

XIV Edición  
**Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento**  
**BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards**  
14th Edition

Fundación  
**BBVA**



XIV Edición

**Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento**

**BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards**

14th Edition

## **Carlos Torres Vila**

Presidente  
Fundación BBVA



Un año más volvemos al Palacio Euskalduna de Bilbao para celebrar la decimocuarta edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento. Unos galardones que reivindican en cada edición el valor de la ciencia y la cultura como las mejores herramientas que poseemos para afrontar los grandes desafíos de nuestro tiempo.

El conocimiento generado gracias a la colaboración internacional entre científicos ha sido clave para superar la pandemia. Precisamente en esta edición se reconoce la contribución de tres investigadores que han tenido un papel imprescindible en la lucha contra el coronavirus. Los galardonados en la categoría de Biomedicina desarrollaron las tecnologías que han hecho posible las vacunas de ARN mensajero para hacer frente a la covid-19 y otras muchas enfermedades.

Más allá de la pandemia, vivimos en una época de disruptión sin precedentes impulsada por la innovación en múltiples campos, como la inteligencia artificial o la computación cuántica, que están transformando las relaciones sociales y económicas en todos los ámbitos de nuestras vidas. En esta edición, reconocemos los pioneros trabajos desarrollados por el galardonado en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación, que han sentado las bases para que los programas de inteligencia artificial puedan interiorizar de manera eficaz dos grandes vías que utilizamos los humanos para entender el mundo y tomar decisiones: la probabilidad y la causalidad.

Las contribuciones de otros galardonados ponen el foco sobre la gravedad del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, ambas probablemente entre las mayores disruptiones de la historia. Desafíos que la Fundación BBVA colocó en el centro de su programa de actividad hace ya más de veinte años, y a los que por eso mismo decidió dedicar dos de las ocho categorías de los Premios Fronteras, con el objetivo de reconocer a los científicos que más han contribuido tanto a comprender su naturaleza, evaluar su impacto, como a intentar encontrar soluciones.

La preocupación por el cambio climático, especialmente entre los más jóvenes, ha colocado a la ciencia en el centro de la agenda pública, despertando más que

President  
BBVA Foundation

Once again we return to the Euskalduna Conference Centre in Bilbao, to celebrate the fourteenth edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards, which year after year uphold the value of science and culture as the best tools at our command to confront the great challenges of our time.

The knowledge generated thanks to international collaboration among scientists has been key to overcoming the pandemic. And this edition, precisely, distinguishes the contribution of three researchers who have played a pivotal role in the fight against the coronavirus. The winners in the Biomedicine category developed the technologies that made possible messenger RNA vaccines for use against COVID-19 and many other diseases.

Beyond the pandemic, we live in an era of unprecedented disruption driven by innovation in multiple fields, such as artificial intelligence or quantum computing, which are transforming social and economic relations in every area of our lives. In this edition, we also recognize the pioneering work carried out by the awardee in the Information and Communication Technologies category, which has laid the foundations for artificial intelligence programs to effectively internalize two vital resources we humans use to understand the world and make decisions: probability and causality.

The contributions of other laureates shine a spotlight on climate change and biodiversity loss, both of which surely rank among the greatest disruptions in history. More than 20 years ago, the BBVA Foundation placed these challenges at the core of its activity, and for this reason decided to assign them two of the eight categories of its Frontiers of Knowledge Awards, in order to recognize the scientists who have contributed most to understanding their nature, assessing their impact and striving for solutions.

Concern about climate change, especially among young people, has put science at the center of the public agenda, prompting a growing interest among citizens in the work of researchers, while evidencing the need to strengthen the transmission to society of rigorous and validated knowledge through proven channels.

nunca el interés de la ciudadanía en el trabajo de los investigadores y, a la vez, evidenciando la necesidad de reforzar la proyección a la sociedad del conocimiento riguroso y validado a través de canales contrastados.

El objetivo de fomentar e impulsar la cultura científica es una de las motivaciones fundamentales que incentivó la creación de los Premios Fronteras del Conocimiento, y es un eje transversal a toda la actividad de la Fundación BBVA. El reconocimiento a contribuciones de excelencia en múltiples campos como las que hoy se premian tiene, además, el efecto de dar visibilidad a esos trabajos y a quienes los han hecho posibles, convirtiendo esta difusión en una pieza más para fomentar la cultura científica de la sociedad, que es la mejor brújula y el mejor instrumento del que disponemos para entender el mundo, superar los retos y aprovechar las oportunidades presentes y futuras de nuestra sociedad.

The goal of fostering and promoting scientific culture is embedded in all the BBVA Foundation's activities. It is also one of the fundamental motivations behind the creation of these Frontiers of Knowledge Awards. The recognition of contributions of excellence in multiple fields, like those being distinguished today, has the added effect of giving visibility to these achievements and the people that made them possible, thereby lending its weight to the promotion of a scientific culture in society, the best compass and the best instrument that we have to understand the world, overcome challenges, and take advantage of present and future opportunities.

## Rosa Menéndez

Presidenta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



*The times they are a-changin'*  
Los tiempos están cambiando

El tiempo es permanente evolución y su interpretación hace que nuestra sociedad avance a pasos agigantados. En este tránsito social, nuestra historia protagonizada, hay errores y persisten situaciones que a todos nos hubiese gustado evitar; algo está fallando.

La ciencia ha tenido un papel muy importante en la evolución de la sociedad en estos últimos sesenta años, y las científicas y los científicos hemos participado, entre otros, en esta porción de historia. Hemos puesto, y ponemos, nuestra esperanza en la ciencia para abordar y resolver muchos de los desafíos que el progreso supone, mejorando el uso de los recursos de un planeta finito y cambiando nuestra forma de vida. Esto incluye nuestras relaciones sociales en un contexto global.

Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento reconocen, una vez más, este impacto de la ciencia en nuestras vidas, en la sociedad.

