó como perito en el caso y sus credenciales como científico y antiguo sacerdote le conferían una autoridad considerable. En 1982, el juez William Overton falló en contra de la ley, declarando que la "ciencia de la creación" era religión y no se ajustaba a la definición de ciencia.

La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos también se preocupó por la amenaza que suponían para la ciencia la "ciencia de la creación" y un argumento derivado posterior conocido como "diseño inteligente", y nombró un comité ad hoc presidido por Francisco Ayala para elaborar un libro blanco en el que se explicaran los argumentos científicos a favor de la evolución (Ayala et al., 1984). El folleto resultante, *Science and Creationism. A View from the National Academy of Sciences (Ciencia y Creacionismo. Una visión desde la Academia Nacional de Ciencias)*, se envió a prácticamente todos los distritos escolares de Estados Unidos y resultó bastante eficaz en la educación pública (NAS, 1984). Tuve el privilegio de formar parte de un comité de seguimiento que elaboró ediciones actualizadas del libro blanco en 1999, también bajo la presidencia de Francisco Ayala.

Durante muchos años, Ayala fue uno de los oradores y escritores más activos que se oponían a la introducción del dogma religioso en los programas escolares bajo falsas premisas. En 2007, escribió un libro bellamente razonado, *El don de Darwin*, destinado a reconciliar y explicar los dominios separados de la evidencia científica y la fe religiosa. Posteriormente recibió el Premio Templeton por este libro y por sus amplios esfuerzos para reconciliar los dos dominios de la ciencia y la religión. Ayala donó el millón de dólares del premio a su universidad para financiar becas de postgrado en ecología y evolución.

9. ÉTICA

La ética es fundamental para la práctica de la ciencia; obviamente, un proceso de búsqueda de la verdad debe crear un sistema de prácticas que sitúe la honestidad y la integridad por encima de cualquier otra consideración. Uno de los problemas de la enseñanza de las ciencias, especialmente a nivel de postgrado, es transmitir este sistema de valores a las generaciones futuras.

A menudo, las consideraciones éticas plantean cuestiones difíciles que requieren una cuidadosa reflexión para su resolución. En 1989, la Academia Nacional de Ciencias creó un comité ad hoc, presidido por Francisco Ayala, para redactar un informe, *On Being a Scientist (Sobre ser un científico)*, que codificara las mejores prácticas éticas. *On Being a Scientist* explora cuestiones éticas fundamentales y aborda temas críticos como el reparto adecuado del mérito científico, la responsabilidad de los profesores y mentores científicos para con sus estudiantes, la integridad de los datos, la mala conducta científica y otros temas relacionados. Ayala también formó parte de un comité posterior que elaboró una versión actualizada de *On Being a Scientist* en 2009. El folleto *On Being a Scientist* se distribuyó ampliamente entre la comunidad científica y sigue siendo la mejor y más completa fuente de información sobre el comportamiento ético en la ciencia.

Francisco Ayala ha escrito mucho sobre ética a lo largo de los años. Sus puntos de vista se resumen mejor en un capítulo de un libro de 2017 (Ayala, 2017) donde argumenta que los valores morales y la ética son universales en la sociedad humana, y afirma que estos valores son un producto indirecto de la evolución biológica. Afirma que la ética es indirectamente el resultado de la evolución porque depende de la inteligencia avanzada, que es en sí misma un resultado directo de la selección natural. Ayala identifica dos condiciones previas para la adquisición de valores morales: (1) el razonamiento abstracto; y (2) la capacidad de prever las consecuencias futuras de una acción presente. A continuación, plantea la fascinante pregunta de en qué momento de la evolución de los homínidos se incorporaron estos rasgos a la dotación genética y cultural de nuestros antepasados. Por último, concluye que los códigos morales son un fenómeno cultural y están determinados por la evolución cultural, no biológica. Ayala examina a continuación cuándo surgieron los valores estéticos en la evolución de los homínidos y argumenta de forma convincente que, como mínimo, estos valores eran compartidos con nuestros primos neandertales.

10. FRANCISCO AYALA: UN HOMBRE EXTRAORDINARIO

Nunca oí a Francisco hablar mal de otra persona. Siempre fue amable y especialmente generoso a la hora de promover las carreras de sus estudiantes y colegas. Me impresionaron profundamente sus continuos esfuerzos por nominar a sus colegas para recibir altos honores. Preparar estas nominaciones requiere un esfuerzo y una reflexión considerables, y Francisco era el primero

en dar un paso al frente para asumir estas tareas. Era como si sintiera la obligación de compartir su buena fortuna lo más ampliamente posible. Nos puso el listón muy alto a todos.

Durante más de sesenta años residió principalmente en Estados Unidos, pero Francisco seguía siendo un caballero europeo en su comportamiento externo. Siempre vestía con elegancia, incluso en ocasiones informales. Era un hombre apuesto, pero con un estilo abierto y amistoso que se relacionaba fácilmente con la gente. Era ingenioso y disfrutaba compartiendo un buen chiste con sus colegas. A pesar de su prominencia, se esforzaba por que los estudiantes se sintieran cómodos en su presencia. Pero también era muy eficiente en el uso del tiempo. Una vez le pregunté cómo se las arreglaba para escribir tanto y me dijo que empezaba a las tres de la mañana y que rara vez dormía más de cuatro horas. Esta férrea disciplina era probablemente una consecuencia de sus días en el seminario, pero la mantuvo durante toda su vida y consiguió hacer más que ningún otro hombre.

Francisco Ayala ha recibido casi todas las distinciones científicas de su profesión, incluida la Medalla Nacional de la Ciencia en 2002. Formó parte del Consejo de Asesores Científicos del Presidente durante la mayor parte de la administración Clinton y fue elegido Presidente de varias sociedades científicas, entre ellas la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia. Creía en el servicio y casi siempre aceptaba comisiones y otras tareas.

Sorprendentemente, Francisco se las arregló para ser un agricultor de éxito además de sus actividades académicas. Poseía una extensión considerable de viñedos en el Valle de San Joaquín (California) y era un gran productor de uva. Tenía administradores de viñedos profesionales, pero planificaba las tareas diarias con ellos por teléfono la mayoría de las mañanas mientras se dirigía a su oficina en la UC Irvine. Estas operaciones produjeron una riqueza considerable y, como era de esperar, Francisco y Hana dedicaron su fortuna a causas filantrópicas, realizando una importante donación a la universidad para la dotación de cátedras y el apoyo a los estudiantes de posgrado y otras generosas donaciones en apoyo de las artes, destacando la destinada a la Pacific Symphony del condado de Orange.

Francisco reservaba una parte de las uvas de mayor calidad de sus granjas para su vino personal y disfrutaba compartiendo estos maravillosos vinos de cosecha con sus colegas. No en vano, era un charlatán que disfrutaba con la buena comida y la buena conversación. Tengo muchos buenos recuerdos de cenas en los mejores restaurantes locales con Francisco y Hana. Compar-

tíamos uno de los vinos de Francisco mientras disfrutábamos de una comida estupenda y una charla estimulante.

Al igual que su mentor, Th. Dobzhansky, Francisco tenía talento para escribir en inglés, a pesar de no ser su lengua materna. Me han dicho que escribía con rapidez y que rara vez tenía que editar. Francisco se mantuvo comprometido y ocupado escribiendo casi hasta su muerte, en febrero de 2023. A veces me lo encontraba paseando por nuestro barrio durante este último año y estaba ansioso por hablar de su último proyecto de escritura. Tuvo la suerte de conservar su agudeza mental hasta el final.

Francisco J. Ayala dejó un legado asombroso. Influyó en el curso de la ciencia al centrarse en la comprobación empírica de las hipótesis evolutivas. Elevó permanentemente el nivel de rigor empírico en genética de poblaciones, ecología de poblaciones, evolución molecular y epidemiología evolutiva. Estos campos alcanzaron un nuevo nivel de madurez gracias a la combinación única que hizo Ayala de ciencia empírica y filosofía. Sus profundas reflexiones sobre la ciencia y la religión, la ética y los fundamentos de la ciencia influyeron decisivamente en el desarrollo de la filosofía de la biología como disciplina académica.

El legado de una persona se mide por las personas que ha formado, y en este sentido Francisco Ayala también fue excepcional. En total, formó a más de 100 estudiantes de doctorado y posdoctorado. Recibió en su laboratorio a más de 115 visitantes científicos y constituyó un valioso vínculo entre las comunidades científicas de América Latina, Europa y Estados Unidos. Muchos de sus antiguos alumnos y colaboradores son hoy líderes científicos en más de 20 países. Su pensamiento y su enfoque de la ciencia seguirán siendo influyentes en el futuro. Francisco J. Ayala falleció nueve días antes de cumplir 89 años, como un erudito hasta el final.

Referencias

- Allison, A. C. (1955). Aspects of polymorphism in man, Cold Spring Harbor Symp. *Quant. Biol.*, 20, 239-255.
- Ayala, F. J. (1969). Experimental invalidation of the principle of competitive exclusion, *Nature*, 224, 1076-1079.
- Ayala, F. J. (1989). On Being A Scientist (NAS Committee on the Conduct of Science, F.J. Ayala, Chairman.), *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 86, 9053-9074.

- Ayala, F. J. (1997). Vagaries of the molecular clock, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94, 7776-7783.
- Ayala, F. J. (1999). Molecular clock mirages, *BioEssays*, 21, 71-75.
- Ayala, F. J. (1999). *Science and Creationism. A View from the National Academy of Sciences*. National Academy Press.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*. Joseph Henry Press.
- Ayala, F. J. (2013). On the Origins of Modern Science: Copernicus and Darwin, In: S.L. Sorgner and B.-R. Jovanovic (eds.). *Evolution and the Future. Anthropology, Ethics, Religion* (pp. 101-113). Peter Lang.
- Ayala, F. J. (2017a). The Evolution of Ethics, *Center For Humans & Nature*, <https://www.humansandnature.org/the-evolution-of-ethics>.
- Ayala, F. J. (2017b). Adaptive Significance of Ethics and Aesthetics, In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala, eds., *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 601-623). Academic Press.
- Ayala, F. J. (2017c). Human Evolution and Progress, In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala (eds.). *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 565-577). Academic Press.
- Ayala, F. J., Mourão, C.A., Pérez-Salas, S., Richmond, R., y Dobzhansky, Th. (1970). Enzyme variability in the *Drosophila willistoni* group. I. Genetic differentiation among sibling species, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 67, 225-232.
- Ayala, F. J., y Tracey, M. L. (1974). Genetic differentiation within and between species of the *Drosophila willistoni* group, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 71, 999-1003.
- Ayala, F. J., Tracey, M. L., Hedgecock, D., y Richmond, R. C. (1974). Genetic differentiation during the speciation process in *Drosophila*, *Evolution*, 28, 576-592.
- Ayala, F. J., Barrio, E., y Kwiatowski, J. (1996). Molecular clock or erratic evolution? A tale of two genes, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93, 11729-11734
- Ayala, F. J., y Cela-Conde, C. J. (2017). *Processes in Human Evolution. The journey from early hominins to Neanderthals and modern humans*. Oxford University Press.
- Bateson W. (1909). *Mendel's principle of heredity*. Cambridge University Press.
- Benton, M. J., y Ayala, F. J. (2003). Dating the Tree of Life, *Science*, 300, 1698-1700.
- Cela-Conde, C. J., y Ayala, F. J. (2017a). The Advent of Biological Evolution and Humankind: Chance or Necessity?, In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala (eds.). *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 3-15). Academic Press.
- Cela-Conde, C. J., y Ayala, F. J. (2017b). Science and Technology in Human Societies: From Tool Making to Technology. In: M. Tibayrenc and F.J. Ayala

- (eds.). *On Human Nature. Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* (pp. 729-755). Academic Press.
- Crow, J. F., y Kimura, M. (1970). *An introduction to population genetics theory*. Blackburn Press.
 - Dobzhansky, Th. (1970). *Genetics of the Evolutionary Process*. Columbia University Press.
 - Escalante, A. A., y Ayala, F. J. (1994). Phylogeny of the malarial genus *Plasmodium*, derived from rRNA gene sequences, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 91, 11373-11377.
 - Escalante, A.A., Lal, A .A., y Ayala, F. J. (1998). Genetic Polymorphism and Natural Selection in the Malaria Parasite *Plasmodium falciparum*, *Genetics*, 149, 189-202.
 - Felsenstein, (1971). On the biological significance of the cost of a gene substitution, *Amer. Natur.*, 105, 1-11.
 - Fisher, R. A. (1918). The Correlation between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 53, 399-433.
 - Fisher, R. A. (1930). *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon Press.
 - Ford, E. B. (1965). *Genetic polymorphism*, MIT Press.
 - Gaut, B. S., Muse, S. V., Clark, W. D., y Clegg, M. T. (1992). Relative rates of nucleotide substitution at the *rbcl* locus in monocotyledonous plants, *J. Molec. Evol.*, 35, 292-303.
 - Haldane, J. B. S. (1932). *The Causes of Evolution*, Longmans, Green & Co.
 - Haldane, J. B. S. (1949). Disease and evolution. *Ricerca Science Supplement*, 19, 3-10.
 - Harris, H. (1966). Enzyme polymorphisms in man. *Proc. Roy. Soc. Ser.B.*, 164, 298-310.
 - Hu, W., Hao, Z., Du, P., Vincenzo, F. D., Anzi G., Cui, J., Fu, Y-X., Pan, Y-H., y Li, H. (2023). Genomic inference of a severe human bottleneck during the Early to Middle Pleistocene transition, *Science*, 381, 979-984.
 - Hunter, R. L., y Markert, C. L. (1957). Histochemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels, *Science*, 125 (3261), 1294-1295.
 - Kimura, M. (1968). Evolutionary rate at the molecular level, *Nature*, 217 (5129), 624-626.
 - Kimura, M., y Ohta, T. (1971). *Theoretical Aspects of Population Genetics*. Princeton University Press.
 - Lewontin, R. C. (1974). *Genetic Basis of Evolutionary Change*. Colombia University Press.
 - Muller, H. J. (1950). Our load of mutations, *Am. J. Hum. Genet.*, 2, 111-76.

- Ohta, T. (1971). Associative overdominance caused by linked detrimental mutations, *Genet. Res.*, 18, 277-286.
- Popper, K. (1959). *The logic of Scientific Discovery. The logic of scientific discovery. Central Works of Philosophy v4: Twentieth Century.*
- Provine, W. B. (1971). *The Origins of Theoretical Population Genetics.* University of Chicago Press.
- Richter, D., Grün, R., Joannes-Boyau, R., Steele, T. E., Amani, F., Rué, M., Fernandes, P., Raynal, J.-P., Geraads, D., Ben-Ncer, A., Hublin, J.-J., y McPherron, S. P. (2017). The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age, *Nature*, 546 (7657), 293-296.
- Ritland, K., y Clegg, M. T. (1987). Evolutionary analysis of plant DNA sequences, *Amer. Natur.*, 130, S74-S100.
- Rodriguez-Trelles, F., Tarrío, R., y Ayala, F. J. (2001). Erratic overdispersion of three molecular clocks: GPDH, SOD, and XDH, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98, 11405-11410.
- Schrödinger, E. (1944). *What is life?* Cambridge Univ Press.
- Seddon, C. (2022). *Humans from the Beginning.* Glanville Publications.
- Sriram, S., Mallick, S., Patterson, N., y Reich, D. (2016). The combined landscape of Denisovan and Neanderthal ancestry in present-day humans, *PLOS Genet.*, 26, 1241- 1247.
- Tibayrenc, M., y Ayala, F. J. (2000). Molecular epidemiology and evolutionary genetics of pathogenic microorganisms: analysis and interpretation of data, In: R.C.A. Thompson, (ed.). *Molecular Epidemiology of Infectious Diseases* (pp. 20-29). Arnold.
- Wright, S. (1931). Evolution in Mendelian Populations, *Genetics*, 16, 97-159.
- Zuckerkandl E., y Pauling, L. (1966). Evolutionary Divergence and Convergence in Proteins, In V. Bryson, H. Vogel (eds.). *Evolving Genes and Proteins* (pp. 97-166). Academic Press.

THE AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY AND THE HISTORY OF SCIENCE

La American Philosophical Society y la historia de la ciencia

Robert M. Hauser

Executive Officer - American Philosophical Society

rmhauser@amphilsoc.org; <https://orcid.org/0000-0002-2649-5545>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.009>

The late econometrician, Arthur S. Goldberger, was one of my dearest colleagues at the University of Wisconsin-Madison. Art often told me that “A good story is worth retelling.” Thus, I will say, again, that it is a great honor for me to speak about Francisco José Ayala at this 90th anniversary celebration of his birth.¹

This morning, I spoke about Francisco José Ayala’s election to the American Philosophical Society (APS) and his public participation in it. My purpose in this afternoon’s talk is to describe how the American Philosophical Society became an exceptional repository of significant contributions to the history of science and to highlight and commend Francisco José Ayala’s role in the growth of our collections.

Across the past three centuries, the collections of the American Philosophical Society have gradually come to focus in three areas: American history

¹ I am greatly indebted to information and advice provided by Charles Greifenstein, Curator of Manuscripts, now *emeritus*, David Gary, Associate Director of the Library for Collections, and Jane M. Whitehill.

to 1850; Native American language and culture; and the history of science, technology, and medicine. It is to the last of these that Francisco José Ayala has made great contributions.

Although we honor Benjamin Franklin as the founder of the American Philosophical Society, it was not his idea originally. Rather, it was first conceived by Franklin's friend, the botanist John Bartram. His idea went nowhere until Franklin composed his masterful and persuasive proposal for "promoting useful knowledge."

At its origin—and through much of its history—the American Philosophical Society was not about philosophy as currently understood, but about natural science—observational and experimental, theoretical and applied. Benjamin Franklin used the term, "philosophy," as shorthand for "natural philosophy," the term then used to describe science. (That word has become something of a problem; the American Philosophical Society [APS] can be confounded with the American Philosophical Association [APA], an organization focused on the practice of philosophy.) After 1734, the Society had become inactive, but it was resurrected in 1769 and achieved international visibility through the contribution of its second president, David Rittenhouse, who measured the distance from the earth to the sun by close observation of the transit of Venus (Smith, Lukens, Rittenhouse, & Sellers, 1769).

Thomas Jefferson was the third president of the APS, mainly while he was Vice President or President of the United States. His most significant scientific endeavor was to use the Society to commission, train, and equip Meriwether Lewis and William Clark to explore and record the North American continent west of the Mississippi River.

During Jefferson's time at the APS, John Vaughn, a wealthy wine merchant, began to assemble the APS Library's collections. Vaughn was a voracious buyer of books, often from Europe, and in his many decades at the Society—he actually lived in Philosophical Hall from 1822 until his death in 1841—its collection grew from hundreds to many thousands of books. The Society also obtained, largely by gift, many manuscript documents from early America and the era of the American Revolution. For example, these include Jefferson's handwritten penultimate draft of the Declaration of Independence—which contained anti-slavery language that was expunged by the Continental Congress; a first printing of the U.S. Constitution, annotated by Benjamin Franklin; a subscription list from 1793 for support of an ultimately doomed first effort by Jefferson to map the West; and the journals of Lewis and Clark, which were given to the Society by Jefferson. The Society also holds about

70 percent of Benjamin Franklin's surviving papers plus a large collection of the writings of Thomas Paine.

Another of Jefferson's scientific interests was the language of indigenous peoples. He thought that such languages would disappear as the continent was settled by Europeans, and he set out to record them. He made up lists of words that he thought must be common in any society, and he sent out emissaries—including Lewis and Clark—to collect their indigenous equivalents. His hypothesis was that, by comparing the similarities and differences among indigenous languages, he could reconstruct the history of indigenous populations. However, that was not to be. When Jefferson left the White House, his collection was to be transported from Washington, D.C., to Monticello in a large trunk. Left overnight on a barge on the James River, it was taken by a group of thieves because it was the largest and heaviest item. On seeing that the contents were just a bunch of papers, the robbers dumped them into the river. The following morning, Jefferson was able to collect only about a dozen pages and scraps of pages. They are now in the APS Library.

Inspired by Jefferson's example and his own interest and expertise in philology, Peter Stephen DuPonceau, a later president of the APS, renewed the collection of Native American linguistic and cultural materials before the mid-19th century. That foundational collection was vastly enhanced by the salvage anthropologists of the late 19th and early 20th centuries, most notably Franz Boaz and his students. In particular, aside from their papers and the photographs taken by many of these social scientists, the APS obtained wax cylinder recordings of a great many native languages, which have now been digitized. The Society's first research center—the Center for Native American and Indigenous Research—was created early in this century with multiple purposes: to preserve the Society's holdings; to share cultural and linguistic legacies with indigenous communities; and to train scholars—especially indigenous scholars—in research and advocacy.

Now, the Society's scope has expanded to include history, jurisprudence, the arts, and public affairs. And its support of research has evolved to include awarding close to two million dollars a year in small grants to scholars in every field of knowledge and to fellows whose scholarship is based on access to the Society's collections.

The APS has long had a substantial collection of manuscripts—some 14 million pages in all, and the Library has a controlled environment—as well as skilled conservators—to preserve them. Among that collection, on loan for many years, have been hundreds of original manuscripts that were collected

by an early 20th century immigrant from Lithuania, Sol Feinstone, who made it big in real estate and both collected and disseminated patriotic materials out of love for his adopted country. Feinstone's creation, the David Library of the American Revolution, housed and disseminated other parts of his collection – including 800 rare books and some 9,000 reels of microfilm copies of revolutionary era documents that he had copied. Around 2015, the fund that Feinstone had created for the Library was rapidly being depleted, and, in 2019, the APS entered into a partnership to create the David Center for the American Revolution and accept the remainder of Feinstone's collection.

What about the history of science? Because of the historic origin of the APS and the fact that several of the Librarians of the Society have been students of early America, many outsiders see our frequent appearance in activities related to Early America, and, especially, the era of the Revolutionary War, as central to the role of the Society. In fact, the largest share—and the most accessed parts of the Society's collections—are those in the history of science, technology, and medicine. Some parts of that collection reflect unfortunate circumstances. The Society's history and collections demonstrate complicity with the "scientific" racism of the 19th century—e.g., the pseudo-scientific work of Samuel George Morton—as well as the eugenics movement of the first half of the 20th century. The Society has acknowledged and clearly separated itself from that unfortunate history, but we continue to maintain evidence of it for scholarly purposes.

More to the point, the Society's collections include truly rich resources in the history of 19th to 21st century science, and it continues to collect actively. For example, the Society has created the largest collection of Darwinia outside of London, recently enlarged by James Valentine's gift of his 4500-volume collection of Darwin's works. Perhaps the most extensive and valuable array of 20th century documents is the Society's collection of the papers of eminent geneticists and evolutionary biologists.

This is where Francisco José Ayala comes in. Records of the APS show that Ayala offered the APS his papers at the request of Bentley Glass (APS 1963), probably in the late 1970s or early 1980s. Baruch Blumberg (APS 1986), who was then President of the APS, worked with Charles Greifenstein to obtain a deed of gift from Ayala in May 2010. Ayala's papers arrived at the APS in July 2018, a huge and comprehensive collection that includes 201 linear feet of material.

In an August 2013 letter to then-Librarian Martin Levitt, Professor Ayala wrote:

There are several very good reasons why I chose the Library of the American Philosophical Society as the depository for my papers. First and foremost, because the APS Library has, by far, the most important—and perhaps, the most extensive—collection in the world of personal papers in my scientific fields of genetics and evolutionary biology, including those of my former mentor and author *extraordinarius* of the modern theory of evolution, Theodosius Dobzhansky. I will point out, as incidental evidence of that statement, that my “official” biographer, Dr. Susana Pinar, intends to spend no less than a full month at the APS in Philadelphia, during the forthcoming months, to research information about me in the correspondence and other files available at the APS Library.

In fact, Pinar never showed up at the APS Library, but she did publish a biography of Ayala in Spanish (Pinar García, 2016), that has, to the best of my knowledge, not been translated into English. In any event, the extraordinary record of Francisco José Ayala’s scientific life and work is available at the APS for an ambitious and skilled historian of science and biographer.

The gift of Francisco José Ayala’s papers tells only part of the story of his contributions to the APS Library. He arranged for Walter Fitch’s (APS 2000) papers to be sent to the Society after his death and, as well, for those of his former doctoral advisee, John Avise (APS 2011), to be sent to the APS. Ayala was on the board of the National Center for Scientific Education (NCSE), led by the wonderful Eugenia Scott, and arranged for the NCSE records to be contributed to the Society. He proposed to the eminent paleontologist, James Valentine (APS 2009), that he give his books to the APS. A dedicated scholar of the life and work of Charles Darwin, Valentine contributed a collection of virtually every edition of Charles Darwin’s works in every language, some 4500 books in all, including 26 of 29 British first editions. In one other case, there is some disagreement about Ayala’s role. Some attribute the gift of Theodosius Dobzhansky’s papers to Ayala and others to Dobzhansky’s correspondence with L.C. Dunn and an APS Librarian. In either case, the Society’s acquisitions of Dobzhansky’s and Ayala’s papers have surely created an incentive for others to contribute.

Over the past two decades, the American Philosophical Society has created research and training centers devoted to two of its three main areas of collection, early America and Native American language and culture. Further, the Society has at last committed to the creation of a Center for the History of Science. As part of its strategic plan for 2024 to 2028, the APS Council

approved the establishment of this Center at its November 2023 meeting. As at the other two centers, its staff will disseminate, preserve, and grow its collections; initiate seminars, public talks, conferences, and publications; and develop new resources to support pre- and post-doctoral research and training.

The collections of the American Philosophical Society in genetics and evolutionary biology will be a highly visible and key substantive resource of the Center. As anticipated in Francisco Jose Ayala's 2013 letter, the Society now holds the scientific papers of many of the giants of genetics and evolutionary biology:² Theodosius Dobzhansky, L.C. Dunn, Walter Fitch, Bentley Glass, Julian Huxley, Nina Jablonski, I. Michael Lerner, Richard Lewontin, Ernst Mayr, Barbara McClintock, Beatrice Mintz, Thomas Hunt Morgan, James Van Gundia Neel, George Gaylord Simpson, Curt Stern, James Valentine, Sewall Wright, and—of course—Francisco José Ayala. In my opinion, thanks in no small part to the endeavors of Francisco José Ayala, these scientific papers will be to the scientific collections of the American Philosophical Society as the writings of Benjamin Franklin are to its historic collections.

References

- Pinar García, S. (2016). *De Dios y Ciencia: La evolución de Francisco J. Ayala*. Alianza.
- Smith, W., Lukens, J., Rittenhouse, D., & Sellers, J. (1769). An Account of the Transit of Venus over the Sun, June 3d, 1769, as Observed at Norriton, in Pennsylvania. By the Committee Appointed for That Observation. Drawn up, and Communicated, in Behalf of the Committee, by Rev. William Smith, DD. *Transactions of the American Philosophical Society*, 1, 8-41.

² There have been any number of highly distinguished women scientists in genetics and evolutionary biology, yet there are few whose original papers are housed in the APS Library. The Center for the History of Science at the APS should make the correction of this omission a high priority. Also, for brevity, the main text does not list all of the distinguished geneticists and evolutionary biologists whose papers are held at the American Philosophical Society. Other less familiar names include John Tyler Bonner, Arthur J. Cain, Hampton L. Carson, Frances Clayton, Erwin Chargaff, C.C. Li, Raymond Pearl, Philip M. Sheppard, Jack Schultz, H. Eldon Sutton, and Bruce Wallace.

LA AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA

*The American Philosophical Society and
the History of Science*

Robert M. Hauser

Director Ejecutivo — American Philosophical Society

rmhauser@amphilsoc.org; <https://orcid.org/0000-0002-2649-5545>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.009>

El difunto econométrista Arthur S. Goldberger fue uno de mis colegas más queridos en la Universidad de Wisconsin-Madison. Art me decía a menudo que “merece la pena volver a contar una buena historia”. Así pues, diré, una vez más, que es un gran honor para mí hablar de Francisco José Ayala en esta celebración del 90 aniversario de su nacimiento.¹

Esta mañana he hablado de la elección de Francisco José Ayala como miembro de la *American Philosophical Society* (APS) y de su participación pública en la misma. Mi propósito en la charla de esta tarde es describir cómo la APS se convirtió en un depósito excepcional de contribuciones significativas a la historia de la ciencia y destacar y elogiar el papel de Francisco José Ayala en el crecimiento de nuestras colecciones.

A lo largo de los últimos tres siglos, las colecciones de la APS se han ido centrando gradualmente en tres áreas: La historia de Estados Unidos hasta 1850; la lengua y cultura de los nativos americanos; y la historia de la ciencia, la tecnología y la medicina. Francisco José Ayala ha hecho grandes aportaciones a esta última.

Aunque honramos a Benjamin Franklin como fundador de la APS, ésta no fue su idea original. Más bien fue concebida por el amigo de Franklin, el botánico

¹ Estoy en deuda con la información y los consejos proporcionados por Charles Greifenstein, encargado de manuscritos, ahora emérito, David Gary, Director Asociado de la Biblioteca para Colecciones, y Jane M. Whitehill.

John Bartram. Su idea no llegó a ninguna parte hasta que Franklin compuso su magistral y persuasiva propuesta para “promover el conocimiento útil”.

En sus orígenes, y durante gran parte de su historia, la APS no se dedicaba a la filosofía tal y como se entiende actualmente, sino a las ciencias naturales: observacionales y experimentales, teóricas y aplicadas. Benjamín Franklin utilizó el término “filosofía” como abreviatura de “filosofía natural”, el término utilizado entonces para describir la ciencia. (Esa palabra se ha convertido en un problema; la APS puede confundirse con la *American Philosophical Association* (APA), una organización centrada en la práctica de la filosofía). Después de 1734, la Sociedad quedó inactiva, pero fue resucitada en 1769 y alcanzó visibilidad internacional gracias a la contribución de su segundo presidente, David Rittenhouse, que midió la distancia de la Tierra al Sol mediante la observación minuciosa del tránsito de Venus (Smith, Lukens, Rittenhouse y Sellers, 1769).

Thomas Jefferson fue el tercer presidente de la APS, principalmente mientras era Vicepresidente o Presidente de los Estados Unidos. Su esfuerzo científico más significativo fue utilizar a la Sociedad para encargar, entrenar y equipar a Meriwether Lewis y William Clark en su exploración e inventario del continente norteamericano al oeste del río Misisipi.

Durante la época de Jefferson en la APS, John Vaughn, un rico comerciante de vinos, comenzó a reunir las colecciones de la Biblioteca de la APS. Vaughn era un comprador voraz de libros, a menudo de Europa, y en sus muchas décadas en la Sociedad —de hecho, vivió en el Philosophical Hall desde 1822 hasta su muerte en 1841— su colección pasó de cientos a muchos miles de libros. La Sociedad también obtuvo, en gran parte por donación, muchos documentos manuscritos de la América primitiva y de la época de la Revolución Americana. Por ejemplo, el penúltimo borrador manuscrito de Jefferson de la Declaración de Independencia, que contenía un lenguaje antiesclavista que fue suprimido por el Congreso Continental; una primera impresión de la Constitución de los Estados Unidos, anotada por Benjamin Franklin; una lista de suscripción de 1793 para apoyar un primer intento finalmente condenado al fracaso de Jefferson de cartografiar el Oeste; y los diarios de Lewis y Clark, que fueron donados a la Sociedad por Jefferson. La Sociedad también conserva alrededor del 70% de los documentos de Benjamin Franklin y una amplia colección de los escritos de Thomas Paine.

Otro de los intereses científicos de Jefferson era la lengua de los pueblos indígenas. Pensaba que esas lenguas desaparecerían a medida que el continente fuera colonizado por los europeos, y se propuso registrarlas. Con-

feccionó listas de palabras que, en su opinión, debían ser comunes en cualquier sociedad, y envió emisarios —incluidos Lewis y Clark— para recoger sus equivalentes indígenas. Su hipótesis era que, comparando las similitudes y diferencias entre las lenguas indígenas, podría reconstruir la historia de las poblaciones autóctonas. Sin embargo, no fue así. Cuando Jefferson abandonó la Casa Blanca, su colección debía ser transportada de Washington D.C. a Monticello en un gran baúl. Dejado toda la noche en una barcaza en el río James, un grupo de ladrones se lo llevó porque era el objeto más grande y pesado. Al ver que el contenido no era más que un montón de papeles, los ladrones lo arrojaron al río. A la mañana siguiente, Jefferson sólo pudo recoger una docena de páginas y trozos de páginas. Ahora se encuentran en la Biblioteca de la APS.

Inspirado por el ejemplo de Jefferson y por su propio interés y experiencia en filología, Peter Stephen DuPonceau, posterior presidente de la APS, renovó la colección de materiales lingüísticos y culturales de los nativos americanos de la primera mitad del siglo XIX. Esa colección fundacional se vio enormemente enriquecida por la “antropología de rescate” (*salvage anthropology*) de finales del siglo XIX y principios del XX, sobre todo Franz Boaz y sus alumnos. En particular, aparte de sus documentos y las fotografías tomadas por muchos de estos científicos sociales, la APS obtuvo grabaciones en cilindros de cera de un gran número de lenguas nativas, que ahora se han digitalizado. A principios de este siglo se creó el primer centro de investigación de la Sociedad, el *Center for Native American and Indigenous Research*, con múltiples objetivos: preservar los fondos de la Sociedad, compartir el legado cultural y lingüístico con las comunidades indígenas y formar a estudiosos, especialmente indígenas, en investigación y promoción.

Ahora, el ámbito de la Sociedad se ha ampliado para incluir la historia, la jurisprudencia, las artes y los asuntos públicos. Y su apoyo a la investigación ha evolucionado para incluir la concesión de cerca de dos millones de dólares al año en pequeñas subvenciones a estudiosos de todos los campos del saber y a becarios cuyas becas se basan en el acceso a las colecciones de la Sociedad.

La APS posee desde hace tiempo una importante colección de manuscritos (unos 14 millones de páginas en total) y la Biblioteca dispone de un entorno controlado, así como de expertos conservadores, para preservarlos. Entre esa colección, prestada durante muchos años, se encuentran cientos de manuscritos originales reunidos por un inmigrante lituano de principios del siglo XX, Sol Feinstone, que hizo fortuna en el sector inmobiliario y coleccionó y difundió material patriótico por amor a su país de adopción. La creación de Feinstone, la Biblioteca David de la Revolución Americana, albergó y difundió

otras partes de su colección, incluidos 800 libros raros y unas 9.000 bobinas de copias en microfilm de documentos de la época revolucionaria que él había copiado. Alrededor de 2015, el fondo que Feinstone había creado para la Biblioteca se estaba agotando rápidamente y, en 2019, la APS se asoció para crear el Centro David de la Revolución Americana y aceptar el resto de la colección de Feinstone.

¿Y sobre la historia de la ciencia? Debido al origen histórico de la APS y al hecho de que varios de los bibliotecarios de la Sociedad han sido estudiosos de la América primitiva, muchas personas ajenas a la Sociedad consideran que nuestra frecuente aparición en actividades relacionadas con la América primitiva y, especialmente, con la época de la Guerra de la Independencia, es fundamental para el papel de la Sociedad. De hecho, la mayor parte —y las partes más consultadas— de las colecciones de la Sociedad son las de historia de la ciencia, la tecnología y la medicina. Algunas partes de esa colección reflejan circunstancias desafortunadas. La historia y las colecciones de la Sociedad demuestran su complicidad con el racismo “científico” del siglo XIX —por ejemplo, la obra pseudocientífica de Samuel George Morton—, así como con el movimiento eugenésico de la primera mitad del siglo XX. La Sociedad ha reconocido y se ha separado claramente de esa desafortunada historia, pero seguimos conservando pruebas de ella con fines académicos.

Más concretamente, las colecciones de la Sociedad incluyen recursos verdaderamente ricos en la historia de la ciencia de los siglos XIX a XXI, y sigue coleccionando activamente. Por ejemplo, la Sociedad ha creado la mayor colección de Darwinia fuera de Londres, recientemente ampliada con la donación por James Valentine de su colección de 4500 volúmenes de obras de Darwin. Tal vez la colección más extensa y valiosa de documentos del siglo XX sea la que reúne los trabajos de eminentes genetistas y biólogos evolutivos.

Aquí es donde entra Francisco José Ayala. Los registros de la APS muestran que Ayala ofreció a la APS sus documentos a petición de Bentley Glass (APS 1963), probablemente a finales de los años setenta o principios de los ochenta. Baruch Blumberg (APS 1986), entonces presidente de la APS, trabajó con Charles Greifenstein para obtener un acta de donación de Ayala en mayo de 2010. Los papeles de Ayala llegaron a la APS en julio de 2018, una enorme y completa colección que incluye 201 pies lineales de material.

En una carta de agosto de 2013 al entonces bibliotecario Martin Levitt, el profesor Ayala escribió:

Hay varias razones de peso por las que elegí la Biblioteca de la *American Philosophical Society* como depositaria de mis documentos. En primer lugar, porque la Biblioteca de la APS tiene, con diferencia, la colección más importante —y quizá la más extensa— del mundo de documentos personales en mis campos científicos de la genética y la biología evolutiva, incluidos los de mi antiguo mentor y autor extraordinario de la teoría moderna de la evolución, Theodosius Dobzhansky. Señalaré, como prueba incidental de esta afirmación, que mi biógrafa “oficial”, la Dra. Susana Pinar, tiene la intención de pasar no menos de un mes completo en la APS de Filadelfia durante los próximos meses para investigar y analizar la información sobre mí en la correspondencia y otros archivos disponibles en la Biblioteca de la APS.

De hecho, Pinar nunca se presentó en la Biblioteca de la APS, pero sí publicó una biografía de Ayala en español (Pinar García, 2016), que —que yo sepa— no ha sido traducida al inglés. En cualquier caso, el extraordinario registro de la vida y obra científica de Francisco José Ayala está disponible en la APS para un historiador de la ciencia y biógrafo ambicioso y hábil.

La donación de los documentos de Francisco José Ayala es sólo una parte de la historia de sus contribuciones a la Biblioteca de la APS. Organizó el envío a la Sociedad de los trabajos de Walter Fitch (APS 2000) tras su fallecimiento y, también, de los de su antiguo asesor doctoral, John Avise (APS 2011). Ayala formó parte de la junta del Centro Nacional de Educación Científica (NCSE), dirigido por la maravillosa Eugenia Scott, y se encargó de que los registros del NCSE se aportaran a la Sociedad. Propuso al eminente paleontólogo James Valentine (APS 2009) que donara sus libros a la APS. Dedicado estudioso de la vida y obra de Charles Darwin, Valentine aportó una colección de prácticamente todas las ediciones de las obras de Charles Darwin en todos los idiomas, unos 4.500 libros en total, incluidas 26 de las 29 primeras ediciones británicas. En otro caso, hay cierto desacuerdo sobre el papel de Ayala. Algunos atribuyen la donación de los papeles de Theodosius Dobzhansky a Ayala y otros a la correspondencia de Dobzhansky con L.C. Dunn y un bibliotecario de la APS. En cualquier caso, las adquisiciones por parte de la Sociedad de los documentos de Dobzhansky y Ayala han creado sin duda un incentivo para que otros contribuyan.

En las dos últimas décadas, la APS ha creado centros de investigación y formación dedicados a dos de sus tres principales áreas de colección, la América primitiva y la lengua y cultura de los nativos americanos. Además, la Sociedad se ha comprometido por fin a crear un Centro de Historia de la Ciencia.

Como parte de su plan estratégico para el periodo 2024-2028, el Consejo de la APS aprobó la creación de este Centro en su reunión de noviembre de 2023. Como en los otros dos centros, su personal difundirá, preservará y ampliará sus colecciones; iniciará seminarios, charlas públicas, conferencias y publicaciones; y desarrollará nuevos recursos para apoyar la investigación y la formación pre y posdoctoral.

Las colecciones de la APS en genética y biología evolutiva serán un recurso sustantivo muy visible y clave del Centro. Como se anticipaba en la carta de Francisco José Ayala de 2013, la Sociedad posee ahora los trabajos científicos de muchos de los gigantes de la genética y la biología evolutiva²: Theodosius Dobzhansky, L. C. Dunn, Walter Fitch, Bentley Glass, Julian Huxley, Nina Jablonski, I. Michael Lerner, Richard Lewontin, Ernst Mayr, Barbara McClintock, Beatrice Mintz, Thomas Hunt Morgan, James Van Gundia Neel, George Gaylord Simpson, Curt Stern, James Valentine, Sewall Wright y —por supuesto— Francisco José Ayala. En mi opinión, gracias en gran parte a los esfuerzos de Francisco José Ayala, estos trabajos científicos serán para las colecciones científicas de la APS lo que los escritos de Benjamin Franklin son para sus colecciones históricas.

Referencias

- Pinar García, S. (2016). *De Dios y Ciencia: La evolución de Francisco J. Ayala*. Alianza.
- Smith, W., Lukens, J., Rittenhouse, D., y Sellers, J. (1769). An Account of the Transit of Venus over the Sun, June 3d, 1769, as Observed at Norriton, in Pennsylvania. By the Committee Appointed for That Observation. Drawn up, and Communicated, in Behalf of the Committee, by Rev. William Smith, DD. *Transactions of the American Philosophical Society*, 1, 8-41.

² Existen un gran número de científicas destacadas en genética y biología evolutiva, pero pocas cuyos trabajos originales se encuentran en la Biblioteca de la APS. El Centro de Historia de la Ciencia en la APS debe considerar una alta prioridad la corrección de esta omisión. Además, por brevedad, el texto principal no incluye la lista completa de los destacados genetistas y biólogos evolutivos cuyos trabajos se encuentran en la Sociedad Filosófica Americana. Otros nombres menos conocidos incluyen a John Tyler Bonner, Arthur J. Cain, Hampton L. Carson, Frances Clayton, Erwin Chargaff, C.C. Li, Raymond Pearl, Philip M. Sheppard, Jack Schultz, H. Eldon Sutton y Bruce Wallace.

HARNESSING EVOLUTION'S GIFT OF BORDERLESS WONDER TO OPEN NEW ECONOMIC FRONTIERS FOR GLOBAL SUSTAINABILITY: A VISION, A ROADMAP, AND A PLEDGE INSPIRED BY FRANCISCO J. AYALA'S PASSION FOR SCIENCE AND ART

*Aprovechar el don de la evolución de las maravillas
transfronterizas para abrir nuevas fronteras económicas
a la sostenibilidad mundial: una visión, una hoja de ruta
y un compromiso inspirados en la pasión de
Francisco J. Ayala por la ciencia y el arte*

Hana Ayala

President of Pangea World

hayala@pangeaworld.com; <https://orcid.org/0000-0001-5000-6804>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.010>

ABSTRACT: Evolution transcends the natural world, oblivious to political borders. It is at the transnational scale of Earth's evolutionary heritage where transformative scientific discoveries await. These discoveries' potential to bolster environmental health and resilience by unmasking the most consequential evolutionary trajectories is increasingly coming to light. However, overlooked is a borderless mega-reserve of wonder unearthed along these trajectories and begging to be recognized and harnessed as an unmatched resource for charting a global pathway into a sustainable future. The article backs this assertion with a business model designed to engender a new-generation world travel industry that opens transnational frontiers for the confluence of science-, art-, and faith-based appreciation and guardianship of nature. This model reinforces with economic energy the inspiration it has drawn from Francisco J. Ayala's engagement of art to bridge evolution, creativity, and the future of humanity, and from his treatment of science and religion as complementary windows into human understanding of the world.

KEYWORDS: evolution, wonder, science, art, transnational resort, sustainability, global knowledge economy.

RESUMEN: La evolución trasciende el mundo natural ajena a las fronteras políticas. Y es en la escala transnacional del patrimonio evolutivo de la tierra donde aguardan descubrimientos científicos transformadores. Al descubrir las trayectorias evolutivas más relevantes se hace cada vez más evidente el potencial que estos descubrimientos tienen para reforzar la salud y la resistencia del medio ambiente. Sin embargo, se ha pasado por alto esa megareserva de maravillas sin fronteras que se desvela a lo largo de estas trayectorias y que suplica ser reconocida y aprovechada como fuente inigualable para trazar un camino global hacia un futuro sostenible. El artículo respalda esta afirmación con un modelo de negocio diseñado para generar una industria mundial de turismo de nueva generación que abra fronteras transnacionales a la confluencia de la apreciación y la protección de la naturaleza basadas en la ciencia, el arte y la fe. Este modelo refuerza con un añadido de energía económica la inspiración extraída del compromiso de Francisco J. Ayala con el arte para tender puentes entre la evolución, la creatividad y el futuro de la humanidad, así como de su tratamiento de la ciencia y la religión como ventanas complementarias a la comprensión humana del mundo.

PALABRAS CLAVE: evolución, maravilla, ciencia, arte, modelo turístico transnacional, sostenibilidad, economía global del conocimiento.