En el año 2021 hemos superado, quizás, una de las mayores crisis recientes de la humanidad, la pandemia covid-19. Efectivamente, la ciencia, una vez más, ha marcado la diferencia.

El desarrollo de vacunas basado en resultados obtenidos de la investigación básica, el estudio del mecanismo mensajero del ARN, ha limitado, al menos en nuestra sociedad occidental, el impacto de una pandemia global. Un estudio que, además, abre vías para afrontar muchos otros problemas sanitarios globales, incluyendo posibles soluciones a la malaria o al VIH, también a la anemia o quizás hasta la esclerosis múltiple.

Los científicos, además, seguimos recordando que el planeta está en peligro. El cambio climático continúa, de acuerdo con los informes del IPCC, y sus efectos se ven en la reducción de los glaciares de montaña, otra de las investigaciones premiadas.

Pero también proponemos soluciones, como utilizar nuestro conocimiento de la distribución espacial en los ecosistemas para mantener la biodiversidad, e incluso para lograr integrarla en el entorno urbano,

President

Spanish National Research Council

*The times they are a-changin'*

Time is constant evolution and its interpretation is what moves our society forward in giant bounds. In this social trajectory, our lived history, mistakes are made and situations persist that we would all have liked to avoid. Something is going wrong.

Science has played a vital role in the evolution of society over the last sixty years, and we scientists, among others, have been part of this slice of history. We have placed our hope in science to address and solve many of the challenges that "progress" poses, making better use of the resources of a finite planet and changing our way of life. Including our social relations, which unfold in a global context.

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards again extend their recognition to this impact of science on our lives and on society.

In the year 2021 we overcame, perhaps, one of humanity's greatest recent crises, the COVID-19 pandemic. And it was science, once more, that made the difference.

The development of vaccines based on the results of basic research, the study of the messenger activity of RNA, has blunted the impact of a global pandemic, in our Western society at least. And this same line of study opens up new prospects for tackling many other global health problems, including possible solutions for malaria or HIV, as well as anemia and possibly even multiple sclerosis.

We scientists, furthermore, are insistent in our warning that the planet is in danger. Climate change continues to advance, according to IPCC reports, and its effects will be seen in the retreat of mountain glaciers, another line of research distinguished by the awards.

But we also propose solutions, such as using our knowledge of the spatial distribution of ecosystems to conserve biodiversity, and even to integrate it in the urban environment. The idea being to make life in big cities a more human experience, as they absorb an ever greater share of the population.

intentando, de este modo, que el modo de vida en las grandes urbes, que cada vez absorben más población, sea también más humano.

Desde la economía y desde las ciencias sociales se premian este año contribuciones que inciden en el papel de las redes, su impacto en las relaciones humanas y la importancia de la inclusividad. Se trata de visiones distintas, pero complementarias, de la interacción social y se asientan en análisis con una fuerte componente técnica, que se benefician de los avances en otras áreas de la ciencia básica, en las matemáticas y la computación, también premiadas.

Completa la lista de premios el reconocimiento a la integración de melodía, armonía y ritmo, creando un estilo propio y moviendo la frontera también en el campo de la música.

Y de pronto, el año 2022. Nos parece que hemos dado un salto hacia atrás de más de sesenta años: de nuevo la guerra y situaciones de conflicto; no funciona el diálogo, no existen acuerdos que faciliten la convivencia y nos preguntamos ¿realmente «los tiempos han cambiado»?

Quiero creer que sí. Estos premios ponen justamente en valor tanto lo que se ha hecho como la importancia del mensaje que los premiados nos transmiten, y que no debemos olvidar. Por ello, les invito a la lectura de esta presentación como primer paso para profundizar en el impacto de las contribuciones premiadas.

In economics and the social sciences, awards have gone to contributions that focus on the role of networks, their impact on human relationships, and the importance of inclusiveness. The distinct but complementary visions of social interaction that are at their core are based on analyses with a strong technical component, drawing on advances in other areas of basic science, mathematics and computation, that are also recognized in this edition.

Completing the list of awards is the recognition of a body of work that integrates melody, harmony and rhythm, forging a unique style that has also shifted frontiers in the realm of music.

But then came the year 2022. And we seem to have taken a leap backwards of over 60 years: the return of war and conflict, the failure of dialogue, the lack of a shared understanding that helps us live as a community. And we ask ourselves “have times really changed?”

I like to think they have. These awards precisely highlight the value of the progress made, and the importance of the message that these laureates convey and we forget at our peril. May this yearbook serve then as a first step towards a deeper understanding of the impact of the award-winning contributions.

## Juan Mari Aburto

Alcalde

Ayuntamiento de Bilbao

Mayor

Bilbao City Council



Bilbao prepara ya sus mejores galas para recibir a la organización y a las personas premiadas en la decimocuarta edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, que este año coincide con la celebración del 722 aniversario de la fundación de nuestra ciudad en un ambiente de ilusiones renovadas, gracias a la paulatina recuperación de la normalidad previa al estallido de la pandemia de la covid-19.

Un año más, agradecemos a la Fundación BBVA su apuesta por Bilbao como sede permanente de este evento internacional, que reconoce a las mentes más brillantes del mundo entero y reivindica la importancia del conocimiento para seguir mejorando la vida de todas las personas, haciendo frente a los enormes retos sociales, medioambientales y, por desgracia, también bélicos y geopolíticos, a los que nos enfrentamos en la actualidad.

El año pasado, tuvimos el honor de recibir en el Ayuntamiento de Bilbao a los prestigiosos biólogos David Julius y Ardem Patapoutian, ganadores de los XIII Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Biología y Biomedicina, quienes dos semanas más tarde obtuvieron el Premio Nobel de Medicina 2021 por sus descubrimientos de los sensores de la temperatura y el tacto humanos, que abren nuevos horizontes terapéuticos para seguir mejorando la calidad de vida del conjunto de la humanidad.

De hecho, cinco de las diez personas distinguidas en las categorías científicas de la última edición de los Premios Nobel habían sido reconocidas con anterioridad en los Premios Fronteras del Conocimiento, lo que refuerza el carácter de *antesala de los Nobel* que tradicionalmente se otorga a los galardones de la Fundación BBVA.

Bilbao, como ciudad orgullosa de sus raíces pero abierta al futuro, que piensa y actúa con vocación global, acoge con orgullo desde 2019 la ceremonia de entrega de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento y, en estos momentos de profunda incertidumbre internacional, mantiene con más firmeza que nunca su compromiso a favor de que la cultura, la sostenibilidad, la justicia social y el desarrollo humano en el más amplio sentido de la palabra se conviertan

Bilbao is donning its finery to welcome the organizers and laureates of the 14th edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards, which this year coincides with the celebration of 722 years since the founding of our city in an atmosphere of renewed hope, as we gradually return to the normality in place before the outbreak of the COVID-19 pandemic.

Once again, we must thank the BBVA Foundation for selecting Bilbao as the permanent home of this international event, which not only recognizes the world's most brilliant minds, but also upholds the importance of knowledge as a means to improve all our lives, addressing the huge social, environmental and also, sadly, military and geopolitical challenges that currently confront us.

Last year, Bilbao City Hall was honored to receive the prestigious biologists David Julius and Ardem Patapoutian, winners of the 13th BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biology and Biomedicine, who two weeks later were awarded the 2021 Nobel Prize in Medicine for their discoveries of the receptors for human temperature and touch, which open new therapeutic avenues to advance the wellbeing of humankind.

In fact, five of the ten awardees in the science categories in last year's Nobel Prizes had previously been distinguished with a Frontiers of Knowledge Award, lending yet more credence to the "Nobel predictor" label traditionally ascribed to these BBVA Foundation awards.

Since 2019, this city that thinks and acts globally, proud of its roots yet embracing the future, has enjoyed the honor of hosting the presentation ceremony of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards. Now, at these times of deepening uncertainty on the international stage, Bilbao chooses to reaffirm its unstinting commitment to culture, sustainability, social justice and human development in its fullest sense, as the foundations on which we must together build a better world for the generations yet to come.

Knowledge is, without doubt, the maturity of humanity. The best antidote at our command to neutralize

en los pilares sobre los que construyamos, entre todas y todos, un mundo mejor para las generaciones venideras.

Sin lugar a dudas, el conocimiento es la madurez de la humanidad. El conocimiento es el mejor antídoto que existe para neutralizar los extremismos de todo tipo que nos empujan a tiempos oscuros que ya creímos superados.

En ese sentido, apostar por el conocimiento es apostar por el futuro, por las personas, por la empatía, la solidaridad y la sostenibilidad económica, social y medioambiental.

Más aún, el conocimiento es nuestra única salida como especie y como civilización, y a pesar de todas las dificultades actuales, la propia existencia de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento supone un enorme motivo de esperanza para seguir caminando con mirada y espíritu joven, en búsqueda de nuevos horizontes que alimenten la ilusión y el constante deseo de avanzar de la humanidad.

the extremisms of every kind that threaten to push us back to dark times that we believed had been left behind us.

In this sense, a commitment to knowledge is a commitment to the future, to people, to empathy, to solidarity and to economic, social, and environmental sustainability.

Knowledge, in sum, is our only way out as a species and as a civilization. And despite all the difficulties that beset us, the very existence of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards is a beacon of hope, inspiring us to continue onwards with a youthful outlook and spirit, in search of new horizons that fuel humanity's faith in the future and unwavering ambition to advance.



## Índice

Premios Awards	12	<b>Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento</b>
	14	<b>Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)</b> Charles Fefferman y Jean-François Le Gall
	24	<b>Biología y Biomedicina</b> Katalin Karikó, Robert S. Langer y Drew Weissman
	34	<b>Tecnologías de la Información y la Comunicación</b> Judea Pearl
	44	<b>Ecología y Biología de la Conservación</b> Lenore Fahrig, Simon Asher Levin y Steward T. A. Pickett
	58	<b>Cambio Climático</b> Ellen Mosley-Thompson y Lonnie G. Thompson
	68	<b>Economía, Finanzas y Gestión de Empresas</b> Matthew O. Jackson
	78	<b>Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)</b> Mark Granovetter
	88	<b>Música y Ópera</b> Philip Glass
	98	<b>Símbolo artístico Fronteras del Conocimiento</b>
	100	<b>Concierto</b>
	102	<b>Ceremonia de entrega</b>
	104	<b>Galardonados en ediciones anteriores por categorías</b>
	112	<b>Galardonados en ediciones anteriores por años</b>
	119	<b>Créditos</b>

## Contents

<b>About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards</b>
<b>Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)</b> Charles Fefferman and Jean-François Le Gall
<b>Biology and Biomedicine</b> Katalin Karikó, Robert S. Langer and Drew Weissman
<b>Information and Communication Technologies</b> Judea Pearl
<b>Ecology and Conservation Biology</b> Lenore Fahrig, Simon Asher Levin and Steward T. A. Pickett
<b>Climate Change</b> Ellen Mosley-Thompson and Lonnie G. Thompson
<b>Economics, Finance and Management</b> Matthew O. Jackson
<b>Humanities and Social Sciences (Social Sciences)</b> Mark Granovetter
<b>Music and Opera</b> Philip Glass
<b>Frontiers of Knowledge artwork</b>
<b>Gala concert</b>
<b>Presentation ceremony</b>
<b>Laureates in previous editions by category</b>
<b>Laureates in previous editions by year</b>
<b>Credits</b>

## Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento



Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento quieren reconocer e incentivar la investigación y creación cultural de excelencia, en especial aquellas contribuciones de amplio impacto por su originalidad y significado. La denominación de estos premios hace referencia tanto al trabajo de investigación capaz de ampliar el ámbito del conocimiento —desplazando hacia delante la frontera de lo conocido— como al encuentro y solapamiento entre áreas disciplinares.