1. PROLOGUE

In 2006, Francisco Ayala, together with John Avise—one of his distinguished “academic sons”—embarked on organizing a series of state-of-the-art colloquia hosted by the Beckman Center of the U.S. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. United by the theme *In the Light of Evolution (ILE)* and spanning ten years,¹ the *ILE* series sought to foster the

¹ The *In the light of evolution* Arthur M. Sackler colloquia of the U.S. National Academy of Sciences, organized and edited by John C. Avise and Francisco J. Ayala and published in 10 volumes by the National Academies Press and in *PNAS—Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, include: *Volume I: Adaptation and complex design* (<https://doi.org/10.17226/23542>); *Volume II: Biodiversity and extinction* (<https://doi.org/10.17226/12501>); *Volume III: Two centuries of Darwin* (<https://doi.org/10.17226/12692>); *Volume IV: The human condition* (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1003214107); *Volume V: Cooperation and conflict* (<https://doi.org/10.17226/13223>); *Volume VI: Brain and Behavior* (<https://doi.org/10.17226/13462>); *Volume VII: The human mental machinery* (<https://doi.org/10.17226/18573>); *Volume VIII: Darwinian thinking in the social sciences* (<https://doi.org/10.1073/pnas.1411483111>); *Volume IX: Clonal reproduction: Alternatives to sex* (<https://doi.org/10.1073/pnas.1508087112>); and *Volume X: Comparative phylogeography* (<https://doi.org/10.17226/23542>).

appreciation of evolutionary biology as a consolidating foundation for the life sciences while addressing some of the most intellectually engaging as well as pragmatically important societal issues of our times (Avisé & Ayala, 2007). The *title* of that series was a tribute to Theodosius Dobzhansky—Francisco Ayala's "academic father," considered among the 20th century's most preeminent geneticists and evolutionary biologists—who famously titled one of his influential articles "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution" (Dobzhansky, 1973). The *objective* of that series reflected the new dimension through which Francisco Ayala further enriched Dobzhansky's position by asserting that "only under the prism of evolution it is possible to understand what we humans are, from where we came, and the possibilities that the future brings us" (Ayala F. J., 1999, p. 15).

2. THE MASTERY OF ALIGNING EVOLUTION, CREATIVITY, AND THE FUTURE OF HUMANITY

Francisco Ayala's pursuit of insights into evolution as gateways into world-enhancing perspectives was greatly complemented by his exceptional ability to engage art authoritatively in celebrating and "taming" scientific knowledge. As documented by Susana Pinar García (2016), the origin of this skill and mindset can be found in the life-long friendships that Francisco bonded, since his childhood and adolescence in his native Spain, with that country's future great artists of international renown. These transformational bonds—immortalized in the art collection that nurtured Francisco's and my life together and fueled synergies of our respective professional missions—prominently included figurative painter Joaquín Pacheco (La Gran Enciclopedia Vasca, 1976); architect, sculptor, and painter Joaquín Vaquero Turcios (Bousoño, 1999); and Luis de Pablo, composer and one of the major figures of avantgarde music (Instituto Cervantes, 2015).

Evolution also prominently shaped Francisco Ayala's foresight about not just compatibility but mutually beneficial interface of science and religion resulting in a larger benefit to humanity. In his article on "Evolution and religion" published in *Zygon—Journal of Religion and Science* in 1968, Francisco stated:

To be meaningful to modern man, religion must be formulated in an evolutionary context...If we live in an evolving world, it is possible for

man to contribute to the betterment of that world and thus to make his life meaningful (Ayala, F. J., 1968, pp. 426-427).

For Francisco Ayala, creativity was the cornerstone of human life's fulfilment. And he viewed artistic creativity that paid tribute to other qualities of human intellect as having an unrivaled role to play in our appreciation of the exhilaration and positive force of human creativity. No doubt, contributing inspiration towards this view were two treasures of our art collection, two large Japanese scrolls whose magnificence and significance as masterful paintings on silk executed in the 19th century is hugely augmented by their portrayal of authors of two immortal legacies that originated during the Heian Period (794-1185) of ancient Japan: Lady Ono no Komachi, a poet of great renown, and Lady Murasaki Shikibu, best known as the author of *The Tale of Genji*—recognized as the greatest masterpiece of Japanese prose and thought by many to be the first novel in the history of world literature.

The novel way in which Francisco Ayala applied his exploration and appreciation of artistic creativity to evolution underscores his talent as “master interpreter” of evolution. Quoting from his book titled *Evolution, Explanation, Ethics, and Aesthetics*:

Natural selection is...a creative process. It does not create the entities upon which it operates, but it produces adaptive (functional) genetic combinations that could not have existed otherwise... Natural selection may rather be compared to a painter who creates a picture by mixing and distributing pigments in various ways over the canvas... It is inconceivable that a random combination of the pigments might result in the orderly whole that is the final work of art, say, Leonardo's *Mona Lisa* [or, I will add, the portraits of Lady Ono no Komachi and Lady Murasaki]. In the same way, the combination of genetic units which carries the hereditary information responsible for the formation of the *vertebrate eye* could have never been produced by a random process such as *mutation*—not even if we allow for the 3 billion years plus during which life has existed on Earth. The complicated anatomy of the eye, like the exact functioning of the kidney, is the result of a nonrandom process—natural selection (Ayala, F. J., 2016, p. 105).

This quote is exemplary of Francisco Ayala's unique ability to convey evolution in a most engaging manner to broad public, systematically to integrate art, philosophy, and the emphasis on evolution's harmony with religious beliefs into interpretive journeys of discovery of the ever-evolving world in which

nature and culture are intricately intertwined. This bond is mirrored in the human capacity to appreciate the aesthetic qualities of not just works of art but also of natural objects and sounds—be it a sunset or sunrise or bird songs, as he notes in the chapter he wrote for the book *On Human Nature: Biology, Psychology, Ethics, Politics, and Religion* that he co-edited with Michel Tibayrenc (Ayala, F. J., 2017). Hence, my revelation that our art collection extends from indoor spaces into our garden's design, marrying paintings and sculptures with natural elements and vistas, should come as no surprise.

I inject this personal angle to further underscore the nurturing role that art played in bolstering the depth and reach of Francisco Ayala's appreciation and interpretation of evolution as a symphonic masterpiece that reveals the natural world in its fluidity in time and space, that enriches and allies science, art, and religion, and that heralds planetary unity while sensitizing us to life-changing experiences of this life-affirming unity. This largely overlooked dimension of Francisco's comprehensive legacy has had a major influence on my conceptualization and vetting of a sustainable development paradigm that engages science and art to awaken borderless reserves of economic energy engendered by evolution and that could profoundly and decisively accelerate the world's journey towards a sustainable future.

3. THE PROMISE OF AWAKENING THE ECONOMIC MIGHT OF EVOLUTION

Let's enter the grand evolutionary theater of the natural world and reflect on it with the mindset of the ever-faster transformation of the global economy into a knowledge-based economy. I've perceived this grand theater of natural marvel as an immense repository of potential scientific knowledge—the "mineral," the "raw material" for the knowledge economy (Ayala, H., 2017). Unlike oil that has shaped the industrial economy and whose overall global amount is just the sum of oil reserves found across the world, the knowledge mineral resource is greatly augmented in volume and value by the knowledge-packed evolutionary, ecological, and other relationships that pervade our planet's natural heritage on infinite scales, blind to political borders. Consequently, a transnational—ultimately, global—perspective ought to be the point of departure towards mobilizing nature's knowledge capital (Ayala, H., 2021); capital that grows in volume and value the more it is explored, extracted, and used.

The inestimable wealth of knowledge embedded in the threads of the earth's evolutionary fabric holds enormous promise to revolutionize the existing approaches to conservation and sustainable development across the world. As increasingly revealed by an emerging field of research that uses genetic data to identify unique evolutionary lineages of species, the existing networks of protected areas across both the marine and terrestrial realms of planet Earth largely fail to overlap with areas of high evolutionary diversity and evolutionary potential for species to evolve and adapt (see, for example, Huang & Roy, 2015; Daru et al., 2019). The magnitude and significance of this failure call for the recalibration of global conservation strategies.

The *Tara* Pacific Expedition, which involved an international team of researchers and ran continuously from 2016 to 2018, applied a pan-ecosystemic approach on coral reefs throughout the Pacific Ocean, drawing an east–west transect from Panama to Papua New Guinea and a south–north transect from Australia to Japan, sampling corals throughout 32 archipelagoes (Planes et al., 2019). It has offered unprecedented insights into biological complexity and evolutionary trajectories of coral reef ecosystems, including a milestone disclosure that coral reefs are home to the greatest microbial diversity on Earth—a diversity of crucial, not yet fully explored importance for coral reef health, resilience, and nutrition (Galand et al., 2023; Planes & Allemand, 2023).

These bounties of new knowledge that are coming to light on unbounded geographical scales are also bounties of wonder, revealed along science-mapped paths that wind across and beyond nations' jurisdictions. I have asserted that this dynamic and unlimited wonder supply represents a mammoth economic asset of unparalleled potential to benefit humanity. And to make this assertion tangible, I have equipped it with a business model I have named *transnational resort* (Ayala, H., 2020) and built on the following rationale: Evolution has provided a nurturing womb for this model; a skillful marriage of science and art will endow this model with the capacity to elevate the wonder of the natural world's connectivity to a centerpiece of both the ideal and the pursuit of global sustainability; and this model's implementation consistently on transnational scales will prime it for stewardship of unmatched legacies in championing science diplomacy, promoting harmony of science and faith, and instigating transnational bridges of peace. It is on this rationale and through its activation that I am harnessing the inspiration I have drawn from Francisco Ayala's mastery of aligning evolution, creativity, and the future of humanity and which I aspire to take to new frontiers.

Allow me to briefly substantiate this aspiration, starting with a diagnosis of a fundamental limitation that pervades planning, design, and development of the pillar of world travel, the international resort-hotel enterprise.

The world over, the locations of existing and planned resort projects, particularly in the luxury segment, exhibit an overwhelming overlap with some of this planet's most biodiverse habitats and prominent crossroads of nature's evolutionary and ecological connectivity. Yet, these exceptional locations are entering the global market as merely premium real estate. Entirely overlooked and wasted are many of these settings' affinities with variously distant ecosystems, geological formations, and other pillars of Earth's architecture. Two factors must come together to mobilize and harness the value of these affinities. One is an alliance with science since scientific research holds the key to revealing the relationships and correlations within and among global ecosystem networks and evolutionary pathways. The other is a skillful interpretation that will engage and extol these science-mapped webs of relationships as far-reaching labyrinths of wonder that will not only grant the resort product major added value and immunity to imitation but will also serve as channels of environmental pledges of boundless trajectories. It is in this context that—in parallel with Francisco's passion about Japanese art—I have drawn profound inspiration from the Japanese landscape art of *shakkei*.

The technique of *shakkei* ("borrowed scenery," "landscape captured alive") is boundless in bringing the beauty of variously distant natural environs directly into the layout of the garden, with no physical incursion into these areas (see, for example, Itoh, 1973; Le Toquin & Bosser, 2006). *Shakkei* intertwines the natural features of a specific site with natural sceneries visually accessible from that site into a giant piece of art. What an intriguing resonance with the spirit of Joaquín Pacheco's painting "Baño blanco" (white bath) in which the rock placed on the bath's floor visually transcends the glass wall and becomes one with the rock formations that rise from the sea horizon. No doubt, this painting, as my daily companion, has stimulated my thinking and writings about the potential of using a *shakkei*-inspired approach as a powerful zoning instrument that could grant strict protection to ecologically vulnerable areas while allowing and enhancing the appreciation of their magnificence.

But I have not stopped there. Panoramic views explored as interpretive channels and complemented with ever-changing exhibits would bolster the appreciation of a particular site's anchorage in a natural milieu that is a living part of science-disclosed paths of connectivity among land and ocean ecosystems past and present (Ayala, H., 1995). Applied to a resort master plan, such an

approach would bring “science—and, through science, conservation—to the heart of a business model in which quality, competitiveness, and prestige grow along with the geographical footprint of the underwritten research” (Ayala, H., 2020, p. 1584). It would empower the resort continuously to upgrade the complexity, interest, and educational value of its offer of intellectual treats through a lasting in-flow of wonder generated through ongoing scientific discoveries. It could effectively incorporate the broad perspective offered by satellite images that, as noted in a recent issue of *American Scientist*, permit to observe changes on a global scale and compare ecosystems over time and across space (Madin & Foley, 2021). The experience—*live* and uniquely meaningful by being offered from a vantage point inside a vast labyrinth of wonder—will be profoundly different from experiences gained in a museum, whose exhibits are enveloped by contextually foreign settings. Notwithstanding many museums’ embracement of the potential of virtual reality to add new dimensions to their exhibits, no virtual narrative can replace the power and emotion of embarking on a far-reaching experience of evolutionary and ecological connectivity from an authentic steppingstone within that experience, surrounded by indigenous qualities of light, color, and aroma.

By acting as a catalyst of an unbounded interplay of science and wonder, the transnational resort business model also opens new frontiers for the confluence of science-based and faith-based appreciation and guardianship of nature—a cause whose stewardship profoundly defined Francisco Ayala’s treatment of science and religion as complementary windows into human understanding of the world. He wrote:

Science may inspire religious beliefs and religious behavior, as we respond with awe to the immensity of the universe, the glorious diversity and wondrous adaptations of organisms, and the marvels of the human brain and human mind. Religion promotes reverence for the Creation, for humankind as well as for the world of life and the environment. Religion often is, for scientists and others, a motivating force and source of inspiration for investigating the marvelous world and solving the puzzles with which it confronts us (Ayala, F. J., 2016, p. 297).

Likely the most consequential characteristic of the transnational resort model is that it leaves intact the scientific value and intellectual property of basic research findings underwritten by the resort. As demonstrated by this model, it is of zero value to the resort to seek monopoly over the funded basic research as opposed to the utmost value of monopolizing the resort-anchored

interpretive treatment of that research to dazzle and stimulate the mind. This translates into a strong incentive for the resort project to encourage unrestricted use by science of the underwritten research findings as input into new research endeavors and as a foundation for ambitious conservation initiatives on transnational scales, since such a use delivers guarantees of continued appreciation of the investment in terms of both business and legacy rewards. The transnational resort model's ultimate goal is to awaken the self-interest of the international resort industry to align private enterprise system with investments in geographically unrestrained basic research endeavors and to bolster the prestige of these investments by the assurance that scientific knowledge yielded by these endeavors of transnational scales remain permanently accessible and available to all.

4. EPILOGUE

Let's re-enter the global evolutionary theatre of the natural world—a giant repository of the raw material of knowledge that could propel the emerging global knowledge economy as profoundly as oil defined the industrial economy while doubling in value as an infinite mesh of wonder that could revolutionize the sophistication, rewards, and purpose of world travel.

The transnational resort model is intended as a catalyst for radical re-thinking—on the premise of hard-nosed economics—of the potential of the existing and future hospitality infrastructures that proliferate in most extraordinary natural settings across the globe. Integral to the accomplishment of this paradigm shift is a proactive design of transnational resort portfolios based on science themes of audacious research ambitions and geographical scopes and acquiring a global transformative capacity for linking science, conservation, and economic development in a manner that has never been attempted before. The collateral benefit of tapping into the growing trend of mega-sized eco-philanthropy and science philanthropy (Verdon et al., 2021; Gruby et al., 2023) via the offer of novel investment opportunities on multi-country scales will be also unprecedented.

As experiential portals into geographically unconstrained paths of scientific breakthroughs, transnational resorts will acquire the capacity to excel as cradles of science diplomacy and gateways into routes of international collaborations. They will be in a singular position to host painters, composers, and other artists, thus serving as nurturing grounds for artistic creativity that

will extol and celebrate the borderless complexities of the earth's life-support systems. What an inspirational resonance with Francisco Ayala's premise that science, art, and creativity are extraordinary dimensions of human life that deserve to be fulfilled in concert and to the fullest.

I view the fast-progressing transformation of the global economy into a knowledge-based economy as a most momentous opportunity for activating the collective potential of the international resort enterprise to become the most powerful force to shape the world's journey towards sustainability. This view frames my mission to chart the implementation path. I embrace the prospect of aligning this path with the Comillas Pontifical University's excellence in capacity building for sustainable development and with the University's commitment to nurturing science and to promoting the exchange of scientific knowledge while educating a new generation of leaders prepared to transform the world through their contributions to the wellbeing of humanity.

The inspiration through which Francisco has profoundly enriched my mission will continue to shape this mission's trajectory and goal to make my accomplishments convergent with and reinforcing his living legacy. The art collection that nourished and intertwined our professional passions and humanitarian aspirations—and the donation of which, upon my passing, to Comillas University I reaffirm today—will emblemize this convergence. And there is another role this collection has the capacity to play, in the spirit of Francisco's and my shared aspiration to build bridges across disciplines, sectors, and nations. It has the capacity to become a pillar of a highly symbolic and inspirational transnational bridge that would uniquely reveal, perpetuate, and augment Francisco's multifaceted legacy in its entirety.

Last November, I was honored to be a guest, at Dr. Robert Hauser's invitation, at the Autumn General Meeting of the distinguished American Philosophical Society (APS). The Society is a preeminent legacy of its founder, Benjamin Franklin, one of the founding fathers of the United States. One of the Society's key missions is to "serve scholars through a research Library of manuscripts and other collections internationally recognized for their enduring historic value."² These include such jewels as Jefferson's handwritten, anti-slavery draft of the Declaration of Independence and Benjamin Franklin's annotated first printing of the U.S. Constitution. Francisco treasured the honor of being an elected APS member—and I treasure the honor of Francisco's papers now

² <https://www.amphilsoc.org/about>

being part of the Library's priceless collection—. I was overwhelmed with emotion when, accompanied by David Gary, Associate Director of Collections at the Library & Museum, I had the privilege of being reunited with Francisco's manuscripts, letters, and other testimonies to his professional life's journey (some 200 linear feet of them) that will be preserved forever.

Our art collection is an essential complement to the understanding of Francisco Ayala's creativity, of the intellectual nourishment he drew from art, of his profile as a complete human being. This complementarity has ignited my vision of a unique, entirely symbolic yet immensely inspirational bridge between the American Philosophical Society and the Comillas Pontifical University as the guardians of two inseparable parts of this great man's immortal legacy—legacy that will be accessible to scholars in its complexity and in its far-from-fulfilled potential to chart environmentally and socially transformative paths towards using knowledge to benefit all of humanity.

References

- Avise, J. C., & Ayala, F. J. (Eds.). (2007). *In the light of evolution*. Volume I: Adaptation and complex design (pp. xiii-xiv). The National Academies Press.
- Ayala, F. J. (1968). Evolution and religion. *Zygon—Journal of Religion and Science*, 3(4), 426-431.
- Ayala, F. J. (1999). *La Teoría de la Evolución*. Ediciones Temas de Hoy.
- Ayala, F. J. (2016). *Evolution, Explanation, Ethics, and Aesthetics: Towards a Philosophy of Biology*. Academic Press; Elsevier.
- Ayala, F. J. (2017). Adaptive significance of ethics and aesthetics. In M. Ti-bayrenc & F. J. Ayala (Eds.), *On human nature: Biology, psychology, ethics, politics, and religion* (Chapter 35, pp. 601-623). Academic Press; Elsevier.
- Ayala, H. (1995). Ecoresort: a "green" masterplan for the international resort industry. *International Journal of Hospitality Management*, 14(3-4), 351-374. [https://doi.org/10.1016/0278-4319\(95\)00043-7](https://doi.org/10.1016/0278-4319(95)00043-7).
- Ayala, H. (2017). The economic might of earth's evolution: The epic promise of knowledge. *SAGE Open*, 7(2), 1-14. <https://doi.org/10.1177/2158244017701975>
- Ayala, H. (2020). Transnational resort: A transformative investment in the global knowledge economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 11(4), 1573-1595. <https://doi.org/10.1007/s13132-019-00621-4>
- Ayala, H. (2021, June 24). "Para beneficio del mundo:" Emparejando el Canal de Panamá con canales de conocimiento de valor trascendental para la

- nación y la humanidad. *Deliberar*. <https://deliberar.es/2021/06/24/la-guerra-del-coronavirus>
- Bousoño, C. (1999). *Vaquero Turcios*. Ediciones Nobel.
 - Daru, B. H., le Roux, P. C., Gopalraj, J., Park, D. S., Holt, B. G., & Greve, M. (2019). Spatial overlaps between the global protected areas network and terrestrial hotspots of evolutionary diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 28, 757-766. <https://doi.org/10.1111/geb.12888>
 - Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 125-129. <https://doi.org/10.2307/4444260>
 - Galand, P. E., Ruscheweyh, H. J., Salazar, G., Hochart, C., Henry, N., Hume, B. C. C., Oliveira, P. H., Perdereau, A., Labadie, K., Belser, C., Boissin, E., Romac, S., Poulain, J., Bourdin, G., Iwankow, G., Moulin, C., Armstrong, E. J., Paz-García, D. A., Ziegler, M., Agostini, S., Banaigs, B., Boss, E., Bowler, C., de Vargas, C., Douville, E., Flores, M., Forcioli, D., Furla, P., Gilson, E., Lombard, F., Pesant, S., Reynaud, S., Thomas, O. P., Troublé, R., Zoccola, D., Voolstra, C. R., Thurber, R. V., Sunagawa, S., Wincker, P., Allemand, D., & Planes, S. (2023). Diversity of the Pacific Ocean coral reef microbiome. *Nature Communications*, 14(3039). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38500-x>
 - Gruby, R. L., Miller, D. C., Enrici, A., & Garrick, D. (2023). Conservation philanthropy: Growing the field of research and practice. *Conservation Science and Practice*, 5(5), 1-5. <https://doi.org/10.1111/csp2.12977>
 - Huang, D., & Roy, K. (2015). The future of evolutionary diversity in reef corals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1662). Published online February 19. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0010>
 - Instituto Cervantes (2015). *Luis de Pablo. Cronología de Obras*. Recuperado de: https://www.cervantes.es/bibliotecas_documentacion_espanol/creadores/pablo_luis_de_cronologia.htm
 - Itoh, T. (1973). *Space and Illusion in the Japanese Garden*. Weatherhill/Tankosha.
 - La Gran Enciclopedia Vasca (1976). *Maestros del Arte Español Contemporáneo: Joaquín Pacheco*. Editorial La Gran Enciclopedia Vasca.
 - Le Toquin, A., & Bossier, J. (2006). Jardines japoneses. En *Jardines del mundo* (pp. 47-61). Lunwerg Editores.
 - Madin, E. M. P., & Foley, C. M. (2021). The shift to a bird's-eye view. *American Scientist*, 109, 288-295. <https://doi.org/10.1511/2021.109.5.288>
 - Pinar García, S. (2016). *De Dios y Ciencia: La Evolución de Francisco J. Ayala*. Alianza.
 - Planes, S., & Allemand, D. (2023). Insights and achievements from the Tara Pacific expedition. *Nature Communications*, 14(3131). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38896-6>

- Planes, S., Allemand, D., Agostini, S., Banaigs, B., Boissin, E., Boss, E., Bourdin, G., Bowler, C., Douville, E., Flores, J. M., Forcioli, D., Furla, P., Galand, P. E., Ghiglione, J. F., Gilson, E., Lombard, F., Moulin, C., Pesant, S., Poulain, J., Reynaud, S., Romac, S., Sullivan, M. B., Sunagawa, S., Thomas, O. P., Troublé, R., de Vargas, C., Thurber, R. V., Voolstra, C. R., Wincker, P., Zoccola, D., & the Tara Pacific Consortium (2019). The Tara Pacific expedition—A pan-ecosystemic approach of the “-omics” complexity of coral reef holobionts across the Pacific Ocean. *PLoS Biology*, 17(9), e3000483. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000483>
- Verdon, M., Cormack, R., & Hood, B. (2021, April 10). Meet the ocean activists using their own money to study the seas and combat climate change. *Robb Report*. <https://robbreport.com/motors/marine/philanthropic-ocean-activists-seas-to-protect-and-discover-marine-life-1234603091>

Los territorios de la ciencia y la religión

Peter Harrison

Cuando se nos presenta el conflicto entre ciencia y religión da la sensación de tratarse de una confrontación inevitable desde el comienzo de los tiempos. Sin embargo, el dilema es relativamente reciente -apenas se originó hace trescientos años-. Y también aparente, puesto que la lucha de estas dos categorías que empleamos restringen nuestra comprensión de cómo el estudio formal de la naturaleza se relaciona con la actitud religiosa ante la vida.