Los Premios Fronteras distinguen avances fundamentales, disciplinarios o supradisciplinarios, en las áreas de las ciencias básicas, naturales y sociales, y de la tecnología. Se reconoce también la creación de excelencia en la música y la ópera de nuestro tiempo. Asimismo, se presta atención particular a dos áreas críticas de la investigación del medio ambiente: el cambio climático, y la ecología y biología de la conservación. Hace tres años, en la decimoprimerá edición, se incorporó por primera vez la categoría de Humanidades y Ciencias Sociales, que anualmente se alterna entre estos dos dominios, dedicando la presente edición a las Ciencias Sociales.

La orientación de los Premios Fronteras responde a los siguientes principios: en primer lugar, el reconocimiento de la importancia del conocimiento básico que, sin perjuicio del valor de otras formas de investigación aplicada promovida por las políticas científicas de las últimas décadas, sigue constituyendo el motor fundamental del cambio científico e, indirectamente, del progreso y bienestar material, además del desarrollo de la cultura. Por otro lado, atender al carácter interdisciplinar del conocimiento en las últimas décadas del pasado siglo y en el presente, motivando un agrupamiento de áreas reflejo de la interacción y el solapamiento entre disciplinas (Física, Química, Matemáticas; Biología y Biomedicina; Economía, Finanzas y Gestión de Empresas), al tiempo que se preserva la posibilidad de reconocer avances de significado especial en tan solo una de ellas. Los premios, de carácter anual, reconocen además el hecho de que muchas de las contribuciones decisivas al conocimiento de nuestra época son resultado de la colaboración de grandes equipos de investigadores, lo que lleva, a diferencia de otros que recaen en una sola persona o, en todo caso, en un número no superior a tres, a

## About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards recognize and encourage world-class research and artistic creation, with an accent on contributions of broad impact for their originality and significance. The name of the prizes denotes both research work that successfully enlarges the scope of our current knowledge – pushing forward the frontiers of the known world – and the meeting and overlap of different disciplinary areas.

The Frontiers Awards distinguish fundamental disciplinary or interdisciplinary advances in basic, natural, and social sciences and technology, alongside creative activity of excellence in the music and opera of our time. Honors are also reserved for two vital areas of environmental research: climate change and ecology and conservation biology. Three years ago, in the 11th edition, the list was joined by the new category of Humanities and Social Sciences, alternating annually between these two domains, with the award in the current edition devoted to the Social Sciences.

The goal of the Frontiers Awards can be summed up in the following principles. Firstly, to recognize the importance of basic knowledge. However valuable the other forms of applied research privileged by science policy in these past decades, basic knowledge remains the principal driver of scientific change and, indirectly, of our material progress, wellbeing, and cultural development. Secondly, to recognize the increasingly interdisciplinary nature of knowledge in the closing decades of the last century and our present days. Hence the decision to group awards so as to reflect the interaction and overlap of disciplines (Physics, Chemistry, Mathematics; Biology and Biomedicine; Economics, Finance and Management), while retaining the option to distinguish an outstanding advance in one discipline alone. The awards, organized annually, also acknowledge the fact that many seminal contributions to our current stock of knowledge are the result of collaborative working between large research teams. This is why, unlike other prizes reserved for one person alone or perhaps three at most, they may be shared by any number of any size teams, provided the achievement being recognized is the result of collaborative or parallel working. They also highlight, alongside the basic and natural sciences and ICT, the importance of the

aceptar la posibilidad de hacer objeto del galardón a uno o más equipos, sin restricción del número de sus integrantes, siempre que el avance premiado haya sido resultado del trabajo conjunto o paralelo de distintos investigadores. Asimismo realzan, junto a las ciencias básicas, naturales y la tecnología, la importancia de las humanidades y las ciencias sociales, y establecen una categoría que premia la creación de excelencia en uno de los ámbitos más innovadores y que más influye en el modelado de la cultura y sensibilidad de una época, como es la música de nuestro tiempo.

Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento son fallados por jurados de expertos de perfil internacional en las respectivas áreas, que operan con total independencia y aplicando exclusivamente los indicadores y métrica de excelencia propios de cada área. La responsabilidad de la composición de los jurados recae de forma conjunta en la Fundación BBVA y la principal institución pública de investigación en España, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que asigna además al presidente de cada jurado y a quien la Fundación BBVA consulta también la composición de los restantes miembros. La colaboración entre el CSIC y la Fundación BBVA asegura la objetividad, independencia y criterios de excelencia en todo el proceso de selección de candidatos, colaboración que descansa en una visión compartida acerca del papel fundamental que, en las primeras décadas del siglo XXI, tienen la investigación científica avanzada y la creación cultural en la mejora continua de la sociedad.

humanities and the social sciences, and furthermore establish a category distinguishing excellence in music, a supremely innovative art form that does much to shape the culture and sensibility of each era.

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards are decided by committees made up of internationally reputed experts in their respective fields, who deliberate in complete independence relying solely on the standards and metrics of excellence proper to the subject area. Their members are appointed by the BBVA Foundation in consultation with the Spanish National Research Council (CSIC), the country's premier public research organization, which also designates the committee chair. The partnership between CSIC and the BBVA Foundation endorses the objectivity, independence and standards of excellence informing each stage of the selection process. It also rests on a shared conviction of the fundamental role played by world-class scientific research and artistic creation in the opening decades of the 21st century as a force for the ongoing advancement of society.

<sup>14</sup>

«Todavía no sabemos qué gran idea traerán las matemáticas en el siglo XXI, pero en el XX fue el ordenador».

“What great idea math will bring in the 21st century we still don’t know, but in the 20th century it was the computer.”

Charles Fefferman

«Las matemáticas son el lenguaje de la ciencia. Físicos, químicos y biólogos utilizan matemáticas para comprender la naturaleza».

“Mathematics is the language of science. Physicists, chemists and biologists use math to understand nature.”

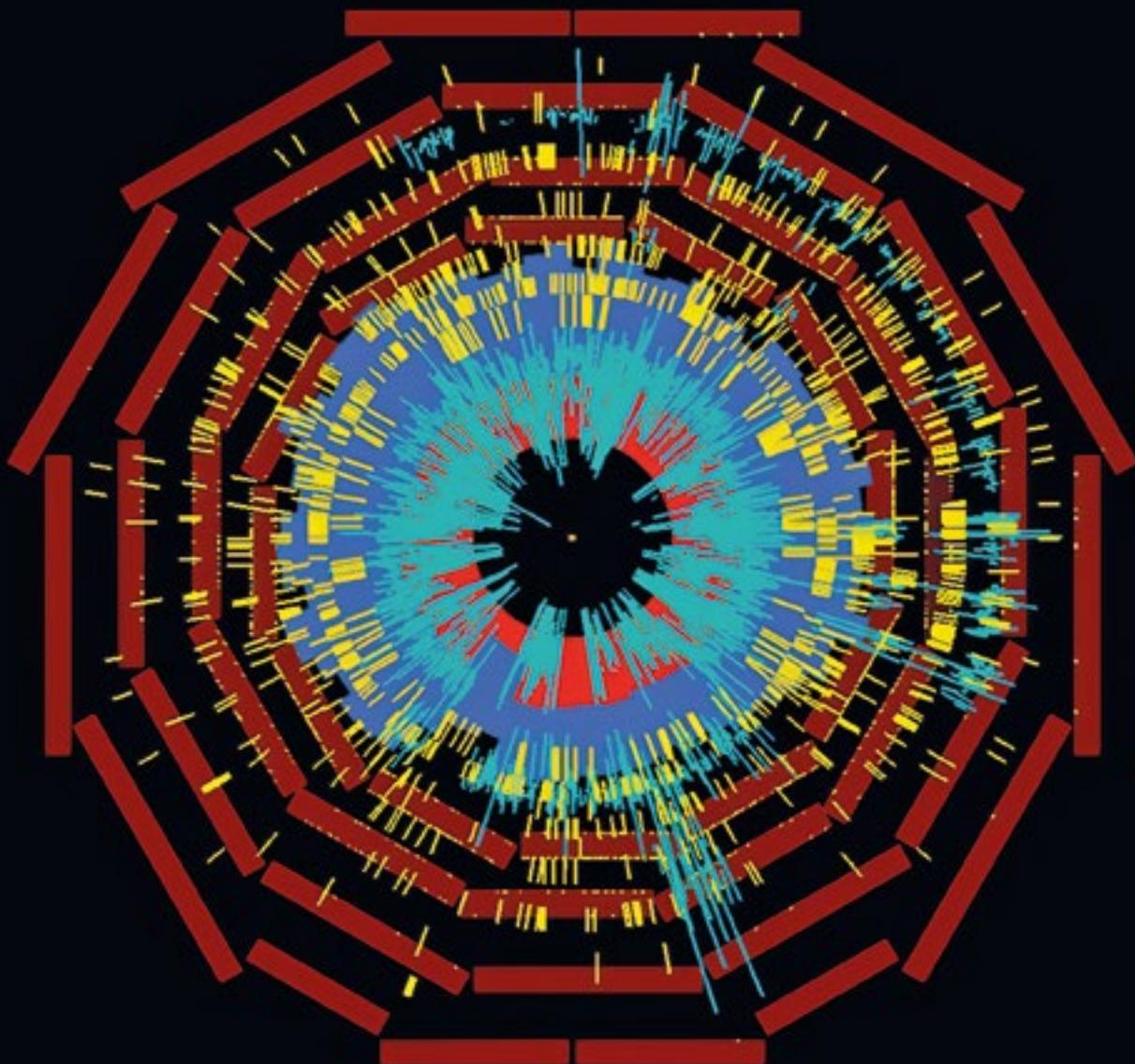
Jean-François Le Gall

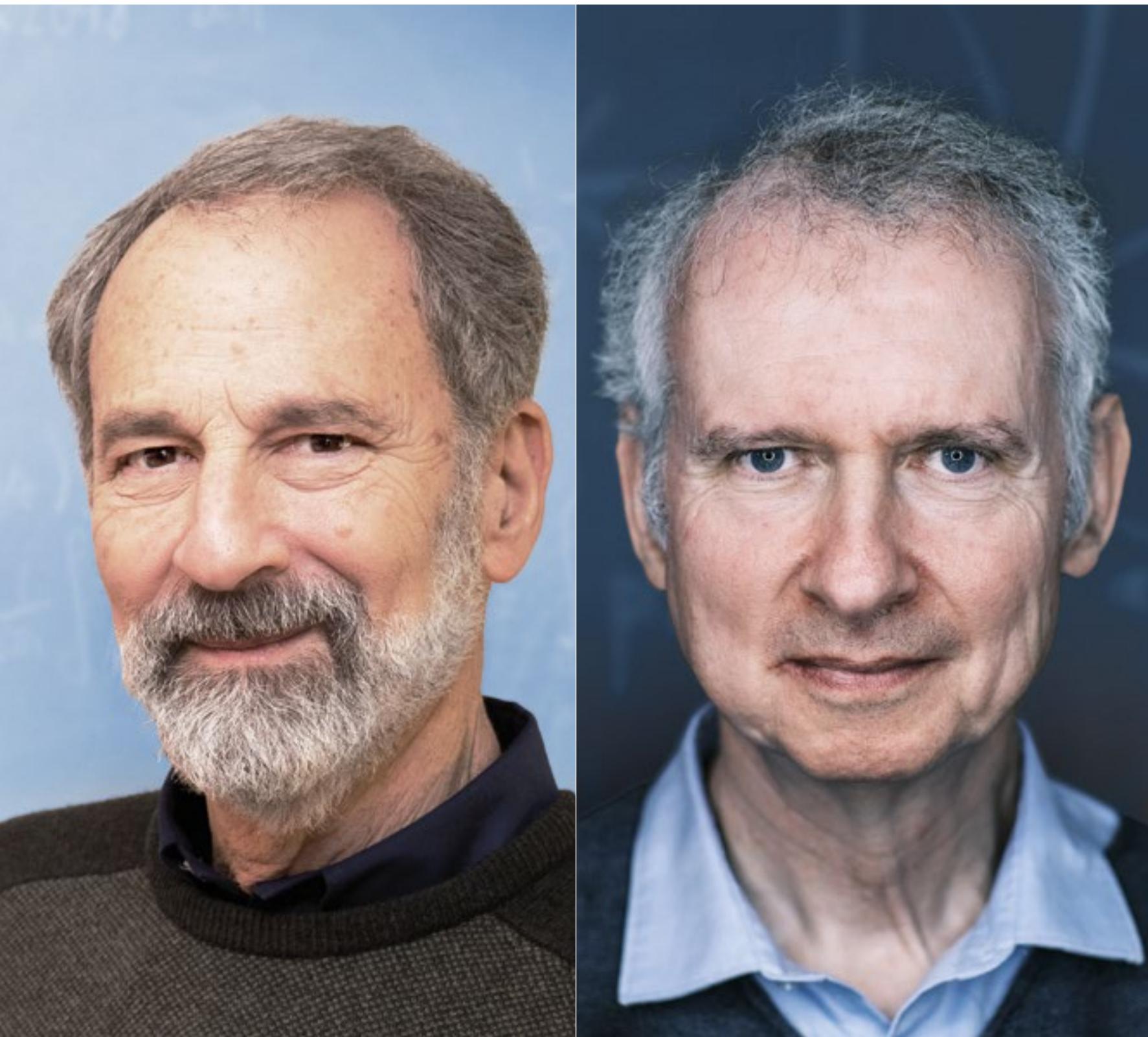
Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Ciencias Básicas**  
**(Física, Química, Matemáticas)**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Basic Sciences**  
**(Physics, Chemistry, Mathematics)**