En este nuevo libro, Peter Harrison desarma lo que creemos saber acerca de la ciencia y la religión, para luego volverlo a armar en una perspectiva nueva, realmente provocadora y productiva.



Colección Ciencia y Religión

Número 19

Págs. 352

ISBN: 978-84-8468-800-6

Universidad Pontificia Comillas,
Ed. Sal Terrae, 2020.



APROVECHAR EL DON DE LA EVOLUCIÓN DE MARAVILLAS TRANSFRONTERIZAS PARA ABRIR NUEVAS FRONTERAS ECONÓMICAS A LA SOSTENIBILIDAD MUNDIAL: UNA VISIÓN, UNA HOJA DE RUTA Y UN COMPROMISO INSPIRADOS EN LA PASIÓN DE FRANCISCO J. AYALA POR LA CIENCIA Y EL ARTE

*Harnessing Evolution's Gift of Borderless Wonder to Open
New Economic Frontiers for Global Sustainability:
A Vision, a Roadmap, and a Pledge Inspired by
Francisco J. Ayala's Passion for Science and Art*

Hana Ayala

Presidenta de Pangea World

hayala@pangeaworld.com; <https://orcid.org/0000-0001-5000-6804>

DOI: <https://doi.org/10.14422/ryf.vol288.i1464.y2024.010>

RESUMEN: La evolución trasciende el mundo natural ajena a las fronteras políticas. Y es en la escala transnacional del patrimonio evolutivo de la tierra donde aguardan descubrimientos científicos transformadores. Al descubrir las trayectorias evolutivas más relevantes se hace cada vez más evidente el potencial que estos descubrimientos tienen para reforzar la salud y la resistencia del medio ambiente. Sin embargo, se ha pasado por alto esa megareserva de maravillas sin fronteras que se desvela a lo largo de estas trayectorias y que suplica ser reconocida y aprovechada como fuente inigualable para trazar un camino global hacia un futuro sostenible. El artículo respalda esta afirmación con un modelo de negocio diseñado para generar una industria mundial de turismo de nueva generación que abra fronteras transnacionales a la confluencia de la apreciación y la protección de la naturaleza basadas en la ciencia, el arte y la fe. Este modelo refuerza con un añadido de energía económica la inspiración extraída del compromiso de Francisco J. Ayala con el arte para tender puentes entre la evolución, la creatividad y el futuro de la humanidad, así

como de su tratamiento de la ciencia y la religión como ventanas complementarias a la comprensión humana del mundo.

PALABRAS CLAVE: evolución, maravilla, ciencia, arte, modelo turístico transnacional, sostenibilidad, economía global del conocimiento

ABSTRACT: Evolution transcends the natural world, oblivious to political borders. It is at the transnational scale of Earth's evolutionary heritage where transformative scientific discoveries await. These discoveries' potential to bolster environmental health and resilience by unmasking the most consequential evolutionary trajectories is increasingly coming to light. However, overlooked is a borderless mega-reserve of wonder unearthed along these trajectories and begging to be recognized and harnessed as an unmatched resource for charting a global pathway into a sustainable future. The article backs this assertion with a business model designed to engender a new-generation world travel industry that opens transnational frontiers for the confluence of science-, art-, and faith-based appreciation and guardianship of nature. This model reinforces with economic energy the inspiration it has drawn from Francisco J. Ayala's engagement of art to bridge evolution, creativity, and the future of humanity, and from his treatment of science and religion as complementary windows into human understanding of the world.

KEYWORDS: evolution, wonder, science, art, transnational resort, sustainability, global knowledge economy.

1. PRÓLOGO

En 2006, Francisco Ayala, junto con John Avise —uno de sus distinguidos “hijos académicos”—, se embarcó en la organización de una serie de coloquios de vanguardia auspiciados por el Centro Beckman de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina de los Estados Unidos. Bajo el lema “A la luz de la evolución, (ILE, por sus siglas en inglés)” y a lo largo de diez años¹, la serie ILE trató de fomentar la apreciación de la biología evo-

¹ Los Arthur M. Sackler coloquios “A la luz de la evolución” de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, organizados y editados por John C. Avise y Francisco J. Ayala, fueron publicados en 10 volúmenes por la *National Academies Press* y en *PNAS—Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Estos incluyen: *Volumen I: Adaptación y diseño complejo* (<https://doi.org/10.17226/23542>); *Volumen II: Biodiversidad y extinción* (<https://doi.org/10.17226/12501>); *Volumen III: Dos siglos de Darwin* (<https://doi.org/10.17226/12692>); *Volumen IV: La condición humana* (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1003214107); *Volumen V: Cooperación y conflicto* (<https://doi.org/10.17226/13223>); *Volumen VI: Cerebro y comportamiento* (<https://doi.org/10.17226/13462>); *Volumen VII: La maquinaria mental humana* (<https://doi.org/10.17226/18573>); *Volumen VIII: El pensamiento darwiniano y las ciencias sociales* (<https://doi.org/10.1073/pnas.1411483111>); *Volumen IX: La reproducción clonal: las*

lutiva como cimiento de las ciencias de la vida, abordando al mismo tiempo algunas de las cuestiones sociales más interesantes desde el punto de vista intelectual e importantes desde el punto de vista pragmático (Avisa y Ayala, 2007). El título de la serie era un homenaje a Theodosius Dobzhansky —el “padre académico” de Francisco Ayala, considerado uno de los genetistas y biólogos evolutivos más relevantes del siglo XX—, y autor del famoso e influyente artículo “Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución” (Dobzhansky, 1973). El objetivo de esta serie de coloquios reflejaba la nueva dimensión con la que Francisco Ayala enriquecía la posición de Dobzhansky al afirmar que “sólo bajo el prisma de la evolución es posible comprender lo que los humanos somos, así como de dónde venimos y las posibilidades que nos depara el futuro” (Ayala F. J., 1999, p. 15).

2. LA MAESTRÍA DE ALINEAR LA EVOLUCIÓN, LA CREATIVIDAD Y EL FUTURO DE LA HUMANIDAD

La búsqueda de Francisco Ayala de ideas evolutivas que dieran acceso a perspectivas enriquecedoras para el mundo fue en gran medida completada con su excepcional capacidad para utilizar de forma magistral el arte a la hora de celebrar y “domesticar” el conocimiento científico. Como ha documentado Susana Pinar García (2016), el origen de esta habilidad y forma de pensamiento se encuentra en las amistades que Francisco entabló, desde su infancia y adolescencia en su España natal, con futuros grandes artistas de renombre internacional de ese país. Estos vínculos transformadores —inmortalizados en la colección de arte que nutrió nuestra vida en común y alimentó las sinergias de nuestras respectivas misiones profesionales—, incluyeron al pintor figurativo Joaquín Pacheco (La Gran Enciclopedia Vasca, 1976); al arquitecto, escultor y pintor Joaquín Vaquero Turcios (Bousoño, 1999), y a Luis de Pablo, compositor y una de las principales figuras de la música de vanguardia (Instituto Cervantes, 2015).

La evolución también influyó en la percepción de Francisco Ayala de que la ciencia y la religión no sólo son compatibles, sino que se benefician mutuamente, lo que redundaba en un mayor beneficio para la humanidad. En su artículo sobre “Evolución y religión” publicado en *Zygon, Journal of Religion and Science* en 1968, Francisco afirmaba:

alternativas al sexo. (<https://doi.org/10.1073/pnas.1508087112>); y *Volumen X: Fitogeografía comparativa* (<https://doi.org/10.17226/23542>).

A fin de que tenga sentido para el hombre moderno, la religión debe formularse en un contexto evolutivo... Si vivimos en un mundo en evolución, es posible que el hombre contribuya a mejorar ese mundo y, por tanto, a que su vida tenga sentido (Ayala, F. J., 1968, pp. 426-427).

Para Francisco Ayala, la creatividad era la piedra angular de la realización de la vida humana. El consideraba que la creatividad artística, que rendía tributo a otras cualidades del intelecto humano, tenía un papel inigualable que desempeñar en nuestra apreciación del regocijo y la fuerza positiva de la propia creatividad humana. No me cabe duda de que dos de los tesoros de nuestra colección de arte contribuyeron a inspirar esta opinión. Me refiero a dos grandes telas japonesas cuya magnificencia e importancia como magistrales pinturas sobre seda ejecutadas en el siglo XIX se ven enormemente incrementadas por lo que representan. En ellas podemos ver a las autoras de dos legados inmortales del Periodo Heian (794-1185) del antiguo Japón: La dama Ono no Komachi, poeta de gran renombre, y la dama Murasaki Shikibu, más conocida como autora de *La historia de Genji*, la más importante obra maestra de la prosa japonesa y considerada por muchos como la primera novela de la historia de la literatura universal.

La novedosa forma en que Francisco Ayala aplicó su exploración y apreciación de la creatividad artística a la evolución subraya su talento como “maestro intérprete” de la evolución. Citando su libro titulado *Evolución, explicación, ética y estética*:

“La selección natural... es un proceso creativo. No crea las entidades sobre las que opera, pero produce combinaciones genéticas adaptativas (funcionales) que, de lo contrario, no podrían haber existido... La selección natural podría compararse a un pintor que creara un cuadro mezclando y distribuyendo pigmentos de maneras distintas sobre un lienzo... Es inconcebible que una combinación aleatoria de los pigmentos pueda dar como resultado un conjunto ordenado que sea la obra de arte final... ya sea la Mona Lisa de Leonardo” —o, añadiré, los retratos de Lady Ono no Komachi y Lady Murasaki— “Del mismo modo, la combinación de unidades genéticas que portan la información hereditaria responsable de la formación del ojo de los vertebrados nunca puede haberse originado mediante un proceso aleatorio como es el de la mutación... ni siquiera si tenemos en cuenta los más de 3.000 millones de años durante en los que la vida ha existido en la tierra. La complicada anatomía del ojo, al igual que el funcionamiento exacto del riñón, es el resultado de un proceso no aleatorio: la selección natural” (Ayala F. J., 2016, p. 105).

Esta cita es un ejemplo de esa capacidad única que poseía Francisco Ayala para transmitir al gran público el significado de la evolución de la manera más atractiva posible, integrando sistemáticamente el arte, la filosofía y el énfasis en la armonía de la evolución con las creencias religiosas, en lo que se puede definir como viajes interpretativos de descubrimiento de un mundo en constante evolución, en el que la naturaleza y la cultura se hayan intrinsecamente entrelazadas. Este vínculo queda reflejado en la capacidad humana de apreciar las cualidades estéticas no sólo de las obras de arte, sino también de los objetos y sonidos naturales, ya sea una puesta de sol, un amanecer o el canto de los pájaros, como señala en el capítulo que escribió para el libro *Lo que nos hace humanos: biología, medicina, lenguaje, ética y religión*, que coeditó con Michel Tibayrenc (Tibayrenc y Ayala, 2017). De ahí que no sorprenderá si revelo que nuestra colección de arte se extiende desde los espacios interiores hasta el diseño de nuestro jardín, combinando pinturas y esculturas con elementos y vistas naturales.

Introduzco este ángulo personal para subrayar nuevamente el papel nutricional que el arte desempeñó en la profundización y el alcance con que Francisco Ayala apreciaba e interpretaba la evolución como una sinfonía magistral que muestra al mundo natural fluyendo en el tiempo y el espacio, que enriquece y alía la ciencia, el arte y la religión, y que anuncia la unidad planetaria mientras nos concientiza de las experiencias transformadoras de esta unidad que afirma la vida. Esta dimensión, en gran medida ignorada, del amplio legado de Francisco ha tenido una gran influencia en mi propia conceptualización y revisión de un paradigma de desarrollo sostenible que involucre ciencia y arte, con el fin de despertar aquellas reservas de energía económica engendrada por la evolución que trascienden las fronteras y que podrían acelerar profunda y decisivamente la transición del mundo hacia un futuro sostenible.

3. LA PROMESA DE DESPERTAR EL PODER ECONÓMICO DE LA EVOLUCIÓN

Entremos en el gran teatro evolutivo del mundo natural para reflexionar sobre el mismo, con la proposición de una transformación acelerada de la economía mundial en una economía basada en el conocimiento. Yo intuyo este gran teatro de maravillas naturales como un inmenso depósito de potencial conocimiento científico, es decir, como el “mineral”, la “materia prima” de la economía del conocimiento (Ayala, H., 2017). A diferencia del petróleo, que ha dado forma a la economía industrial y cuya cantidad global es la suma

de las reservas de petróleo presentes en todo el mundo, el recurso mineral del conocimiento aumenta enormemente en volumen y valor debido a su contenido en conocimiento, es decir, a sus relaciones evolutivas y ecológicas que impregnan el patrimonio natural de nuestro planeta a escala infinita y que no saben de fronteras políticas. Por consiguiente, el punto de partida para movilizar el capital de conocimiento natural debería ser una perspectiva transnacional y, en última instancia, mundial (Ayala, H., 2021); un capital que crezca en volumen y valor cuanto más se explora, extrae y utiliza.

La inestimable riqueza de conocimientos que encierran los hilos del tejido evolutivo de la tierra contiene la enorme promesa de revolucionar los enfoques actuales de la conservación y el desarrollo sostenible en todo el planeta. El nuevo campo de investigación que utiliza datos genéticos para identificar los singulares linajes evolutivos de las especies está poniendo de relieve que las redes de zonas protegidas existentes, tanto en los ámbitos marino como terrestres del planeta, fracasan a la hora de hacer solapar las zonas de gran diversidad evolutiva con las del potencial evolutivo de dichas especies para que puedan evolucionar y adaptarse (véase, por ejemplo, Huang y Roy, 2015; Daru et al., 2019). La magnitud e importancia de este fracaso exigen la recalibración de las estrategias mundiales de conservación.

La Expedición Tara Pacific, en la que participó un equipo internacional de investigadores y se desarrolló ininterrumpidamente desde 2016 a 2018, aplicó un enfoque panecosistémico a los arrecifes de coral de todo el océano Pacífico, dibujando un transecto este-oeste desde Panamá hasta Papúa Nueva Guinea y otro en dirección sur-norte desde Australia hasta Japón, al tiempo que tomaba muestras de corales en 32 archipiélagos (Planes et al., 2019). Este estudio ha aportado datos sin precedentes sobre la complejidad biológica y las trayectorias evolutivas de los ecosistemas de arrecifes de coral, demostrando que dichos arrecifes albergan la mayor diversidad microbiana de la tierra, una diversidad de importancia crucial, aún no plenamente explorada, para la salud, la resistencia y la nutrición de los arrecifes de coral (Galand et al., 2023; Planes y Allemand, 2023).

Esta riqueza de conocimientos nuevos que está saliendo a la luz al analizar escalas geográficas enormes es también una riqueza de maravillas que se revela a lo largo de los caminos trazados por la ciencia, los cuales serpentean no solo a través, sino que van más allá de las jurisdicciones de las naciones. Anteriormente, he asegurado que este suministro dinámico e ilimitado de maravillas representa un gigantesco activo económico con un potencial de beneficios sin parangón para la humanidad. Y para hacer tangible esta afirmación la he dotado de un modelo de negocio que he denominado *resort*

transnacional (Ayala, H., 2020). Este se basa en el siguiente razonamiento: La evolución ha proporcionado un entorno propicio para este modelo; un hábil matrimonio entre ciencia y arte dotará al modelo de la capacidad de elevar la maravilla de la conectividad del mundo natural a una pieza central tanto del ideal como de la búsqueda de la sostenibilidad global, y la aplicación coherente de este modelo a escala transnacional lo capacitará para administrar un patrimonio incomparable en la defensa de la diplomacia científica, la promoción de la armonía entre ciencia y fe, y el desarrollo de puentes para la paz a escala transnacional. Sobre este fundamento y a través de su puesta en marcha, aprovecho la inspiración que he extraído de la maestría de Francisco Ayala para alinear la evolución, la creatividad y el futuro de la humanidad, con la aspiración de alcanzar nuevas fronteras.

Permítanme fundamentar brevemente esta aspiración, comenzando con un diagnóstico de una limitación esencial que impregna la planificación, el diseño y el desarrollo del pilar de los viajes mundiales: la empresa internacional de complejos hoteleros.

Los emplazamientos de los complejos turísticos existentes o previstos en todo el mundo, sobre todo en el segmento de lujo, coinciden en gran medida con algunos de los hábitats de mayor biodiversidad del planeta, así como con importantes encrucijadas de la conectividad evolutiva y ecológica. Sin embargo, estos excepcionales lugares están siendo introducidos en el mercado mundial como meras propiedades inmobiliarias de primera calidad, pasando por alto y desaprovechando por completo el hecho de que muchos de estos escenarios presentan vínculos con ecosistemas y formaciones geológicas distantes, con otros pilares de la arquitectura terrestres. Dos factores deben confluír para poder movilizar y aprovechar el valor de estos vínculos. Uno es crear una alianza con la ciencia, ya que la investigación científica tiene la clave para poder revelar las relaciones y correlaciones dentro y entre las redes de ecosistemas globales y vías evolutivas. La otra es realizar una interpretación hábil que haga partícipe y ensalce estas redes de relaciones trazadas por la ciencia como laberintos de maravillas de gran alcance, que no sólo otorguen al producto turístico un enorme valor añadido e inmunidad contra la imitación, sino que sirvan también de canales para establecer compromisos medioambientales de trayectorias ilimitadas. En este contexto, y paralelamente a la pasión de Francisco por el arte japonés, me he inspirado profundamente en el arte paisajístico japonés del *shakkei*.

La técnica del *shakkei* ("paisaje prestado", "paisaje capturado vivo") es insuperable a la hora de incorporar la belleza de entornos naturales distantes directamente en el diseño del jardín; todo ello sin necesidad de realizar ningun-

na incursión física en esas zonas (véase, por ejemplo, Itoh, 1973; Le Toquin y Bossier, 2006). El *shakkei* incorpora en una gigantesca obra de arte las características naturales de un lugar específico con los paisajes naturales que sean visualmente accesibles desde el propio lugar. Es intrigante como esto resuena con el espíritu del cuadro de Joaquín Pacheco “Baño blanco”, en el que la roca colocada en el suelo del baño trasciende visualmente la pared de cristal y se hace una con las formaciones rocosas que surgen del horizonte marino. Sin duda, este cuadro, mi compañero diario, ha estimulado mi pensamiento y mis escritos sobre el potencial que presenta este enfoque inspirado en el *shakkei* como eficaz instrumento de zonificación que podría conceder una protección estricta a áreas ecológicamente vulnerables, al tiempo que permitiría y realzaría la apreciación de su magnificencia.

Pero no me he detenido ahí. La exploración de vistas panorámicas como canales interpretativos y su complementación con exposiciones que cambiasen constantemente vendrían a reforzar la apreciación del emplazamiento de un sitio particular que, anclado en un entorno natural, formara parte viva de las rutas de conectividad entre los ecosistemas terrestres y oceánicos del pasado y del presente desvelados por la ciencia (Ayala, H., 1995). Aplicado al plan maestro de un resort, este planteamiento situaría “a la ciencia —y, a través de ella, a la conservación— en el centro de un modelo empresarial en el que la calidad, la competitividad y el prestigio crecerían a la par que la huella geográfica de la investigación financiada” (Ayala, H., 2020, p. 1584). Ello capacitaría al resort para mejorar continuamente su oferta de placeres intelectuales en lo que se refiere a su complejidad, interés y valor educativo, mediante un flujo duradero de asombro generado por los continuos descubrimientos científicos. Además, se podría incorporar de forma eficaz la amplia perspectiva que ofrecen las imágenes por satélite que, como se señala en un reciente número de *American Scientist*, permiten observar cambios a escala global y comparar ecosistemas a lo largo del tiempo y en el espacio (Madin y Foley, 2021). Esta experiencia —viva y singularmente significativa, al ofrecerse desde una posición ventajosa dentro de un vasto laberinto de maravillas—, sería profundamente distinta de las experiencias obtenidas en un museo, cuyas exposiciones se encuentran ceñidas a escenarios contextualmente ajenos. A pesar de que muchos museos han adoptado el enorme potencial de la realidad virtual para añadir nuevas dimensiones a sus exposiciones, ninguna narración virtual puede sustituir al poder y la emoción de embarcarse en una experiencia trascendental de conectividad evolutiva y ecológica desde uno de sus verdaderos peldaños, rodeado de las cualidades autóctonas de luz, color y aroma.

Al actuar como catalizador de una interacción ilimitada entre ciencia y asombro, el modelo de negocio de los resorts transnacionales también abre nuevas fronteras para la confluencia de la apreciación y la tutela de la naturaleza basadas en la ciencia y en la fe, una causa cuya tutela definió profundamente el tratamiento de Francisco Ayala de la ciencia y la religión como ventanas complementarias a la comprensión humana del mundo.

La ciencia puede inspirar creencias y comportamientos religiosos, ya que respondemos con asombro a la inmensidad del universo, a la gloriosa diversidad y a las prodigiosas adaptaciones de los organismos, y a las maravillas del cerebro y de la mente humana. La religión promueve la reverencia por la Creación, tanto por la humanidad como por el mundo de la vida y el medio ambiente. La religión es a menudo, para los científicos y otras personas, una fuerza motivadora y una fuente de inspiración para investigar el maravilloso mundo y resolver los enigmas a los que nos enfrenta (Ayala, F. J., 2016, p. 297).

Probablemente, la característica más importante del modelo de resort transnacional es que deja intactos el valor científico y la propiedad intelectual de los resultados de la investigación básica financiada por dicho complejo. Como demuestra este modelo, para el resort no tiene valor buscar el monopolio de la investigación básica financiada, frente al enorme valor de monopolizar el tratamiento interpretativo de esa investigación anclada en el propio resort a fin de deslumbrar y estimular la mente. Esto se traduce en un fuerte incentivo para que el proyecto del resort transnacional fomente el uso sin restricciones por parte de la ciencia de los resultados de la investigación financiada como aportación a nuevos esfuerzos de investigación y como base para ambiciosas iniciativas de conservación a escala transnacional, ya que dicho uso ofrece garantías de revalorización continuada de la inversión en términos de recompensas tanto empresariales como patrimoniales. El objetivo último del modelo de resort transnacional es despertar el interés propio de la industria del turismo internacional a fin de alinear el sistema de empresa privada con las inversiones en proyectos de investigación básica sin restricciones geográficas, y reforzar el prestigio de estas inversiones mediante la garantía de que los conocimientos científicos producidos por estos proyectos de escala transnacional permanezcan siempre accesibles y disponibles a todo el mundo.