# Charles Fefferman Jean-François Le Gall

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Ciencias Básicas  
(Física, Química, Matemáticas)**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Basic Sciences  
(Physics, Chemistry, Mathematics)**

17

## El poder transformador de las matemáticas

Charles Fefferman puede contemplar cómo rompen las olas del mar y pensar que conoce, con precisión, las matemáticas que describen lo que pasa en el agua: su investigación ha sido clave para descubrirlo. Jean-François Le Gall puede imaginar formas construidas con un número próximo al infinito de minúsculos triángulos. Ambos matemáticos han introducido «técnicas rompedoras» y «contribuciones seminales» para resolver problemas con una larga historia, según ha destacado el jurado de los Premios Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas. Charles Fefferman, catedrático de Matemáticas Herbert E. Jones, Jr. '43 en la Universidad de Princeton (Estados Unidos), está considerado uno de los matemáticos actuales más versátiles, autor de resultados en áreas tan aparentemente distantes como la descripción matemática del comportamiento de fluidos, el análisis de las leyes de la mecánica cuántica o las propiedades del grafeno y otros materiales bidimensionales. Jean-François Le Gall, por su parte, investiga en teoría de la probabilidad, y un número importante de sus trabajos proceden de modelos físicos que intentan explicar el mundo cuántico a escala atómica y en la época del origen del universo, con el desarrollo de una teoría cuántica de la gravedad.

Fefferman ingresó en la Universidad de Maryland (Estados Unidos) con solo 14 años. En 1971, con 22 años, se convirtió en el catedrático más joven de ese país. Su carrera tiene una estrecha relación con España —y en concreto con la escuela matemática de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)—, iniciada cuando Antonio Córdoba, actualmente catedrático emérito de Análisis Matemático en la UAM y uno de los nominadores de Fefferman para el premio Fronteras, se trasladó a Chicago con el fin de ser su primer estudiante de doctorado. Ambos han mantenido una

## The transformative power of mathematics

Charles Fefferman can watch the sea waves break in the knowledge that he understands precisely the mathematics behind what is happening in the water, as it was his research that helped explain it. Jean-François Le Gall can imagine forms built from a near infinite number of minuscule triangles. The committee deciding the Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences has hailed these two eminent mathematicians as the authors of “groundbreaking techniques” and “seminal contributions” that have served to solve longstanding problems in mathematics.

The Herbert E. Jones, Jr. '43 Professor of Mathematics at Princeton University (United States), Charles Fefferman is considered one of today's most versatile mathematicians, who has brought new insights to such seemingly disparate fields as the mathematical description of fluid dynamics, analysis of the laws of quantum mechanics or the properties of graphene and other two-dimensional materials. Jean-François Le Gall, meantime, works in probability theory, and much of his research draws on physics models that attempt to explain the quantum world at the atomic scale and in the early universe, with the construction of a quantum theory of gravity.

Fefferman entered the University of Maryland (United States) when he was just 14 years old. In 1971, at the age of 22, he became America's youngest ever full professor. In his long career, he has maintained strong links with Spain, particularly with the mathematics school of the Universidad Autónoma de Madrid (UAM); a relationship forged when Antonio Córdoba, currently Professor Emeritus of Mathematical Analysis at UAM and one of Fefferman's nominators for the award, moved to Chicago to take up a place as his first PhD student. The two have remained close, with Fefferman reporting

**Los matemáticos Charles Fefferman y Jean-François Le Gall han introducido poderosas técnicas de análisis para resolver problemas con una larga historia, aportando así nuevas vías para el avance de numerosas áreas de la física y otros campos de la ciencia.**

Mathematicians Charles Fefferman and Jean-François Le Gall have introduced powerful analysis techniques to solve longstanding problems, opening up new avenues for the advancement of multiple fields within physics and other branches of science.

estrecha relación, y Fefferman ha obtenido importantes resultados matemáticos también en colaboración con el hijo de Antonio Córdoba, Diego.