4. EPÍLOGO

Volvamos a entrar en el teatro evolutivo del mundo natural, un gigantesco repositorio de materia prima de conocimiento que podría impulsar a la emergente economía global del conocimiento de forma tan profunda como el petróleo definió la economía industrial, duplicando al tiempo su valor como una infinita red de maravillas que podría revolucionar la sofisticación, las recompensas y el propósito de los viajes por el mundo.

El modelo de resort transnacional pretende servir de catalizador para un replanteamiento radical —sobre la premisa de una economía rigurosa—, del potencial de las infraestructuras hoteleras tanto existentes como venideras, que proliferan en los entornos naturales más extraordinarios de todo el planeta. Para llevar a cabo este cambio de paradigma, es fundamental diseñar de forma proactiva carteras de resorts transnacionales basados en temas científicos con audaz ambición de investigación y alcance geográfico, en los que se adquiriera una capacidad transformadora global para vincular la ciencia, la conservación y el desarrollo económico como nunca se había intentado. La ventaja colateral de aprovechar la creciente tendencia de la ecofilantropía y la filantropía científica a gran escala (Verdon et al., 2021; Gruby et al., 2023), a través de la oferta de nuevas oportunidades de inversión a escala multinacional, tampoco tendrá precedentes.

Como portales vivenciales hacia rutas sin restricciones geográficas para el avance científico, los resorts transnacionales adquirirán la capacidad de sobresalir como cunas de la diplomacia científica y vías de acceso a rutas de colaboración internacional. Estos estarán en una posición singular para acoger a pintores, compositores y otros artistas, sirviendo así de terreno propicio para la creatividad artística que ensalce y celebre la complejidad sin fronteras de los sistemas de soporte vital de este planeta. Qué inspiradora consonancia con la premisa de Francisco Ayala de que la ciencia, el arte y la creatividad son dimensiones extraordinarias de la vida humana que merecen llevarse a cabo en concierto y al máximo.

Considero que la rápida transformación de la economía mundial en una economía basada en el conocimiento es una oportunidad trascendental para activar el potencial colectivo de la empresa turística internacional y convertirla en la fuerza más poderosa para moldear el progreso del mundo hacia la sostenibilidad. Esta visión enmarca mi misión de trazar el camino de su implementación. Acojo con satisfacción la perspectiva de aunar este camino con la excelencia de la Universidad Pontificia Comillas en la creación de competencias para el desarrollo sostenible, y con el compromiso de esta universidad

de cultivar la ciencia y promover el intercambio de conocimiento científico, al tiempo que se educa a una nueva generación de líderes para transformar el mundo a través de sus contribuciones al bienestar de la humanidad.

La inspiración con la que Francisco ha enriquecido profundamente mi misión seguirá dando forma a su trayectoria y objetivo para hacer converger y reforzar mis logros con su legado vivo. La colección de arte que nutrió y entrelazó nuestras pasiones profesionales y aspiraciones humanitarias —y cuya donación, a mi fallecimiento, a la Universidad de Comillas reafirmo hoy— será el emblema de esta convergencia. Esta colección puede además desempeñar otro papel, en el espíritu de la aspiración que compartimos Francisco y yo de tender puentes entre disciplinas, sectores y naciones. Puede convertirse en el pilar de un puente transnacional enormemente simbólico e inspirador que permita revelar, perpetuar y aumentar de forma única el legado polifacético de Francisco en su conjunto.

El pasado mes de noviembre tuve el honor de asistir, invitada por el Dr. Robert Hauser, a la Reunión General de Otoño de la distinguida Sociedad Filosófica Americana (APS en inglés). Dicha Sociedad es uno de los legados más destacados de su fundador, Benjamin Franklin, quien fuera también uno de los padres fundadores de los Estados Unidos. Entre las misiones de la sociedad está “ponerse al servicio de los especialistas a través de una biblioteca de investigación de manuscritos y otras colecciones reconocidas internacionalmente por su valor histórico imperecedero”². Entre las joyas que alberga se encuentran el borrador manuscrito antiesclavista de la Declaración de Independencia de Thomas Jefferson y la primera impresión anotada de la Constitución de los Estados Unidos escrita por Benjamin Franklin. Francisco atesoraba el honor de haber sido elegido miembro de la APS y yo atesoro el honor de que los papeles de Francisco formen ahora parte de la inestimable colección de su biblioteca. Por esta razón, me embargó la emoción cuando, acompañada por David Gary, director asociado de las Colecciones de la Biblioteca y el Museo, tuve el privilegio de reunirme con los manuscritos, cartas y otros testimonios de la trayectoria profesional de Francisco (que abarcan unos 61 metros), y que ahora se conservan allí para siempre.

Nuestra colección de arte es el complemento esencial para la comprensión de la creatividad de Francisco Ayala, del enriquecimiento intelectual que extrajo del arte, de su perfil como ser humano completo. Esta complementariedad ha iluminado mi visión de crear un puente único, totalmente simbólico pero

² <https://www.amphilsoc.org/about>

inmensamente inspirador, entre la Sociedad Filosófica Americana y la Universidad Pontificia Comillas como depositarios de dos partes inseparables del legado inmortal de este gran hombre, legado que será accesible a los estudiosos en su complejidad y en su potencial —aún no plenamente realizado—, para trazar vías ambientales y socialmente transformadoras con el objeto de usar el conocimiento en beneficio de toda la humanidad.

Referencias

- Avise, J. C., y Ayala, F. J. (Eds.). (2007). *In the light of evolution*. Volume I: Adaptation and complex design (pp. xiii-xiv). The National Academies Press.
- Ayala, F. J. (1968). Evolution and religion. *Zygon—Journal of Religion and Science*, 3(4), 426-431.
- Ayala, F. J. (1999). *La Teoría de la Evolución*. Ediciones Temas de Hoy.
- Ayala, F. J. (2016). *Evolution, Explanation, Ethics, and Aesthetics: Towards a Philosophy of Biology*. Academic Press; Elsevier.
- Ayala, F. J. (2017). Adaptive significance of ethics and aesthetics. In M. Ti-bayrenc & F. J. Ayala (Eds.), *On human nature: Biology, psychology, ethics, politics, and religion* (Chapter 35, pp. 601-623). Academic Press; Elsevier.
- Ayala, H. (1995). Ecoresort: a “green” masterplan for the international resort industry. *International Journal of Hospitality Management*, 14(3-4), 351-374. [https://doi.org/10.1016/0278-4319\(95\)00043-7](https://doi.org/10.1016/0278-4319(95)00043-7).
- Ayala, H. (2017). The economic might of earth’s evolution: The epic promise of knowledge. *SAGE Open*, 7(2), 1-14. <https://doi.org/10.1177/2158244017701975>
- Ayala, H. (2020). Transnational resort: A transformative investment in the global knowledge economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 11(4), 1573-1595. <https://doi.org/10.1007/s13132-019-00621-4>
- Ayala, H. (2021, June 24). “Para beneficio del mundo:” Emparejando el Canal de Panamá con canales de conocimiento de valor trascendental para la nación y la humanidad. *Deliberar*. <https://deliberar.es/2021/06/24/la-guerra-del-coronavirus>
- Bousoño, C. (1999). *Vaquero Turcios*. Ediciones Nobel.
- Daru, B. H., le Roux, P. C., Gopalraj, J., Park, D. S., Holt, B. G., y Greve, M. (2019). Spatial overlaps between the global protected areas network and terrestrial hotspots of evolutionary diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 28, 757-766. <https://doi.org/10.1111/geb.12888>

- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 125-129. <https://doi.org/10.2307/4444260>
- Galand, P. E., Ruscheweyh, H. J., Salazar, G., Hochart, C., Henry, N., Hume, B. C. C., Oliveira, P. H., Perdereau, A., Labadie, K., Belser, C., Boissin, E., Romac, S., Poulain, J., Bourdin, G., Iwankow, G., Moulin, C., Armstrong, E. J., Paz-García, D. A., Ziegler, M., Agostini, S., Banaigs, B., Boss, E., Bowler, C., de Vargas, C., Douville, E., Flores, M., Forcioli, D., Furla, P., Gilson, E., Lombard, F., Pesant, S., Reynaud, S., Thomas, O. P., Troublé, R., Zoccola, D., Voolstra, C. R., Thurber, R. V., Sunagawa, S., Wincker, P., Allemand, D., y Planes, S. (2023). Diversity of the Pacific Ocean coral reef microbiome. *Nature Communications*, 14(3039). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38500-x>
- Gruby, R. L., Miller, D. C., Enrici, A., y Garrick, D. (2023). Conservation philanthropy: Growing the field of research and practice. *Conservation Science and Practice*, 5(5), 1-5. <https://doi.org/10.1111/csp2.12977>
- Huang, D., y Roy, K. (2015). The future of evolutionary diversity in reef corals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1662). Published online February 19. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0010>
- Instituto Cervantes (2015). *Luis de Pablo. Cronología de Obras*. Recuperado de: https://www.cervantes.es/bibliotecas_documentacion_espanol/creadores/pablo_luis_de_cronologia.htm.
- Itoh, T. (1973). *Space and Illusion in the Japanese Garden*. Weatherhill/Tankosha.
- La Gran Enciclopedia Vasca (1976). *Maestros del Arte Español Contemporáneo: Joaquín Pacheco*. Editorial La Gran Enciclopedia Vasca.
- Le Toquin, A., y Bosser, J. (2006). Jardines japoneses. En *Jardines del mundo* (pp. 47-61). Lunwerg Editores.
- Madin, E. M. P., y Foley, C. M. (2021). The shift to a bird's-eye view. *American Scientist*, 109, 288-295. <https://doi.org/10.1511/2021.109.5.288>
- Pinar García, S. (2016). *De Dios y Ciencia: La Evolución de Francisco J. Ayala*. Alianza.
- Planes, S., y Allemand, D. (2023). Insights and achievements from the Tara Pacific expedition. *Nature Communications*, 14(3131). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38896-6>
- Planes, S., Allemand, D., Agostini, S., Banaigs, B., Boissin, E., Boss, E., Bourdin, G., Bowler, C., Douville, E., Flores, J. M., Forcioli, D., Furla, P., Galand, P. E., Ghiglione, J. F., Gilson, E., Lombard, F., Moulin, C., Pesant, S., Poulain, J., Reynaud, S., Romac, S., Sullivan, M. B., Sunagawa, S., Thomas, O. P., Troublé, R., de Vargas, C., Thurber, R. V., Voolstra, C. R.,

- Wincker, P., Zoccola, D., y the Tara Pacific Consortium (2019). The Tara Pacific expedition—A pan-ecosystemic approach of the “-omics” complexity of coral reef holobionts across the Pacific Ocean. *PLoS Biology*, 17(9), e3000483. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000483>
- Verdon, M., Cormack, R., y Hood, B. (2021, April 10). Meet the ocean activists using their own money to study the seas and combat climate change. *Robb Report*. <https://robbreport.com/motors/marine/philanthropic-ocean-activists-seas-to-protect-and-discover-marine-life-1234603091>

ALCALDE MORALES, David: *¿Cosmología sin Dios? La problemática teología inherente a la cosmología moderna*, Sal Terrae/U.P.Comillas, Maliaño/Madrid 2024, 244 pp. ISBN: 978-84-293-3192-9.



David Alcalde nos presenta en este libro una versión revisada y traducida al español de su tesis doctoral defendida en 2017 en la Universidad Católica de América. Es por tanto una obra que, aun manteniendo una línea argumental clara y amena, no se puede clasificar como obra “para todos los públicos” ya que requiere de una cierta familiarización con diferentes conceptos filosóficos, en particular en el campo de la filosofía de la ciencia. Es de destacar, asimismo, el hecho de que el padre Alcalde, junto con el doctorado en Teología, posee también un doctorado en Astrofísica lo que le confiere una visión privilegiada sobre el tema a tratar en este libro. La obra se estructura en dos grandes bloques. En el primero de ellos, el autor nos proporciona una visión de lo que se entiende por ciencia moderna, desde sus orígenes en la revolución científica del siglo XVII, fruto de la unión de las ciencias exactas y la filosofía natural, hasta su definición actual como fuente de conocimiento de los fenómenos y procesos naturales a través de la observación, experimentación y matematización.

Una vez introducido el concepto de ciencia, el autor alerta de que el auge experimentado por la misma en las últimas décadas y el consiguiente desarrollo tecnológico asociado, han dado lugar a la aparición de ideologías como el cientifismo que afirma que el único acceso al conocimiento se realiza a través de la ciencia, minusvalorando (cuando no rechazando) otras vías como la filosofía o la teología. Muchas de estas visiones científicistas se fundamentan en una ontología mecanicista, esto es, una visión del universo como un sistema mecánico regido por leyes deterministas, en donde todo puede explicarse reduciendo la realidad a materia e interacciones físicas, excluyendo cualquier elemento de tipo espiritual o trascendental.

Si bien es cierto que existen disciplinas como la biología evolutiva o la cosmología en donde los descubrimientos normalmente se usan para reforzar las posturas ateas y

que una parte significativa de la comunidad científica considera el método científico epistemológicamente superior y, a diferencia de la filosofía o la teología, una vía de acceso al conocimiento que es transnacional, neutro y libre de prejuicios, es necesario destacar los esfuerzos realizados en las últimas décadas para aunar esfuerzos y conseguir un diálogo constructivo y fructífero entre ciencia y teología. A este tema dedica el libro la segunda mitad del primer bloque. En este sentido el libro es bastante escéptico y crítico tanto en los frutos conseguidos como en los mecanismos normalmente usados. El autor sostiene que el naturalismo metodológico (al que también se refiere como extrinsecismo moderado) en el que el científico no apela a entidades sobrenaturales para explicar los fenómenos naturales, no porque esto suponga una renuncia de lo divino sino porque no es relevante para los métodos que se usan, es insostenible y termina indefectiblemente derivando en un naturalismo ontológico en el que no hay lugar para lo sobrenatural o metafísico. Dentro de este marco argumentativo quizás hubiera sido deseable una mayor concreción de cómo, según el autor, debería proceder el científico católico en su día a día. Igualmente debatible es la idea también defendida por el autor de que la distinción entre ciencia y científismo es simplista e insostenible ya que la ciencia moderna no puede deshacerse de su científismo ya que es inherente a ella.

Estas argumentaciones nos introducen en el segundo bloque del libro, dedicado a la creación tanto desde el punto de vista de la ciencia como desde la perspectiva de la fe católica. El autor expone, a mi entender de manera muy acertada, la deficiente comprensión que, parte de la sociedad, tiene de la creación, reduciéndola a un simple acontecimiento natural dentro del mundo. El término "*parte de la sociedad*" es de cosecha propia ya que en el libro se usa el concepto de "ciencia moderna". En mi opinión, creo que es más adecuado ya que es posible tanto encontrar científicos que admiten e, incluso, defienden la trascendencia de la creación como personas ajenas al mundo de la ciencia que asuman el relato materialista de la creación. También es conveniente apuntar que, cuando se hace referencia a ciencia en este segundo bloque del libro, el autor está cayendo en una sinécdoque al centrarse en una rama muy específica de la Astrofísica como es la Cosmología, lo cual no es directamente extrapolable al resto de disciplinas científicas.

El autor describe cómo el problema reside en una comprensión equivocada de lo que realmente es la creación. Por un lado, estarían los que defienden un Dios como causa primera que, muchas veces, puede derivar a un deísmo en el que flota el aroma de un dios relojero. Por otro lado, están los que abrazan el extrinsecismo teológico y rebajan a Dios a nivel de las causalidades segundas, lo que lleva sin solución de continuidad al concepto de "dios de los agujeros", tan del agrado de los científicos ateos quienes ven en el progreso de la ciencia una oportunidad única para eliminar la necesidad de un creador. Los diferentes modelos cosmológicos descritos en la última parte del libro son excelentes ejemplos de lechos de Procusto en los que teorías sin ninguna confirmación observacional se proponen para intentar acomodar la realidad a unos intereses muy concretos: eliminar a Dios. Estos intentos forzados de sacar a Dios de la escena son los que llevan al autor a concluir que no hay Cosmología sin Dios y que

toda descripción física del universo implica una determinada concepción del mismo y una idea concreta de Dios.

Pero, ¿hay una tercera vía? La hay y ésta es descrita de manera detallada en el segundo bloque del libro, en donde se define la creación como “hacer algo de la nada”, esto es, el paso del “no-ser” al “ser”. En la doctrina de la creación *ex nihilo* no se presupone nada aparte de Dios. Y esta creación es llevada a cabo por un Creador para el cual, en numerosas ocasiones, las representaciones que se utilizan no son las más adecuadas. Así, por ejemplo, cuando nos referimos a Dios como un ser eterno, se tiende a caer en la trampa de asociarle una existencia temporal infinita. Y, en realidad, Dios es creador del tiempo y lo trasciende.

Tal y como propone el autor (p. 115) la distinción entre origen temporal y ontológico, con prioridad de este sobre aquel, es la clave para entender los diferentes abordajes al problema de la creación. Y debemos ser capaces de mantener esta distinción y no caer en la tentación de beneficiarnos de los descubrimientos científicos. Es cierto que tanto el modelo cosmológico estándar como la segunda ley de la Termodinámica sugieren un comienzo. Y un comienzo apunta a una creación y un creador. Pero caer en esta tentación supone, por ejemplo, correr el riesgo de exponer a Dios a la confrontación con las teorías cosmológicas de modelo cíclico que buscan eludir la singularidad de un comienzo.

A todo lo anterior habría que añadir un elemento clave para entender realmente lo que significa la creación. Tal y como se describe en el libro (p. 83), la relación del hombre con Dios no es igual que la relación de una casa con su constructor donde, una vez que “el-llegar-a-ser” de la casa se completa, se rompe cualquier relación de dependencia. Esto no pasa en la relación entre Dios y el hombre. Como sostienen autores como J. Sánchez Cañizares, la creación es una relación fundamental de las criaturas con Dios que se extiende a lo largo de toda la historia del universo. Éste es el punto clave para poder entender la acción providente de Dios en el mundo.

En resumen, «¿Cosmología sin Dios?» es una obra que ofrece una exploración perspicaz de los desafíos y las oportunidades que surgen en la intersección entre la cosmología moderna y la teología. Con su enfoque equilibrado y accesible, el padre Alcalde invita a los lectores a reflexionar sobre las complejidades de estas disciplinas y a considerar las implicaciones más amplias de sus investigaciones en la búsqueda de la comprensión humana del cosmos y su lugar en él.

Enrique Solano
esm1966@gmail.com
CSIC



MONTOYA CAMACHO, Jorge Martín y GIMÉNEZ AMAYA, José Manuel: *Corporalidad, tecnología y deseo de salvación. Apuntes para una antropología de la vulnerabilidad*, Dykinson, Madrid 2024, 158 pp. ISBN: 978-84-1070-076-5; ISBN electrónico: 978-84-1070-128-1.

La obra que presentamos provoca un poderoso estímulo intelectual, porque los temas expuestos interpelan al lector de modo tan directo que es imposible no sumergirse en preguntas, reflexiones y respuestas sobre las que las personas no tenemos habitualmente criterios completos ni claros. Los autores nos impelen a examinar nuestro propio pensamiento, nuestra experiencia vital, nuestros conocimientos y nuestras preocupaciones filosóficas; también, nuestras dudas biológicas, nuestras certezas teológicas y, en suma, las convicciones y contradicciones de las que todos somos presos. Es un libro que en continuidad con otros de los mismos autores, escritos a veces en conjunto y a veces por separado, completa un recorrido de ideas en torno a la antropología y por tanto al hombre, a las facetas biológica y racional de las personas, al lugar en el mundo que le corresponde y a sus relaciones, y a la conciencia de ser persona para culminar con una aseveración que se manifiesta como la principal idea del libro: no es posible que haya libertad en la persona si se desprecia la base ontológica de ésta en la aceptación de la vulnerabilidad y del error humano; y sin libertad, no hay ética.

Los autores, profesores de la Facultad de Ciencias Eclesiásticas de la Universidad de Navarra, son al mismo tiempo investigadores del Grupo Ciencia, Razón y Fe (CRYF) de la misma Facultad y promulgadores en sus escritos de una percepción ética y antropológica del ser humano, una antropología de la vulnerabilidad, que ahonda en ciertos aspectos que la Modernidad ha preferido olvidar, tanto en sus propuestas filosóficas como en otras más propiamente científicas o biológicas. Son dichos aspectos los que fundamentalmente tienen que ver con la comprensión de la persona de manera unitaria, esto es, en su unidad y sin despreciar aspecto alguno de ella, en el convencimiento intelectual de que lo racional y lo biológico se relacionan y conforman un todo que, cuando pretendemos entenderlo eliminando o soslayando una de sus facetas, deja realmente de comprenderse. Esta propuesta intelectual, además, se asienta muy principalmente en el legado filosófico que para la ética nos dejó Alasdair MacIntyre, y que ha proporcionado a Montoya Camacho y a Giménez Amaya un enfoque inicial sólido para explicar a la persona.

Porque en definitiva se trata de eso, de explicar a la persona. Podríamos decir incluso que los autores están forjando un nuevo *personalismo*, pero entendido muy distintamente a como se ha venido haciendo de modo clásico: hay personalismo porque cada ser humano tiene que aceptar sobre sí mismo determinadas características del

hombre que, aunque le afectan particularmente, son rasgos generales y comunes. Hay personalismo porque hay concreción en cada ser humano de lo que al mismo tiempo es común a todos como fundamento del ser: cada persona envejece, se debilita, sufre, cambia en su vida y muere de modo individual y único, pero al mismo tiempo todas las personas tienen una vida que discurre por las mismas etapas y éstas tienen siempre las mismas consecuencias, los mismos efectos.

De tal modo, es posible unir tal y como hacen los investigadores y autores de este libro lo que muchos han intentado antes separar: la racionalidad ha promovido en el hombre a lo largo de la Historia cambios biológicos, y la biología humana es a la vez condición indispensable del ser persona y, por tanto, de la propia racionalidad de la persona. De ahí que la negativa de la Modernidad a aceptar la biología y la naturaleza del hombre en condición de igualdad de su racionalidad ha terminado por separar al hombre de la propia naturaleza, ha separado al hombre de sí mismo porque le ha despojado de elementos de autocomprensión y, por tanto, le ha desprovisto de los sentidos propios del ser humano, que en realidad no pueden olvidarse ni evitarse.

El sugerente recorrido de los autores por estos temas y estas ideas tiene, sin olvidar la centralidad del mensaje en la vulnerabilidad como base de la libertad y del actuar moral, varios episodios que explican magistralmente. Así, se explica una comprensión vital de la persona que discurre por la idea del hombre que cree en la promesa de una salvación tecnológica. En efecto, es algo sin duda contradictorio, con toda probabilidad ilusorio y seguramente imposible pretender una escatología del hombre asentada sobre sí mismo: el hombre se salva a sí mismo porque su propio progreso técnico y científico, tecnológico y de conocimiento, le permite hacerlo. Así, algunos pretender desvincular al hombre de la naturaleza, pero también de Dios, eliminar su sentido trascendente sea éste cualquiera que pueda ser y, en cambio, unirlo en un final temporal a otro sentido que es en sí mismo trascendente en cuanto a que apunta a una salvación.