«Lo normal es que un matemático haga contribuciones fundamentales en una o dos áreas —afirma Antonio Córdoba—; Fefferman las ha hecho en análisis armónico, en ecuaciones en derivadas parciales, en problemas de mecánica cuántica y también en mecánica de los fluidos, donde dio con la clave de un resultado que abrió un camino para entender la turbulencia». Otros de sus resultados tienen que ver con computación, matemática financiera, redes neuronales y física del estado sólido.

Fefferman vive de forma natural el salto entre áreas: «Tengo la sensación de que yo no elijo los problemas, sino que ellos me eligen a mí. Me entero de algún problema y es tan fascinante que no puedo dejar de pensar en él».

El catedrático de Princeton ha realizado largas estancias de investigación en España, ha dirigido la tesis doctoral a siete matemáticos de nuestro país y colabora con una docena de ellos. Su trabajo con el grupo de Diego Córdoba en el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en Madrid, logró describir matemáticamente cómo rompen las olas, demostrando así que, tal como se esperaba —y como cualquiera puede observar, porque efectivamente las olas rompen—, en el movimiento de los fluidos se producen fenómenos llamados singularidades —que se corresponden con el *splash* de la ola—.

Jean-François Le Gall «ha transformado profundamente el área de la teoría de la probabilidad», escribe Emmanuel Royer, del Instituto Nacional de Ciencias Matemáticas y sus Interacciones (Centro Nacional de Investigación Científica, CNRS, Francia), institución que ha nominado al matemático francés. Para la catedrática de la Facultad de Matemáticas de la Universitat de Barcelona Marta Sanz-Solé, investigadora también en probabilidad y gran conocedora del trabajo de Le Gall, sus aportaciones son «realmente cruciales, porque han generado a su vez nueva investigación en torno a sus resultados, y por el impulso a las conexiones con la física matemática».

important mathematical results with Córdoba's son Diego.

“The normal thing is for a mathematician to make fundamental contributions in one or two areas,” Antonio Córdoba points out. “Fefferman has made them in harmonic analysis, partial differential equations, problems in quantum mechanics, and in the field of fluid mechanics, where he came up with a result that suggested a whole new tack for understanding turbulence.” Other outcomes of his research touch on questions in computation, financial mathematics, neural networks and solid state physics.

Fefferman explains that, for him, jumping between fields is second nature: “I have the feeling that I don't pick the problems, they pick me. I hear about a problem and it is so fascinating that I can't stop thinking about it.”

The Princeton professor has spent long research periods in Spain, and has supervised the doctoral theses of seven Spanish mathematicians as well as collaborating with a dozen more. With Diego Córdoba's group at the Institute of Mathematical Sciences (ICMAT) in Madrid, he has managed to mathematically describe how waves break, demonstrating that, just as expected (and as any observer could note, since waves do break), the movement of the fluid drives phenomena known as singularities, corresponding to the splash.

Jean-François Le Gall has “profoundly transformed probability theory,” writes Emmanuel Royer, Scientific Director of the National Institute for Mathematical Sciences and their Interactions – INSPI (Centre National de la Recherche Scientifique, France), which put his name forward for the award. For Marta Sanz-Solé, Professor of Mathematics at the University of Barcelona, who also researches on probability and is a close follower of Le Gall's work, his contributions are “truly pivotal, in the sense of spurring new research around his findings, and strengthening the connections with mathematical physics.”

Many of the problems Le Gall engages with come from physics, although he describes himself as “a theoretical mathematician who works on mathematical

Muchos de los problemas en que se sumerge Le Gall proceden de la física, aunque él se describe como un «matemático teórico que trabaja en objetos matemáticos interesantes en sí mismos, sin pensar en las aplicaciones». Las matemáticas avanzan, afirma, «por una motivación estética».

Su primera investigación se centró en el movimiento browniano matemático. Es un área que remite a Albert Einstein, quien logró explicar el movimiento aleatorio de granos de polen flotando en agua como el resultado de la vibración de las moléculas del fluido, y demostró así que los átomos y moléculas realmente existen. Le Gall ha investigado la geometría que resulta de las trayectorias de las partículas en el movimiento browniano: «He trabajado mucho en el estudio del movimiento browniano, que describe el movimiento aleatorio de una partícula sujeta a cambios continuos de dirección».

En los últimos quince años, su investigación ha creado una nueva rama en teoría de la probabilidad basada en la investigación de esferas *brownianas*, objetos matemáticos que surgen cuando decenas de miles de triángulos diminutos se pegan al azar unos a otros. «Los físicos inventaron estas esferas como modelo para la teoría de la gravedad cuántica —señala—, mi contribución ha consistido en hacer que este modelo sea riguroso». El campo atrae ahora gran actividad matemática.

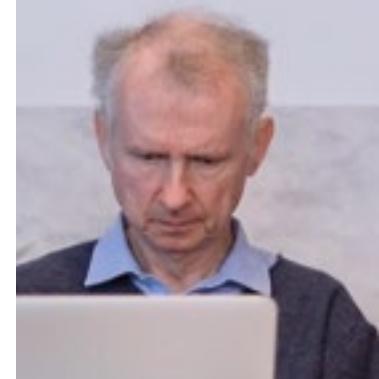
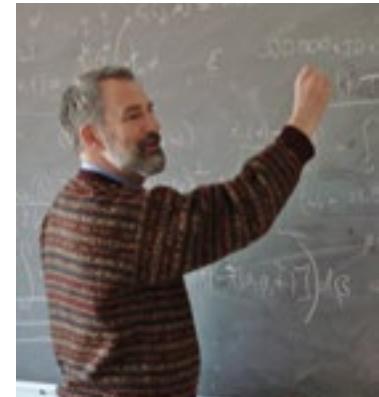
Para Fefferman, el principal valor de las matemáticas es su capacidad para aportar ideas que han transformado el mundo: «Todavía no sabemos qué gran idea traerán las matemáticas en el siglo XXI, pero en el XX fue el ordenador», señala. Le Gall resalta que «las matemáticas son el lenguaje de la ciencia, el que utilizan los físicos, los químicos o los biólogos para comprender la naturaleza».

objects of inherent interest, without thinking of the applications." Advances in mathematics, he insists, derive overwhelmingly from an "aesthetic motivation."