Frente a lo anterior, la promesa de salvación de Dios se erige como una escatología posible y clara, pero que requiere a su vez resolver previamente esas limitaciones de la racionalidad que, acomodadas en matices subjetivos y emotivos, *emotivistas* podría decirse, persisten profundamente en la interioridad de cada ser humano. Pues, al fin y al cabo, los autores ponen negro sobre blanco que ser persona es también ser vulnerable, porque efectivamente lo es; y al mismo tiempo debe aceptarse esto, como decíamos antes, para no disminuir en cada uno de nosotros y, por nosotros mismos, la propia dimensión del ser humano en su totalidad. El propio MacIntyre, tal y como recogen los autores, explicaba la importancia de la vulnerabilidad en la vida moral de las personas.

Si pensamos sobre ello como hacen los autores, parece claro que el comportamiento de las personas debe estar influido, condicionado, establecido e incluso determinado por todo aquello que le hace ser persona, y por tanto obviar la discapacidad natural del hombre es realmente absurdo. Esto, además, tiene una segunda dimensión que

es la propiamente social: si de los rasgos generales, decíamos antes, debe hacerse cargo en conciencia cada cual, de modo particular, al mismo tiempo la asunción de dicha particularidad es la que hace posible configurar y completar la idea general, en cuanto a social, de una vulnerabilidad propia del hombre. Lo anterior, prosiguen explicando los autores, se relaciona a su vez en ese doble sentido particular y general (o universal si se prefiere) con la propia configuración ética de la sociedad, en la medida en que en la sociedad hay un elemento superior que unifica, y que llamamos el bien común. Dicho bien común debe ser por tanto accesible para todos, siendo imprescindible el concurso de cada uno de los individuos de la sociedad en una orientación similar, esto es, queriendo todos ellos una misma tendencia a dicho bien común.

La relevancia de lo anterior viene dada porque el comportamiento moral, la ética y su discernimiento en pos de un bien común se une a su vez a la propia virtud, que de nuevo es aplicable de modo particular al hombre siendo sin embargo un elemento común a todos. La virtud por tanto necesita al hombre en su plenitud o, quizá al revés, el hombre solo podrá ser pleno con la virtud bien asentada, lo cual no es posible si el propio hombre no es aceptado ni comprendido a su vez en su totalidad, es decir, aceptando la propia debilidad y la ya mencionada vulnerabilidad, la condición del hombre imperfecta en su biología y el desgaste inexorable que lleva a la muerte.

De ahí la necesidad de rescatar una promesa de salvación que no es posible dentro del propio hombre, sino que siendo para el hombre le es dada. Es una promesa de salvación exterior, ajena, basada en la recuperación de una unión del hombre con Dios y explicada también con presupuestos filosóficos despreciados por la Modernidad, motivo por la cual la propia modernidad impide el diálogo con el hombre y con su trascendencia. El hombre es, en su biología, contingente y aceptar dicha contingencia promueve un camino común para las personas que les puede orientar al bien común; lo contrario, en cambio, empobrece la propia consideración personal del hombre. Cuando la vulnerabilidad se acepta, por el contrario, la propia persona promueve una intencionalidad y una comprensión de finalidad que, de nuevo, podemos unir con la toma de decisiones y por tanto con el comportamiento moral. De aquí, el paso es claro hacia la necesidad de salvación, que en el cristianismo se identifica en la promesa de Dios y la Revelación pero que, en otros presupuestos no cristianos, es igualmente válido desde la filosofía, pues es inherente al ser humano superar esa propia corporalidad débil o imperfecta, lo que los autores llaman “contingencia biológica”, con algo que sea superior a él y le trascienda.

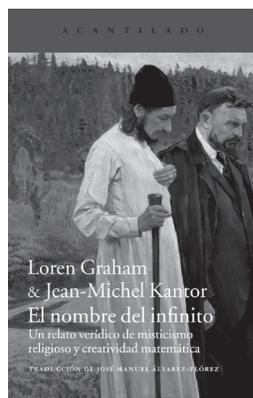
Eloy Villanueva Cruz
evillanu@alumni.unav.es
Universidad de Navarra

GRAHAM, Loren y KANTOR, Jean-Michel: *El nombre del infinito. Un relato verídico de misticismo religioso y creatividad matemática*, Acantilado, Barcelona 2012, 304 pp. ISBN: 978-84-15689-14-0.

¿Puede la mística ser un estímulo para el pensamiento racional y el avance matemático? O lo contrario, ¿puede que una posición de racionalidad extrema se convierta en un freno para desarrollar una idea del más racional de los campos del saber? En *El nombre del infinito*, los matemáticos e historiadores de la ciencia Loren Graham y Jean Michel Kantor realizan una exhaustiva exploración de uno de los debates matemáticos más importantes de inicios del siglo XX: la teoría de conjuntos y su noción de infinito. Y para ello se fijan en un elemento clave de toda su historia: el impacto que la tradición religiosa de los protagonistas tuvo en el desenlace de los diferentes retos que éstos se fueron encontrando. La conclusión es clara: la tradición racionalista francesa se quedó encallada o no supo ver, en la exploración de conceptos como el de infinito o de discontinuidad, aquello que la tradición rusa, abierta a una interpretación mística de la realidad, sí fue capaz de encajar en sus esquemas y por lo tanto de desarrollar y llevar un paso más allá.

El origen debe remontarse en la teoría de conjuntos fundada por el matemático alemán Georg Cantor. Su afirmación de que el número de elementos del continuo es de un infinito de categoría superior al del número de los naturales, y su hipótesis que entre el infinito de los naturales (aleph-0) y el de los reales (aleph-1) no hay infinitos intermedios (hipótesis del continuo) abrió un campo de discusión que revolucionó por completo la matemática del cambio de siglo. El hecho de que llamemos número *trascendente* a todo aquel número irracional no algebraico, o que Cantor usara el término *transfinito* para referirse a los diferentes órdenes de infinito, nos permite apreciar la cercanía con el terreno metafísico. ¿Existen tales conceptos en la naturaleza? ¿O son solo producto de la mente humana? ¿Tiene algún sentido pretender darles un nombre? ¿Dedicarse a trabajarlos? Cantor en su construcción del *conjunto ternario cantoriano* llegaría a afirmar: “Vemos que hay una generación dialéctica de conceptos que conduce siempre más allá y que al hacerlo se mantiene libre de cualquier arbitrariedad, necesaria y coherente en sí misma” (p. 37). Hay pues un más allá matemático, una suerte de trascendencia que se muestra, a ojos de quien quiera adentrarse en ella, de forma coherente.

El reto que supuso la teoría de conjuntos fue acogido de manera antagónica por dos escuelas: la escuela francesa, protagonizada por Émile Borel, René Baire y Henri Lebesgue, se adentró inicialmente en el debate, pero se acabó enfrentando a un “abismo intelectual ante el que se detuvieron” (p. 83). Pues para su concepción racionalista no podían entenderse las matemáticas más que como una codificación de



verdades que están estrechamente vinculadas al mundo natural y material. La teoría de conjuntos, y las discusiones y debates entorno a axiomas como el de la *elegibilidad* de Zermelo, significaban una serie de preguntas y asunciones demasiado alejadas del mundo físico.

En cambio la escuela rusa, protagonizada por Dmitri Egorov, Nikolái Luzin, junto al sacerdote ortodoxo y también matemático Pável Florenski, se lanzó a crear y nombrar nuevas entidades, sin preocuparse que aquello que apareciera en sus mentes tuviese relación alguna con la realidad de nuestro mundo. Puro idealismo. Pero un idealismo fértil que terminaría impactando de forma central en el corazón de la matemática. Este grupo, fundador de la escuela matemática de Moscú, compartía una característica: sus tres protagonistas habían realizado un proceso de conversión religiosa acercándose, en plena revolución rusa, a una iglesia ortodoxa apartada y perseguida en la cual habían penetrado ideas heréticas como la de la *adoración del nombre*. Asignar nuevos nombres a subconjuntos del continuo, adentrarse en el análisis de las discontinuidades -que eran vistas por Florenski como una manifestación de la voluntad divina de no dejarse acotar, de una posibilidad de novedad constante- o crear nuevas entidades dentro del universo matemático. Todo esto fue posible porque estaba latente la inspiración de una herejía religiosa y de un celo místico.

El final del trío matemático ruso no pudo ser más trágico. El libro termina con una exposición de sumo interés político abordando la forma en que el totalitarismo ruso aplastó toda disidencia, también la religiosa. Y sobre todo permite percibir cómo las envidias y celos de compañeros académicos tomaron como excusa la opción religiosa de los protagonistas para abrir una puerta a la condena y al ostracismo. Luzin fue declarado enemigo del pueblo y apartado de sus cargos académicos, Egorov fue arrestado y murió en su encarcelamiento, Florenski terminó en un campo de concentración donde fue ejecutado.

Lo más interesante del libro es que ayuda a entender cómo el misticismo y la herejía religiosa fecundaron al mundo matemático en un tiempo en el que justamente fe y razón parecían más enfrentadas que nunca. El libro destaca por la profusión de detalles históricos y biográficos, además de por su intento de hacer cercano al lector conocimientos matemáticos de alto voltaje. A pesar de ello, al lector poco familiarizado con ciertos debates matemáticos no le será fácil seguir el hilo de los retos que los protagonistas se fueron encontrando, pues no se entra con suficiente detalle en ellos, tampoco es el objetivo del libro. Hará falta completar la lectura con alguna introducción suficientemente divulgativa de la teoría de conjuntos o de los debates lógicos a los que se enfrentó la matemática moderna en la primera mitad del siglo XX. Donde más flaquea el ensayo es en su descripción y análisis de los fenómenos religiosos que describe, aunque mencionan haber contado con el asesoramiento de teólogos de la talla de Harvey Cox, en algunos puntos uno puede encontrar confusiones terminológicas o falta de detalle como cuando, por ejemplo, se asimila la idea de panteísmo con la de politeísmo. En cualquier caso, lo que el libro sí demuestra es que,

al contrario de lo que se ha llegado a afirmar muchas veces, las creencias religiosas pueden estar en la base de la creatividad científica.

Xavier Casanovas Combalia
xavier.casanovas@iqs.url.edu
IQS – Universitat Ramon Llull

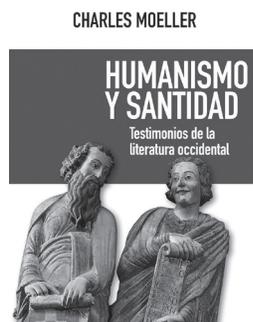
MOELLER, Charles: *Humanismo y santidad. Testimonios de la literatura occidental*, Encuentro, Madrid 2023, 208 pp. ISBN: 978-84-1339-130-4.

Humanismo y santidad constituye, para su autor, la primera parte de un díptico cuya segunda obra es *Sabiduría griega y paradoja cristiana*, ya editada por Ediciones Encuentro en 2020. En palabras del propio Charles Moeller: “Mi objeto es sugerir un método cristiano de leer las obras maestras de la literatura. En esta primera serie de conferencias, el cristianismo aparece como el coronamiento del humanismo ascendente [...].

[sería necesario completar este humanismo con] otro humanismo que, alimentado de esas realidades trascendentales, *desciende* hacia nosotros y se encarna en tipos humanos absolutamente desconocidos por las literaturas que han ignorado o despreciado a Cristo” (p. 29). Nuestro autor no deja de subrayar la novedad y unicidad de Cristo, que marcó un antes y un después en la cultura humana, pero en su opinión esto no supone desprestigiarla, sino valorarla.

Moeller dedica la presente obra “a mis alumnos de poesía”. Que se dirige a jóvenes estudiantes queda patente a lo largo de todo el texto y le confiere un estilo cercano e interpelante de cara a los lectores. El libro está basado en una serie de conferencias que el autor impartió a estudiantes de humanidades y que transcribió, conformando así los capítulos de la presente obra. Su origen oral explica el estilo dialogal y la ausencia de referencias, aunque cite con frecuencia. Para salvar el escollo de citar sin referenciar en un texto escrito el autor ofrece al final una nota bibliográfica donde explica las principales obras que le han servido de referencia y aconseja algunas más para ahondar en los temas.

El libro está dividido en seis conferencias (cada una de las cuales conforma un capítulo) precedidas de una introducción que Moeller titula “Del estado actual de la juventud y de la finalidad de este libro”. Este preámbulo resulta útil para entender la finalidad del libro, su carácter parcial que debe ser completado con *Sabiduría griega y paradoja cristiana*, como antes decíamos, y para señalar lo que el libro no pretende hacer. En estas páginas el autor abre muchos campos de investigación y lanza una multitud de preguntas que quedan sin contestar. Por una parte, esto sirve de aliciente



para continuar; por otra, queda la sensación de que Charles Moeller es capaz de una especulación profunda, pero no nos la ofrece en su completitud. Por decirlo de otra forma, deja con ganas de más, y en algún momento con cierta confusión, pese a lo breve del capítulo y la claridad de su estilo.

La primera conferencia presenta varias “antinomias fundamentales” del humanismo escatológico y el humanismo terreno. Moeller trata de definir ambos tipos de humanismo y aproximarse a ellos parcialmente, para terminar explicando que en esta investigación “adoptaremos el punto de vista *filosófico* y reflexionaremos sobre las ideas, el sistema de vida expresado por las obras maestras” (p. 57), adoptando así la perspectiva “de un cristiano que se preocupa de estar al corriente de la cultura universal” (p. 58). Metodológicamente, Moeller reducirá “las diferentes manifestaciones de la cultura occidental a varios *tipos fundamentales*, reflejo de las actitudes esenciales del hombre ante la vida” (ibid.).

En las conferencias siguientes abordará cada tipo. La segunda está dedicada al clasicismo precristiano de la mano de Homero y Virgilio. Para nuestro autor, lo propio del ser humano antiguo es atenerse a los límites humanos, aunque al mismo tiempo busque la gloria o grandeza. Así, logra un equilibrio admirable, pero teñido de tristeza por no tener los dioses y la esperanza que merecería.

La tercera conferencia explora el clasicismo después de Cristo estudiando a Montaigne, Cervantes y Goethe. La conclusión de Moeller es que este humanismo se cierra a lo trascendente y por ello es incompleto. La siguiente conferencia está dedicada a la aspiración romántica a lo absoluto, un tipo de humanismo opuesto al clasicismo poscristiano que encarnan por ejemplo Rousseau o Nietzsche. Si el hombre clásico se quedaba en sus propios límites, cercenando su anhelo de absoluto, el romántico los niega para poder autoafirmarse absolutamente.

Ninguna de las anteriores tentativas resuelve el problema humano: “El hombre que rechaza a Cristo está herido, no sabe hallar el equilibrio. La casa del sabio es demasiado reducida; el mundo de los románticos, demasiado vasto, demasiado oscuro, demasiado peligroso” (p. 143). Solo la síntesis cristiana, objeto de la quinta conferencia, puede lograr lo que el ser humano anhela y busca. Esta conferencia resulta muy útil como resumen de lo dicho hasta el momento, no centrándose tanto en los autores concretos, cuanto en las conclusiones generales que se han ido extrayendo de ellos. Es un capítulo especialmente claro y sugerente. En él Moeller también subraya con fuerza que “Para ser totalmente hombre, heroico y sabio, es preciso pasar por Él” (pp. 150-160). No obstante, “comprender los grandes temas del heroísmo antiguo equivale a ponerse idealmente en un estado anheloso de Cristo” (p. 162) y por lo tanto es útil y bueno cultivar las humanidades. La parte final del capítulo, que trata sobre el cristianismo como síntesis de las antinomias de la cultura es especialmente sugerente y en ella se tantea la dialéctica entre asimilación y superación de los valores humanos que el cristianismo efectúa.

Por último, la sexta conferencia presenta “el humanismo cristiano en la Iglesia Católica romana y en las Iglesias separadas”. Moeller objeta al protestantismo que no subraya suficientemente el humanismo terreno y a la ortodoxia relegarlo a un segundo plano por centrarse en el humanismo escatológico. No obstante, opina que ambas tendencias tienen elementos positivos que deben poner en alerta al católico contra ciertos peligros. Para nuestro autor, hay que entender ambos humanismos en tensión: se necesitan y no se excluyen.

Solo queda subrayar la agilidad de la pluma de Moeller, su conocimiento de los clásicos y su capacidad para reducir la complejidad a enseñanzas sencillas (no por ello desprovistas de profundidad) que hacen de sus obras algo para ser degustado y no solo leído. Es admirable la habilidad que tiene para poner en diálogo la literatura y la cultura de todos los tiempos con la doctrina cristiana, un ejercicio que debería ser mantenido en cada generación de creyentes y pensadores. Con todo, la sensación que queda tras la lectura es que el autor belga tiene mucho más que decir y el deseo de que hubiera desarrollado más las ideas de fondo desde un punto de vista teológico. Quizá es una invitación a que lo hagamos nosotros.

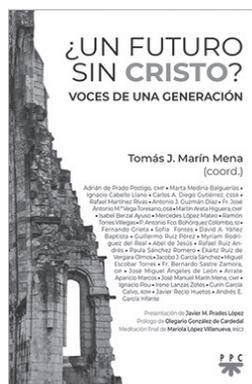
Marta Medina Balguerías
mmedina@comillas.edu

Facultad de Teología de la Universidad Pontificia Comillas

MARÍN MENA, Tomás J. (coord.): *¿Un futuro sin Cristo? Voces de una generación*, PPC, Madrid 2023, 712 pp. ISBN: 978-84-288-3992-1.

Este libro, coordinado por Tomás, actual profesor de Dogmática en la Universidad de Granada, ofrece un espacio coral amplio y diverso con voces que intentan dar respuesta a la pregunta que el título plantea: ¿Un futuro sin Cristo? Parte, como se puede intuir, de la sensación extendida de que el cristianismo está perdiendo vigor y presencia cultural y social en el espacio público. De ahí que se plantee la referencia desde una clave imaginada como real desde una historia reciente en la que, quizá, era un lugar común propiciado por la religión en todos los ámbitos de la vida. La desconexión del hecho religioso como un aspecto nuclear en la propia formación y las propias relaciones late hoy debajo de estas páginas.

Entre los treinta y tres jóvenes, más los prologuistas y el epílogo, se encuentran sensibilidades, comprensiones y expresiones del todo diversas. Lo cual ya es un acierto porque refleja a la perfección la dispersión eclesial en la que nos encontramos. Una subjetividad muy acentuada, una historia individualmente vivida, un contexto po-

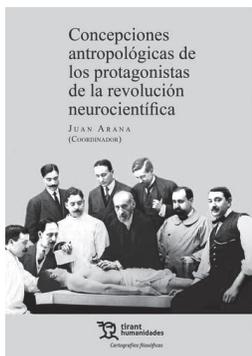


derosamente configurador que hacen, a la postre, que las palabras con las que nos expresamos y las referencias que nos parecen esenciales sean también divergentes. A cada uno de ellos se les encargó una temática acorde con su estudio o realidad, de modo que se significa aún más la preocupación o la causa con la que cada cual brega como puede.

Sin embargo, es igualmente interesante estudiar en el texto las esencias que buscan y que los unen. Vuelve con fuerza una honda búsqueda del Señor Jesús como núcleo y fundamento, como plena humanidad al tiempo que se intenta hablar de Dios con vitalidad, y la iglesia como comunidad profética y mística. Un eje vertebrador en todos ellos es, de un modo u otro, el intento de hacer comprensible la grandeza y la belleza actual del misterio cristiano a una generación que parece inmunizada y se muestra indiferente ante un anuncio semejante. Uno de los autores -que no nombro por no hacer de menos a ninguno- señala con acierto que no es posible seleccionar la época en la que vivimos, pero sí cuidar el testimonio que damos y cómo llegamos a otros.

Su lectura es ágil y el formato también lo facilita. Considero importante, al tiempo que se lee, o incluso se intenta estudiar, no dejar de pensar en lo que están señalando e intentar identificar el fondo desde el que parten. Cualquier cosa menos quedarse en las palabras que habitualmente subrayamos como definitivas o sentenciosas. Porque es fácil atisbar un rebrote de confianza en que el anuncio es posible y la significatividad de Cristo para toda la humanidad es perenne. Solo nos cabe preguntarnos, para terminar, cómo continuar el libro dando respuestas por nosotros mismos. Y, ojalá, sea un libro que cultive, propicie y dé calidad a nuestros diálogos pastorales y eclesiales.

José Fernando Juan Santos
jose.fernando.juan@gmail.com



ARANA, Juan (coord.): *Concepciones antropológicas de los protagonistas de la revolución neurocientífica*, Tirant humanidades, Valencia 2023, 516 pp. ISBN: 978-84-1183-059-1.

El problema mente-cerebro ha sido objeto de muy diversas perspectivas en la revista *Razón y Fe*. Uno de los trabajos más valorados es el escrito por el profesor Manuel Béjar, "La neurobiología y la naturaleza de la conciencia" (publicado en *Razón y Fe*, 2016, t. 274, n. 1417, pp. 417-429). La Universidad Pontificia Comillas publicó en el año 2014 un excelente volumen coordinado

por el doctor Javier de la Torre, *Neurociencia, neuroética y bioética*. Este contiene las ponencias del XXVII Seminario Interdisciplinar de Bioética, que se celebró en Madrid entre los días 12 al 14 de abril de 2013. Organizado por la Cátedra de Bioética de la

Universidad P. Comillas, se reunieron 70 especialistas en bioética que generaron este volumen. Por otra parte, diversas reuniones y jornadas de ASINJA (Asociación Interdisciplinar José de Acosta), cuyas actas fueron publicadas por la misma Universidad, tocaron el problema mente-cerebro. Así, el volumen 12 de Actas (1985, coordinado por Alberto Dou) dedica casi 300 páginas al problema mente-cuerpo. Por tanto, no es un tema nuevo entre nosotros.

El volumen que presentamos, coordinado por el profesor Juan Arana, catedrático de Filosofía de la Universidad de Sevilla, reúne en sus páginas una selecta serie de contribuciones de expertos españoles sobre la antropología subyacente al pensamiento de 25 investigadores interdisciplinares sobre el problema mente-cerebro. El objetivo de este volumen es el de presentar, de forma accesible, pero no trivial, una panorámica de la investigación sobre la relación entre la mente y el cerebro o —si se prefiere decirlo con términos más añejos— entre el espíritu y la materia.

Los autores que han colaborado en la gestación del libro no son unánimes en la valoración de las graves cuestiones que aquí se tratan. Cada uno de ellos sostiene interpretaciones y formula diagnósticos propios. Pero, en conjunto, predomina una actitud crítica frente al *naturalismo mental* que ha sido el paradigma dominante en los últimos decenios del siglo XX, y que básicamente consiste en *afirmar* —o al menos *esperar*— que todo lo que conviene saber acerca de la mente humana está al alcance de la ciencia natural (es decir, la física, la química y la biología) de hoy o de la que vendrá en un futuro no muy lejano. Si no todos los autores de capítulos de este libro, al menos la mayoría de ellos, prefieren defender actitudes más posibilistas y abiertas, más próximas a las que adoptaron los grandes creadores de las neurociencias durante los primeros dos tercios del siglo XX, así como las que ahora mismo empiezan a darse entre los más jóvenes representantes de la disciplina.

En todo caso —como reconoce Juan Arana en la presentación del volumen— no pretenden convencer a nadie de la bondad, la legitimidad, la coherencia o la cientificidad de sus respectivas posturas, sino que tan solo desean proporcionar al lector razones contrastadas para que este llegue, tras una lectura detenida y crítica, a conclusiones bien fundamentadas, sin estar mediatizado ni condicionado por los caprichos y prejuicios de unos y de otros.

La historia de las neurociencias no es excesivamente larga. Y las implicaciones de sus propuestas para la construcción de una imagen racional y científica de la condición humana se inician al final del siglo XVIII. En el año 1786 Luigi Galvani, fisiólogo italiano, estaba experimentando con músculos de ranas.

Galvani había disecado una rana que colocó en una mesa, donde a una distancia prudencial había también una máquina eléctrica. Uno de sus ayudantes, por azar, aplicó la punta del bisturí a los nervios crurales de la rana disecada. Repentinamente observó que todos los músculos de los miembros se contraían violentamente.

Otro ayudante presente observó que el fenómeno ocurría sólo cuando la máquina eléctrica producía una chispa. Esto entusiasmó a Galvani, quien trató de repetir el experimento con el fin de clarificar el oscuro fenómeno. Así notó que efectivamente se repetía. Para verificar y comprobar si en verdad la contracción muscular estaba relacionada con la electricidad se valió del rayo.

Montó un pararrayos, conectó el alambre del pararrayos a los nervios de la rana y esperó a que se desatara una tormenta eléctrica. Siempre que se producía un rayo, al mismo tiempo todos los músculos sufrían contracciones violentas como si quisieran avisar el trueno. Utilizando el músculo como indicador visible, Galvani concluyó acertadamente que los nervios podían ser estimulados por la electricidad.

Desde entonces, incansables investigadores se afanaron durante los cien años siguientes en la tarea de aprovechar esta puerta de acceso a la trama íntima de la vida. Cuando la ciencia del siglo XIX alcanzó su punto culminante con Maxwell y Darwin, se difundió la esperanza de desvelar todos los secretos de la mente gracias a la fuerza electromagnética combinada con la evolución por la selección natural. Williams James y Santiago Ramón y Cajal renunciaron a una fase de continuos avances tanto teóricos como experimentales para unificar lo biológico y lo psíquico.

El siglo XX y XXI han conocido incontables logros en el área de las neurociencias, el estudio biológico y psíquico de las estructuras y funciones cerebrales. Gracias a las aportaciones interdisciplinarias de la psicopatología, morfología funcional, fisiología, biología molecular, inteligencia artificial y tecnología de la observación nos acercamos a las hipótesis más atrevidas de lo que constituye la condición humana y nos diferencia esencialmente del resto de los seres vivos. En el siglo XX muchos investigadores creían (y con frecuencia todavía creen) en la desaparición a corto plazo de cualquier incógnita relativa a la que se reconoce como la estructura más compleja de todo el universo. Con el siglo XXI, los estudiosos (científicos, filósofos, teólogos, antropólogos, ingenieros) se han vuelto más comedidos: sin que hayan cesado los progresos en todas las ramas del saber, también han surgido nuevas preguntas que son cada vez más desafiantes. A lo largo de 25 densos capítulos, un grupo cualificado de expertos pasa revista a las grandes figuras que están configurando una nueva imagen del ser humano.

Leandro Sequeiros SJ

lsequeiros@jesuitas.es

Presidente de ASINJA (Asociación Interdisciplinar José de Acosta)



VVAA: *El calendario litúrgico medieval*, Cuadernos Phase, 264, Centre de Pastoral Litúrgica, Barcelona 2021, 209 pp. ISBN: 9788491654667.

El presente trabajo está compuesto por siete estudios sobre aspectos concretos del calendario litúrgico durante el medioevo. El primero de ellos está a cargo de Gabriel Segí Trobat, centrado en los “Elementos estructurales del calendario litúrgico medieval”. Ello nos ayudará a tener una perspectiva general del calendario y, al no iniciado, lo introduce en aquellos aspectos que hay que tener en cuenta a la hora de ver, leer y estudiar un calendario litúrgico.

Seguidamente nos encontramos con una traducción del texto del calendario del misal romano de 1962, realizado por el profesor del Instituto Teológico de Barcelona Jordi Margarit. Le sigue un interesante artículo, dividido en trece apartados, de Nicola Severino sobre los relojes solares y cómo los monjes hacían un cálculo de las horas canónicas. Abarca desde aspectos más generales a los más concretos sobre el mencionado cálculo de las horas siguiendo el tratado de Marcello Francolini.

Continúa un amplio texto del profesor John Hennig titulado “Versus de mensibus”. Como el propio título adelanta, trata sobre el verso que precede o sigue al nombre del mes correspondiente y que discurre sobre diferentes temas, siendo identificado, por el mencionado investigador, ocho diferentes, los cuales irá desgarnado: signo del zodiaco, el número de los días solares, el número de los días lunares, la posición de los novenos días, los nombres griegos, hebreos y egipcios, las tradiciones romanas acerca del nombre y significado del mes, las condiciones climáticas, y los días aciagos o días egipcios.

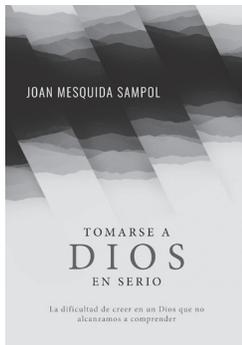
El primero de los temas de los *Versus de mensibus* será profundizado en el artículo siguiente, realizado por los profesores Jesús Cantera Montenegro e Inmaculada Álvarez del Olmo, que se encuentra bajo el título: “Sincretismo pagano en el medioevo: los signos zodiacales”. Está dividido en tres apartados, siendo el tercero el de mayor extensión y en el que se analiza los signos del zodiaco.

El sexto trabajo está hecho por la profesora de la Universidad Autónoma de Barcelona, Gemma Puigvert Planagumà, que hace un estudio sobre esos encabezados de cada mes que están referidos a los días egipcios y cómo estos eran concebidos en la época medieval, así como las posibles variantes que se pueden encontrar. Se centra, principalmente, en tres calendarios de la zona de Gerona. Este se complementará con el último de los artículos, el escrito por la profesora Ana Suárez González, con el título “‘Días aciagos’ en calendarios litúrgicos: diez ‘testigos’ de los siglos XII y XIII”. En él, irá estudiando y comparando diez calendarios latinos peninsulares, pertene-

cientes a siete establecimientos diferentes (una canónica regular, dos catedrales y cuatro monasterios cistercienses).

Este trabajo, como todos los que nos propone el Centro de Pastoral Litúrgica de Barcelona, es de gran interés, pues permite al lector adentrarse en aspectos concretos de la liturgia. Eso lleva consigo que, para aprovechar al máximo el contenido de los mismos, el lector debe estar ya iniciado en la materia.

Miguel Córdoba Salmerón
micordoba@gmail.com
Universidad de Granada



MESQUIDA SAMPOL, Joan: *Tomarse a Dios en serio. La dificultad de creer en un Dios que no alcanzamos a comprender*, Books on Demand, Alemania 2023, 148 pp. ISBN: 978-8411745123.

La primera impresión que el lector va a observar al acercarse al libro *Tomarse a Dios en serio* es que se trata de una obra poco convencional en muchos aspectos. El primero de ellos, tal vez el más obvio, es que pese al título y a ser una obra que pretende hablar de Dios, no es un libro de teología al uso ni su autor, Joan Mesquida Sampol, es teólogo. Sin embargo, este doctor en Derecho se ha atrevido a escribirlo y esa valentía surge de su bien justificada percepción de que hoy se habla poco de Dios en el ámbito creyente y, cuando se hace, surgen grandes discrepancias acerca de sobre qué Dios se está hablando. Para unos se trata de un Dios cercano que parece perdonar todo, otros piensan en un Dios celoso del cumplimiento moral y no faltan aquellos que lo entienden al modo de una energía cósmica nos recuerda a la “fuerza” de *Star Wars*.

El subtítulo del libro es también indicativo de las intenciones del autor, si bien en este caso el planteamiento que realiza resulta también singular. Aunque analiza las dificultades del sujeto actual para creer en el Dios de la tradición cristiana, lo hace poniendo en evidencia no tanto los obstáculos para llegar a Dios como los celos y las dificultades que el creyente interpone entre él y el Creador. En definitiva, lo que plantea el autor es que en realidad acaba siendo el creyente el que pone obstáculos a Dios.

Estos obstáculos tienen su origen en tres aspectos que Mesquida identifica a lo largo del libro. El primero de ellos es la reducción de la religión católica a una ética, lo que abre la puerta a la vieja y nunca extinguida del todo herejía pelagiana, en la que el hombre aparece como ser autónomo y autosuficiente a la hora de cumplir con la ley divina y, por tanto, dejar de tener necesidad de la gracia para alcanzar su salvación. El

segundo fenómeno tiene que ver con lo que denomina la entronización del individuo y el hecho que haga de la autonomía individual un fin en sí mismo y no un medio para buscar el bien o la belleza. Ese inmanentismo radical le lleva a rechazar a Dios, que solo puede ser visto como un ente opresor que busca limitar esa libertad. El tercero tiene que ver con la forma con la que el sujeto actual se enfrenta al problema del mal. Incluso el más fervoroso de los creyentes siente como los cimientos de su fe se mueven ante el dolor y el sufrimiento del inocente, a la vez que suplica a Dios una respuesta satisfactoria que no suele llegar jamás.

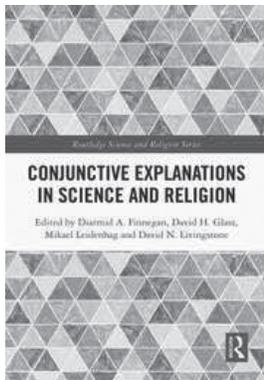
Pero si estos son los obstáculos que de alguna manera el hombre del siglo XXI ha ido construyendo para aislarse de Dios, el autor propone una forma de superarlos que pasa, ante todo, por la recuperación del Dios bíblico para volver a situarlo en el centro de nuestra vida. En definitiva, volver a hablar de Dios para entender al hombre. Para ello, antes de pensar en un Dios que nos resuelva problemas, el autor pide que primero nos dejemos asombrar por el Dios de lo extraordinario. Nos pide, por ejemplo, que abandonemos esa idea tan común hoy de dejar en el olvido los milagros de Jesús y apostemos por su posibilidad real. No se trata de una reivindicación de la historicidad de las curaciones de Jesús o de su propia resurrección, sino de no descartar la posibilidad lógica de que pueda suceder. Como señala él mismo, “si no creemos en la posibilidad de que Dios intervenga en nuestro mundo de forma extraordinaria y rompedora, debemos preguntarnos entonces en qué tipo de dios creemos realmente” (p. 47).

En segundo lugar, recalca el autor la importancia de que cada persona sea consciente de la importancia del amor como elemento singular de su humanidad —“La libertad humana tiene su sentido en el amor, pues amar es el único acto humano que solo puede llevarse a cabo siendo libre” (p. 118)— pero también como elemento de conexión con lo sobrenatural, con Dios mismo: “Dios, y no la biología, explica el amor humano porque nada es más antinatural que el amor. Amando uno renuncia a sí mismo y puede llegar a dejar de lado todo aquello que naturalmente es importante: la propia supervivencia, la reproducción de la especie, la lucha por alimentos o por cobijo. Si el amor fuera natural, el proyecto de la naturaleza sería inviable” (p. 144). Y es por ello por lo que, si el amor es la clave para entender nuestra humanidad, también lo es para comprender que somos participación del amor del creador: “No somos las mascotas de Dios. Él quiere que lo tratemos de tú a tú, que le llamemos Padre, pero ello conlleva una responsabilidad altísima. Tomarnos a Dios en serio es asumir esa filiación divina” (p. 145).

Como puede verse, *Tomarse a Dios en serio* es un libro denso que empieza hablando de Dios y acaba explicando al ser humano, algo que en estos casos suele ser inevitable. Se trata de un ensayo personal, que se ha deshecho de ataduras académicas y cuenta con un reducido número de notas a pie de página, lo que en algún momento deja en el lector la sensación de que algunas cosas han quedado en el tintero. En cualquier caso, se trata de un libro bien construido en el que en ningún momento el autor ha sacrificado el rigor ni se ha dejado llevar por la superficialidad en sus plan-

teamientos, aunque a veces busque provocar al lector (“No creo ser la primera persona ni la única que se habrá sorprendido, por ejemplo, al escuchar al sacerdote iniciar la bendición final de la misa dominical aludiendo a Dios ‘todo bondadoso’, mención ante la que algunos fieles parecen respirar aliviados mientras otros sencillamente no alcanzan a entender el cambio” p. 48). Aun así, no encontrarán en el texto ninguna subida de tono ni otra pretensión que no sea la de incitar a la reflexión y al cuestionamiento de muchas de las convicciones que comparten hoy creyentes y no creyentes. Al final y al cabo, lo que pretende el autor es algo aparentemente tan sencillo como que volvamos a hablar seria y cotidianamente de Dios.

Simó Tortella Sbert
simotortella@gmail.com



FINNEGAN, Diarmid A., GLASS, David H., LEIDENHAG, Mikael, LIVINGSTONE, David N. (eds.): *Conjunctive Explanations in Science and Religion*, Routledge, Londres y Nueva York 2023, 334 pp. ISBN: 9781032139685.

El campo de la ciencia y la teología se ha esforzado desde sus primeros pasos por caracterizar mejor la relación más adecuada entre ambas áreas disciplinarias. Todo el mundo conoce la tipología acuñada por Ian Barbour que describe distintos grados de distancia y compromiso. Los teólogos como yo estábamos bastante insatisfechos, ya que los modelos dominantes apuntaban bien a la independencia, bien a algún tipo de adecuación de la teología a los puntos de vista científicos dominantes; la sensación resultante era siempre de cierta dependencia y, como resultado, un complejo de inferioridad. Soy bastante consciente de esa impresión: la teología necesitaba inclinarse ante la ciencia, que dominaba la escena cognitiva, que —como mucho— toleraba una versión teológica supeditada al desarrollo científico.

Las cosas están cambiando claramente en los últimos tiempos, ya que la marea de la secularización parece invertirse en varias áreas y lugares, dando lugar a un estado de ánimo diferente, en el que se reconoce el papel positivo de la religión incluso en contextos muy seculares. A este nuevo ambiente contribuye la abundancia de nuevos estudios sobre los efectos saludables de la religión y sus funciones positivas a distintos niveles.

El presente libro puede leerse como un síntoma adicional en esa dirección: la religión y la teología se reivindican como explicaciones útiles que, unidas a las que proporciona la ciencia, ayudan a ofrecer una comprensión más completa y heurísticamente

más rica de muchos fenómenos. Esto significa que las explicaciones científicas por sí solas no siempre bastan para comprender mejor estos ámbitos observables, y que la contribución teológica desempeña un papel importante a la hora de aportar sentido y claridad. Este programa está claramente conectado con la evolución reciente de la epistemología científica, que va más allá de los modelos reduccionistas, para dar paso a una pluralidad de explicaciones o enfoques multinivel de la misma realidad, que ahora asume una naturaleza mucho más compleja.

El libro ofrece una buena selección de los casos en los que la explicación conjuntista, o la perspectiva teológica, aparece como más constructiva y satisfactoria. Este punto no siempre es evidente, y en muchos casos las discusiones y las opiniones expuestas reflejan este estado de cosas aún en fase de investigación y mejor evaluación. De hecho, el libro está organizado en torno a 6 “conversaciones”, con dos capítulos cada una sobre grandes temas seleccionados, e invitando a los respectivos autores a responder a los demás. Estos grandes temas son: Explicación en ciencia y religión; Darwinismo proyectivo; Irreductibilidades, materiales y mentales; Causas divinas y creencias divinas; La (im)posibilidad de explicaciones teológicas; y Virtudes explicativas: exploraciones teológicas.

Tras una rica introducción de los editores del volumen, la primera conversación implica a David Glass y Aku Visala. El enfoque es muy amplio, tratando de averiguar “cómo la ciencia y la religión pueden trabajar juntas” (en palabras de Glass). Surgen varios ámbitos en los que ese doble enfoque puede funcionar mejor, todos ellos aparecerán en los próximos capítulos, aunque cabe prever resistencias por ambas partes. Visala se centra en la acción humana como un caso especial para aplicar dicho enfoque. Tras una revisión de los debates actuales, propone un “relato contrastivo-contrafactual de las explicaciones causales”. En resumen, su punto se refiere a las diferencias relevantes que ofrece una explicación causal, ya que se pueden elegir varias líneas, y así las causas y explicaciones naturales y religiosas pueden coexistir fácilmente y ayudar a obtener una visión más amplia. La religiosa ofrece una perspectiva trascendente y significativa, más allá de la puramente naturalista.

La segunda conversación ofrece un intenso y atractivo debate sobre la espinosa cuestión del diseño en la evolución biológica. David Livingston comienza su instructivo capítulo refiriéndose al famoso ejemplo de la cría de palomas y la selección artificial en tiempos de Darwin como metáfora de la selección natural. Al parecer, dicha metáfora ha intrigado a la teoría de la evolución desde entonces, ya que era difícil desligar dicho proceso de una teleología, y, por tanto, del diseño, que siempre ha rondado esa teoría. Se aducen dos casos críticos para abordar dicha dificultad: Las “grúas” de Daniel Dennett y su poco convincente ingeniería inversa; y la feroz denuncia de Jerry Fodor: si admitimos la teleología, y parece ser el caso en muchas visiones de la evolución, entonces no podemos excluir un diseñador. El capítulo concluye que probablemente un enfoque pluralista y conjuntista sería más satisfactorio y podría ayudar a abordar mejor el debate en curso. Rope Kojonen es un colega que ha sido ampliamente reconocido por su reciente ensayo en el que intenta conciliar evolución

y diseño. Ahora expone sus argumentos recurriendo a Asa Gray, un teólogo estadounidense contemporáneo de Darwin, que abogó por una comprensión teísta de la obra de Darwin. Tras un atractivo recorrido por numerosos autores, Kojonen distingue entre explicaciones próximas y últimas del mismo proceso natural, para asumir la explicación teísta como legítima en la segunda clase.

La tercera conversación gira en torno a la conciencia y su mejor explicación. El primer artículo, de Joanna Leidenhag, aboga por el pansiquismo como mejor marco para abordar esa difícil cuestión. Se esfuerza por demostrar que ese modelo puede asumirse perfectamente en un marco teológico, mejor que los modelos dualistas tradicionales, a pesar de sus dificultades intrínsecas, y que la respuesta de Tom McLeish hace más explícitas. Sus argumentos apuntan a cómo ese universo pansiquista reflejaría mejor lo divino y su gloria, además de ser más fácil de construir de forma conjunta con la ciencia. A Tom McLeish le preocupa más la emergencia y cómo dos casos a nivel físico apuntan decisivamente a la causalidad descendente. El autor afirma que esos niveles irreductibles de causalidad exigen una comprensión y una implicación humanas en la creación, y hacen inevitables las explicaciones conjuntivas.

La cuarta conversación gira en torno a las creencias y el plano mental. En un curioso artículo, Anastassia Scrutton propone un caso de estudio sobre una persona con aparentes experiencias sobrenaturales, pero luego diagnosticada y tratada como un trastorno mental. Este relato ofrece la ocasión de reflexionar sobre esos niveles explicativos aparentemente contrapuestos: el psicopatológico y el religioso o espiritual, invitando a ampliar las miradas que podrían superar los enfoques reductores y casi colonizadores, y de ahí a una estrategia de tipo conjuntivo. A continuación, Andrew Torrance da cuenta de las convicciones de los creyentes, por ejemplo, en materia de milagros, que exigen una explicación teológica más allá de la puramente naturalista. Su argumento es que las explicaciones filosóficas y teológicas ayudan a construir una mejor comprensión más allá de la explicación científica.

La quinta conversación considera el lugar de las explicaciones teológicas cuando las científicas probablemente puedan ofrecer una versión suficiente de las cosas. Gijspert van der Brink expone el caso de la ciencia cognitiva de la religión y su aparente éxito a la hora de explicar la religión por medios naturalistas. La cuestión principal gira en torno a la navaja de Ockham, o a si tales explicaciones hacen superflua la visión teológica. Tras un profundo recorrido crítico en un área muy disputada, el autor concluye que depende de si asumimos un marco mucho más amplio que incluya la provisión de significado y otras funciones que las creencias religiosas pueden proporcionar y resultar más parsimoniosas que otras alternativas que las excluyan. Este enfoque hace que la explicación conjuntista de las creencias religiosas sea una alternativa mejor desde un punto de vista heurístico. David Brown, por su parte, explora cuestiones en torno a la validez del "doble magisterio" de Gould, y sobre la compatibilidad de algunas imágenes tradicionales de lo Divino con las cuestiones que se derivan de un enfoque conjuntivo de la teología con la ciencia.

La sexta y última conversación trata de las virtudes explicativas. El primer capítulo, de Stephen Williams, revisa la obra de John Polkinghorne y su relevancia para las explicaciones conjuntivas. Concluye que la cuestión es más matizada encontrando en Polkinghorne algunos límites a la hora de reconocer la complejidad de la tarea conjuntista, y la necesidad de prestar más atención a los diferentes métodos y a los contextos de su producción. Alister McGrath firma el último ensayo, bajo el significativo título “Un mosaico explicativo”. Su posición se expresa mejor con sus propias palabras. “... nuestro mundo es tan complejo que necesitamos un pluralismo metodológico para abordarlo plena y adecuadamente” (p. 299).

Para concluir mi apretada reseña, quisiera expresar mi gratitud a los editores y autores de este libro singular y muy necesario. Inicia un gran programa que debe proseguirse con más detalle en el esfuerzo por acercar la teología y la ciencia. De hecho, varios puntos merecen más matización y exploración, como los estudios más desarrollados sobre las creencias y el proceso de creer, mientras que otros permanecen relativamente intactos, como el campo en rápido desarrollo de los estudios sobre religión, salud y bienestar, en el que este enfoque conjuntivo parece más adecuado que los reduccionistas o dualistas. El consenso general es que nos percatamos de ámbitos y experiencias en los que la teología puede ofrecer una mejor explicación, especialmente cuando se refiere a la provisión de sentido, como han destacado varios autores. La expectativa es que este modelo relativamente nuevo contribuya a una mejor percepción sobre los esfuerzos que estamos haciendo desde hace muchos años en el diálogo entre ciencia y religión, más allá de algunas versiones insatisfactorias. Aún recuerdo los años en que muchos colegas estaban convencidos de que sólo el naturalismo teológico podía ser la divisa legítima en este campo. El presente libro muestra cuánto han cambiado los tiempos, y cómo esta subdisciplina ha evolucionado para ofrecer una vía más equilibrada, abierta y compleja.

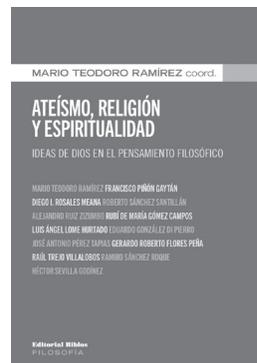
Lluís Oviedo OFM

loviedo@antonianum.eu

Universidad Pontificia Antonianum, Roma

RAMÍREZ, Mario Teodoro: *Ateísmo, religión y espiritualidad. Ideas en el pensamiento filosófico*. Biblos, Buenos Aires 2023, 466 pp. ISBN: 978-987-814-152-7.

Mario Teodoro Ramírez (1958, Ocampo, Tamaulipas, México) es claro desde el principio. En la introducción (p. 9) dice: “En este libro entendemos por *espiritualidad* la dimensión de la conciencia humana que surge a partir del planteamiento de la pregunta por *el sentido de la existencia* —humana y no humana: ¿por qué y para qué existo, existimos, existe todo?— y de



la búsqueda o construcción de posibles respuestas". Este es el objeto de estudio de esta obra, probablemente como respuesta a una necesidad imperiosa en el mundo: la búsqueda de sentido último a la existencia, tanto personal como colectiva.

¿Cómo surge esta obra? De alguna manera, dice Mario Teodoro Ramírez (investigador y fundador del Instituto de Investigaciones Filosóficas «Luis Villoro» de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México), la idea de elaborar esta obra colectiva fue consecuencia del confinamiento que, a causa de la Covid, tuvo lugar en 2020 (recordemos en España desde marzo hasta junio). Ciertamente, numerosos congresos, seminarios, clases, etc. se vieron suspendidos por la pandemia, pero no así la propia actividad filosófica, la cual probablemente se vio enriquecida por causa del enclaustramiento al que nos vimos sometidos todos (salvo las tareas esenciales). Se trataba en última instancia de poner en común trabajos elaborados desde todos los puntos de vista posibles cuyo centro fuera precisamente la espiritualidad.

Este es el punto de partida. "Filosóficamente, la espiritualidad no es más que el *pensamiento* en cuanto se interroga sobre su relación con la existencia". Entender que existimos para llegar a *sabernos*, pues es en este pensamiento especulativo donde encontramos el sentido último de la existencia: el sentido de la vida o la pregunta por la existencia de Dios (en palabras de Wittgenstein). Dios como símbolo de la revelación de lo infinito y de su esencia en libertad.

Este es el problema radical de nuestro tiempo, que ya formuló Jean-Paul Sartre en su obra *El ser y la nada*: ¿Por qué el ser y no más bien la nada? Relativismo, nihilismo, fideísmo... la filosofía no puede superar esta cuestión, la cual ha estado presente desde los albores de la humanidad. La invitación es a pensar, a continuar su proceso, pero nunca pretender cosificarlo y, mucho menos, darlo por terminado. Todos los ensayos que integran este libro tienen un talante interrogativo, "abierto al diálogo, al entendimiento interhumano". En total son catorce ensayos.

El primer capítulo es obra de Francisco Piñón Gaytán ("Las interpretaciones filosóficas de los rostros de Dios: religión y sentido del mundo"). Su objetivo es estudiar el problema de Dios en la historia del pensamiento y en el momento actual, mostrando sus dificultades, vaivenes, avances y retrocesos. El autor constata el hecho de que "la cuestión de Dios es la cuestión del hombre", asunto para nada resuelto en el ámbito del pensamiento.

El segundo capítulo es de Diego I. Rosales Meana ("Perfiles metafísicos de Dios en Agustín de Hipona"). En él, el autor pretende recuperar la figura de Agustín de Hipona y su visión de Dios como un ser con entidad personal, tan característico del pensamiento cristiano. Para él, las categorías griegas no son suficientes para poder pensar en su plenitud el acontecimiento cristiano. Falta su dimensión práctica fundamental: el amor. Sin éste, el Dios cristiano no se podría entender.

El tercer capítulo pertenece a Roberto Sánchez Santillán ("El joven Hegel y el proyecto de la *Volksreligion*: materiales para una aproximación"). Este autor se centra en el

pensamiento de Hegel y en su proyecto de crear una religión popular en el momento que le vio vivir. Hegel quiere conciliar los avances de la razón ilustrada con la dimensión vital y comunitaria a la que está especialmente vinculado el cristianismo.

El cuarto capítulo, firmado por Mario Teodoro Ramírez (“Para una espiritualidad materialista: el ateísmo positivo de Ludwig Feuerbach”), expone el pensamiento de Feuerbach, el cual, partiendo de posiciones idealistas propias de su maestro Hegel, deriva poco a poco hacia posturas claramente materialistas. Más que negar o eliminar la religión, dice el autor, lo que hace Feuerbach es convertirla en la dimensión simbólica, ética y espiritual de la vida humana.

El quinto artículo es obra de Alejandro Ruiz Zizumbo (“Dios y las paradojas de la fe en Søren Kierkegaard”). En él el autor estudia la experiencia de la fe que tuvo Kierkegaard, y su reivindicación de la existencia individual, la autenticidad y la libertad radical que influirá decisivamente en el pensamiento posterior.

El sexto artículo, de Rubí de María Gómez Campos (“Filosofía del espíritu desde un cuerpo de mujer: sobre el concepto filosófico de Dios en Simone Weil”), profundiza en la concepción realista de la espiritualidad y de lo divino mismo, propia de Weil, junto con su visión materialista de la existencia y de sus procesos sociales. Desde esta relación esencial de materialidad y espiritualidad, Weil propone una redefinición esencial de determinados conceptos, como el de *mística*, en aras de configurar una genealogía feminista dentro de la filosofía (junto con otras pensadoras, como Arendt o Zambrano).

El séptimo capítulo, de Luis Ángel Lome Hurtado (“La herencia del idealismo absoluto en *el último dios* de Martin Heidegger”), supone un acercamiento a Dios y a lo religioso desde planteamientos no teológicos sino estrictamente filosóficos. Se muestra la influencia en Heidegger de Dios como un ser que deviene, que surge desde un fondo oscuro (preimpensable) y adviene a la historicidad humana como libertad. Dios es un ser imprevisible, irreductible e incontrolable.

El capítulo octavo, de Eduardo González Di Pierro (“Fenomenología de Dios y la experiencia religiosa: Jan Patocka, Edith Stein y Michel Henry”), se centra en la exposición de planteamientos claramente distintos en lo referente a Dios y a lo religioso desde puntos de vista divergentes. El autor habla de los tres paradigmas de la relación fenomenología-religión. Los tres se fundamentan en el principio de la experiencia de la conciencia.

El capítulo noveno (“El no teísmo de Erich Fromm y su religiosidad humanista”), de José Antonio Pérez Tapias, expone el planteamiento de un autor freudomarxista como es el de Erich Fromm: construcción de un humanismo radical, crítico y propositivo, que da valor a la religiosidad (“una mística no teísta”) y un sentido a un “Dios sin nombre”.

En el capítulo décimo, de Mario Teodoro Ramírez (“Por un materialismo espiritual: la irreligión filosófica de Quentin Meillassoux”), el autor amplía su idea de “espiritualidad filosófica” entendida ahora como “materialismo espiritual”, apoyándose en el pensamiento del filósofo francés Meillassoux, el cual habla de “materialismo especulativo”. Este reivindica la razón y el pensamiento puro como vía de acceso al Ser. La modalidad ontológica fundamental es la de *posibilidad*: todo puede ser. Como consecuencia, Dios no existe (contra toda religión y teología), pero Dios puede llegar a existir (contra todo ateísmo y determinismo).

El artículo undécimo, de Gerardo Roberto Flores Peña (“Una concepción secular de la fe y la espiritualidad: el ateísmo radical de Martin Hägglund”), se ocupa de analizar el pensamiento del filósofo sueco Hägglund, el cual propone un ateísmo radical. Este no es una mera negación, sino que propone algo como alternativa de sentido práctico para el ser humano, desde una perspectiva materialista, vitalista y ciertamente pragmática.

El capítulo duodécimo, de Raúl Trejo Villalobos (“El misticismo radical en la filosofía del joven Vasconcelos (1905-1924)”), se centra en la figura del filósofo mexicano José Vasconcelos, comparándolo con el de su contemporáneo Antonio Caso. Ambos autores pretenden formular un pensamiento alternativo tanto al materialismo y al positivismo reinantes, como al dogmatismo tradicionalista. Para Vasconcelos es fundamental el valor estético de lo místico y lo divino.

El artículo decimotercero, firmado por Ramiro Sánchez Roque (“*P’urhécheri ambé-rieqwa anápu*: los dioses p’urhépecha y sus fiestas desde el fondo del tiempo”), se centra en la originalidad del pensamiento religioso de la cultura purépecha (pueblo originario de México) y en todo lo que puede y debe aportar este pueblo (como tantos otros) al debate sobre Dios y lo religioso. Su punto de vista claramente es único e imprescindible para poder elaborar un pensamiento realmente global, intercultural, ecuménico y cosmopolita.

El último capítulo, el decimocuarto, de Héctor Sevilla Godínez (“Aceptar que no se conoce a Dios”), nos insta a considerar algo que es muy propio de la filosofía oriental: Dios es incognoscible, es lo no existente. Estos rasgos negativos son los que configuran una sabiduría superior: la sabiduría del no-ser de Dios. Esta sabiduría sirve de motor para no cesar en la búsqueda por el sentido y por el fundamento.

Estos catorce capítulos, formados por otros tantos artículos, como podemos ver, son una suerte de respuesta a una necesidad: proporcionar claves para que el hombre pueda conocerse a sí mismo y la realidad que le circunda a partir de la pregunta por lo trascendente, es decir, a partir de la pregunta por el sentido último. Esto, por otra parte, responde a una demanda que va *in crescendo* día a día. No podemos vivir de espaldas a lo místico, en el más puro sentido wittgensteiniano del término. No solo preguntarnos qué son las cosas, sino plantearnos también el hecho de que son (sin tilde). Ahí radica lo místico para el autor austríaco.

A su vez, este libro es una suerte de presentación de la labor que se hace hoy día en filosofía de la religión en lengua española, fundamentalmente en América Latina, aunque también hay algún autor procedente de España. Como hemos podido comprobar, la variedad es grande, los puntos de vista son bien distintos. Pero todos ellos forman una unidad que trasciende lo particular y concreto. El anhelo de eternidad sigue presente y no se agota con el tiempo.

Libro, pues, imprescindible para pensadores, intelectuales y eruditos. Para especialistas que tienen interés en la filosofía de la religión y que quieren estar atentos a los pasos que se van dando en esta materia. Ateísmo, religión y espiritualidad. La propuesta es abierta. El reto, también.

Javier Sánchez Villegas
javier.sanchez1964@gmail.com

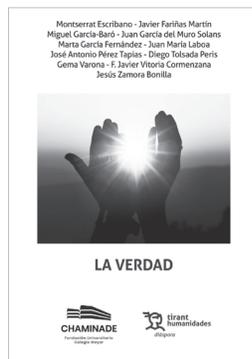
ESCRIBANO, Montserrat et al.: *La verdad*, Tirant Humanidades, colección Diáspora, Valencia 2023, 256 pp. ISBN: 9788411830713.

Un posible lector que leyese este texto se encontraría con una situación nada usual hoy en día. En efecto, este volumen colectivo contiene las reflexiones de varios teólogos, filósofos y juristas españoles sobre la verdad. Empezando desde perspectivas tan distintas, casi todos los ensayos concluyen con la misma tesis final, testimoniando de este modo la existencia de un horizonte común, en el que cada uno de ellos se mueve, produciendo entonces una única, gran obra coral y armónica.

Esa tesis común es la siguiente: la verdad coincide con el rostro de los últimos, las víctimas de injusticia, o con la cara del Dios crucificado, en contraposición con el mundo contemporáneo signado por la violencia y los terribles genocidios del siglo XX.

Así, leemos que para Diego Tolsada Peris buscar la verdad significa, antes que nada, ser misericordiosos. En segundo lugar, según este autor, esa búsqueda nos pide también poner en duda las costumbres violentas que hemos asumido (p. 25) y aceptar las paradojas de la realidad en la cual vivimos: “la realidad se nos ha hecho lo suficientemente compleja para no ser blanco o negro, sino blanca y negra. [...] No se trata de paradojas teóricas, de juegos lógicos por resolver” (p. 27).

Juan García del Muro Solans en su ensayo ahonda el tema opuesto, la posverdad —es decir la actual cultura de indiferencia total a la verdad, cómo ha surgido esa cultura y cómo afecta a nuestro sistema democrático—, sin embargo, concluye de



forma análoga a Tolsada Peris. De hecho, al final, ¿qué es la posverdad para Juan García? Un mundo de tribus, donde las personas se encierran con los que comparten sus mismas opiniones. “La figura del otro se va diluyendo cada vez más [...]: todos los que están fuera de mi burbuja no son tan dignos de ser considerados humanos como los de dentro, como los ‘míos’” (p. 55). En otros términos, dado que la posverdad es la negación del valor de la verdad, en cuanto que considera todo opinable, así se reduce al aislamiento, que es la negación de la misericordia.

Miguel García-Baró, que propone un ensayo de filosofía de religión sobre la búsqueda de la verdad, concluye que la averiguación comporta estar en frente al misterio del otro, no dominando ese misterio, sino acogiéndolo, haciendo silencio. Ese silencio “es la única vía para entrar realmente y a través de la verdad en contacto hondo con otra persona” (p. 67). Así para García-Baró, dado que el verdadero héroe es lo que no escapa en frente a la cruz y la ahonda como misterio, por lo tanto, Jesús de Nazaret, el inocente acusado con blasfemias, es la verdad en cuanto tal (p. 74).

Marta García Fernández ofrece una reflexión no sobre qué verdad hay en la Biblia, sino qué entiende la Biblia por verdad (p. 77). Al final de su recorrido histórico la biblista afirma que “la verdad, según la Biblia, no es una teoría que explica el ser último de todas las cosas. [...] La Verdad no es un *qué* sino un *Quién* y, además, con mayúsculas” (p. 89). Ella argumenta que, además, el camino hacia la verdad pide pasarse por algunas paradojas en cuanto que implica salirse de la seguridad, y cambiar vida. “Buscamos la verdad, pero también, la esquivamos cuando, al conocerla, nos mete en problemas y nos puede complicar la vida” (p. 95). Por tanto, García Fernández concluye que la verdad en la Biblia se revela eminentemente en la cruz y, aunque pueda aparecer incomprensible, es la sabiduría del sufrimiento, del máximo ofrecimiento de uno mismo (p. 102).

Francisco Javier Vitoria Cormenzana indaga la relación entre fundamentalismo y reacción posmoderna y reflexiona cómo se pueda hablar hoy de verdad saliendo de ambos los precedentes extremos. Él concluye que tenemos que buscar una verdad que comporte una revolución epistemológica y nos empuje a salir de nuestros esquemas mentales (p. 112). Para él y para el conocido teólogo de la liberación Jon Sobrino, esa verdad es evidente en la mirada del pobre. De hecho, dar atención al sufrimiento del pobre significa guardarlo del olvido y combatir el esquema planteado por el poder (p. 113). La teología de la verdad a la cual Vitoria Cormenzana aspira no es solo un interés hacia los pobres, sino historia de la Promesa y de Esperanza: “tenemos un Dios delante de nosotros, que sale a nuestro encuentro en sus promesas para el futuro y al que, no lo podemos tampoco ‘poseer’ sino solo aguardar en una esperanza activa” (p. 118). Por tanto, la esperanza de los cristianos no debería estar sometida a la realidad, sino la realidad debería depender de la esperanza. “Solo esta esperanza merece ser calificada de ‘realista’ porque solo ella se toma en serio las posibilidades que atraviesan todo lo real. La esperanza no toma las cosas exactamente como se encuentran ahí, sino tal como pueden modificarse” (p. 120).

También Montserrat Escribano —que desarrolla su pensamiento a partir de las problemáticas ecológicas, de las encíclicas *Laudato si'* y *Fratelli tutti* y de sus estudios en la neuroteología acerca de Antonio Damasio y Mara Dierssen— está convencida de que tenemos que educar nuestro carácter para orientar nuestra atención al otro y crear significados en la realidad. Solo esta educación nos permitiría detener el pelagianismo y el gnosticismo, que afirman “que la realidad puede explicarse a través de ‘una lógica fría y dura’” (p. 142). Al contrario, tenemos que educarnos a la indisponibilidad del encuentro con los demás y la realidad: “estamos llamadas [nosotras personas creyentes], desde la libertad, a que nuestro pensamiento nos mueva y conmueva” (p. 143).

La misma invitación, aunque a partir de una perspectiva totalmente distinta, se encuentra en José Antonio Pérez Tapias, que analiza los efectos del cínico mentir presente en las *fakes news* y la actual política caracterizada por el *fenómeno Trump* y la *Brexit*. En reacción, este autor propone volver a la “verdad moral” la cual al ser “relativa a nuestra humanidad es baluarte ético para resistir a la barbarie, a todo lo inhumano que nos deshumaniza” (p. 163).

La misma atención a los sufrientes es invocada también por Javier Fariñas Martín, que ahonda el tema de la verdad en los medios de comunicaciones. Él denuncia que esos medios “se rigen por lo que es influyente, no por lo que es realmente importante” (p. 191) y que varios casos de violencia en diferentes estados africanos no resaltaron mínimamente en Europa.

Además, Juan María Laboa analiza las dinámicas comunitarias de la Iglesia en relación con la verdad. ¿Cuál verdad? La verdad que es Cristo y Cristo que es amor. Por lo tanto, según Laboa, no hay verdadera historia del cristianismo sin amor (pp. 225-226).

Por último, también recordamos Gema Varona, la cual comparte la misma tesis de los autores precedentemente nombrados. Esta investigadora, llegando a partir de la prioridad del derecho de las víctimas de injusticia en comparación con los deberes (p. 237), afirma que deberíamos valorizar una justicia con un valor restaurativo, que se pone como fin el reconocimiento de la dignidad de las víctimas, y no una justicia punitiva en contra de los culpables (pp. 241-242). De hecho, solo esa justicia restaurativa permite la elaboración de la experiencia sufrida (p. 243). La autora concluye evidenciando la transformación de la justicia restaurativa con relación a la justicia transicional (usada en ámbitos de transición entre guerra y paz, dictadura y democracia), la justicia transformadora (usada en ámbitos feministas), la justicia procedimental (que reglamenta las dinámicas de un proceso) y la justicia terapéutica (que pone atención en la salud de las personas afectadas).

El único ensayo que no afirma la tesis de la verdad como misericordia es el de Jesús Zamora Bonilla. Este último propone un análisis pro-oracional del lenguaje que al final declara trivial la teoría de la correspondencia entre hechos y lenguaje, porque no añade ninguna información adicional sobre el mundo o las relaciones entre mundo y

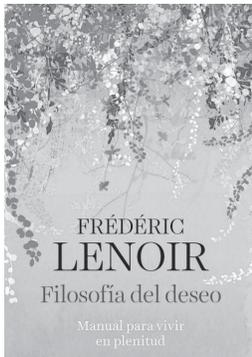
pensamiento (pp. 203-204). Bonilla no solo declara que se puede debatir la finalidad de la investigación sin referencia a la verdad (pp. 202 -203), además afirma que es imposible establecer qué es esencialmente un hecho (p. 214).

En conclusión, la preocupación moral de todos los autores es digna de elogio. Por otro lado, pensamos que la manera más eficaz de valorar el contenido de este volumen, y su afán ético, sería leerlo en conjunto con otras obras y ensayos que abarquen el tema de la verdad con un enfoque más explícitamente teórico, epistemológico y ontológico. De esta manera, el meritorio marco moral de esta colección de ensayos se fundamentaría filosóficamente, y estaría bien protegido de los ataques relativistas, que los escritos de nuestros autores describen tan eficazmente.

Lucia Bissoli

lucia.bissoli@ufv.es

Universidad Francisco de Vitoria



LENOIR, Frédéric, *Filosofía del deseo. Manual para vivir en plenitud*, Ariel, 2024, 202 pp. ISBN: 978-84-344-3728-9.

¿Un libro más sobre el deseo? ¿Para qué más literatura sobre este campo, que parece trillado y del que poco queda por decir? ¿No hemos superado ya el tiempo del tabú, de la represión? ¿No hemos avanzado en todos estos campos hasta permitir que cada cual pueda hacer libremente lo que quiera?

Frédéric Lenoir es un escritor francés, actualmente entregado a sus textos y a fomentar, a través de un centro para adolescentes y jóvenes, la difusión de la filosofía. Quizá en este contexto tenga sentido leer, compartir y reflexionar sobre este libro, cuya apuesta fundamental es conectar el deseo con la plenitud de la persona. ¿Significa esto que, para llevar una vida feliz, para lograr realizar esa básica intuición sobre la vida plena debemos dar rienda suelta a los deseos? La respuesta condicionará todo lo demás. ¿Cómo afrontamos la convivencia con nuestros deseos? ¿Qué entendemos que son y qué hacer con ellos? ¿Moderarse, reprimirse, seleccionar, encauzar, regular?

La cuestión del deseo viene de antiguo en filosofía. Es fácil rastrearla en los orígenes mismos de esta, como hace el autor. Así, de la mano de Platón y Aristóteles, según Renoir, están ancladas en la historia posterior de la humanidad los interrogantes fundamentales. Si bien Platón sabe leer su ambivalencia propia, entre la carencia y el poder, será Aristóteles quien introduzca de modo más sistemático la necesidad de regularlo. El deseo es por tanto una fuerza, un ímpetu, unas ganas de algo más y, a su

vez, una confesión de nuestra necesidad, situación mermada y camino por recorrer. Estos dos asuntos ocupan, en gran media, las primeras partes del libro.

En la actualización filosófica que Renoir propone ocupa un lugar especial un filósofo no tan conocido —y mucho menos leído— por el gran público. Se trata de Spinoza, el judío juzgado como heterodoxo en la modernidad, habitualmente situado junto al grupo de los racionalistas. De su mano, en compañía de Nietzsche, Bergson y Jung, elabora una visión optimista del deseo y la necesidad de recuperar esta ansia por vivir, por la alegría y por lo positivo que, en no pocas ocasiones, se ve muy mermada en la cultura occidental urbana y competitiva. Creo que este es el valor dominante de un libro que no duda en conectar lo infinito del deseo con su posible realización en una vida alegre, cotidiana y relacional.

José Fernando Juan Santos
jose.fernando.juan@gmail.com

Le invitamos a que visite nuestra
página en internet y los perfiles
en redes sociales:

www.revistas.comillas.edu/index.php/razonyfe
@RazonFe

CÁTEDRA
HANA Y FRANCISCO JOSÉ AYALA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y RELIGIÓN