His first object of study was mathematical Brownian motion. This field traces its ideas back to Albert Einstein, who was able to explain the random movement of pollen grains floating in water as the result of the vibration of molecules in the fluid, and thus prove that atoms and molecules really exist. Le Gall has explored the geometry arising from the trajectories of particles in Brownian motion: "I have made an extensive study of this kind of motion, which describes the random movement of a particle that is constantly changing direction."

In the last fifteen years, his research has birthed a new branch within probability theory based on the study of "Brownian spheres," mathematical objects that appear when tens of thousands of minute triangles stick randomly to one another. "Physicists invented these spheres as a model for the theory of quantum gravity," he explains. "My contribution was to make this model rigorous." The field has since become a hive of mathematical activity.

For Fefferman, "the main value of mathematics is its ability to contribute enormous ideas that completely change the world. What great idea math will bring in the 21st century we still don't know, but in the 20th century it was the computer." Le Gall, in turn, reflects that "mathematics is the language of science, used by physicists, chemists or biologists to understand nature."



Más información:

Charles Fefferman

Jean-François Le Gall

More information:



Charles Fefferman

Jean-François Le Gall

**Theodor W. Hänsch****Jeffrey R. Long****Emmanuel Candès****Nigel Hitchin****Hongkun Park****Martin Quack**

**Presidente del jurado**  
Es director de la División de Espectroscopía Láser en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania) y titular de la Cátedra de Física Carl Friedrich von Siemens de la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich. Investiga sobre física cuántica de los átomos ultrafríos y espectroscopía láser ultraprecisa. Su trabajo sobre esta última materia y la técnica peine de frecuencias ópticas le valió el Premio Nobel de Física 2005. Es medalla Frederic Ives (Sociedad Americana de Óptica) y Stern Gerlach (Sociedad Alemana de Física).

**Secretario del jurado**  
Catedrático de Química y catedrático de Ingeniería Química y Biomolecular en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos), su investigación se centra en el diseño y la síntesis controlada de materiales inorgánicos y moléculas que permitan comprender fenómenos físicos nuevos con aplicaciones en el almacenamiento de gas, la separación molecular, la conductividad, la catálisis y el magnetismo. Director del Centro para la Separación de Gases de la Universidad de Berkeley, ha recibido, entre otros premios, el Special Creativity Award de la Fundación Nacional para la Ciencia en dos ocasiones.

Titular de la Cátedra Barnum-Simons en Matemáticas y Estadística en la Universidad de Stanford (Estados Unidos), ha sido también catedrático en el Instituto Tecnológico de California. Sus áreas de investigación abarcan las matemáticas aplicadas, la estadística, la teoría de la información, el procesamiento de señales y la optimización matemática, con aplicaciones en ciencias de la imagen, computación científica y problemas inversos. Ha recibido, entre otras distinciones, el Premio George David Birkhoff y la Medalla Jack S. Kilby en Procesamiento de Señales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

Catedrático emérito Savilian de Geometría en el Instituto Matemático de la Universidad de Oxford (Reino Unido), su trabajo se centra en la geometría diferencial y en la algebraica, y su relación con la física teórica. Entre sus descubrimientos más notables está el sistema integrable Hitchin. Colabora con el Grupo de Geometría Algebraica y Física Matemática del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en Madrid, a través del Laboratorio Hitchin-Ngô. Entre otras muchas distinciones, ha obtenido la Medalla Sylvester de la Royal Society, el Senior Berwick Prize y el Premio Pólya de la Sociedad Matemática de Londres.

Es titular de la Cátedra Mark Hyman Jr. de Química y catedrático de Física en la Universidad de Harvard (Estados Unidos). Investiga en nanodispositivos eléctricos, ópticos y plasmónicos que operan sobre principios de mecánica cuántica, y en herramientas nano y microelectrónicas que interactúen con células vivas, redes celulares y organismos. Desde 2018 es el investigador más citado en Web of Science. Ha recibido, entre otras distinciones, el Premio Científico del Año que otorgan la Asociación Coreano-Americana de Científicos e Ingenieros y la Federación Coreana de Sociedades de Ciencia y Tecnología.

Es catedrático en la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zúrich (Suiza), donde dirige el Grupo de Cinética y Espectroscopía Molecular. Desarrolla su investigación en espectroscopía de alta resolución, cinética molecular, simetrías fundamentales en física y química molecular, y violación de la paridad en moléculas quirales. Ha recibido numerosos galardones, como el Premio Nernst Haber Bodenstein de la Sociedad Bunsen de Alemania para la Física-Química (DBG), entidad de la que ha sido presidente. Ha sido miembro del Consejo Nacional Suizo de Investigación.

**Committee chair**

Director of the Division of Laser Spectroscopy at the Max Planck Institute of Quantum Optics (Garching, Germany), and Carl Friedrich von Siemens Professor at the Ludwig Maximilian University of Munich. His main research areas are the quantum physics of ultracold atoms and ultraprecise laser spectroscopy. It was his work in this last field and, particularly, on the optical frequency comb that won him the 2005 Nobel Prize in Physics. He holds the Frederic Ives Medal of the Optical Society of America, and the Stern Gerlach Medal of the German Physics Society.

**Committee secretary**

Professor of Chemistry and Chemical and Biomolecular Engineering at the University of California, Berkeley (United States), his research focuses on the design and controlled synthesis of novel inorganic materials and molecules toward the fundamental understanding of new physical phenomena, with applications in gas storage, molecular separations, conductivity, catalysis, and magnetism. Director of the Center for Gas Separations at UC Berkeley, among other distinctions he is a two-time winner of the Special Creativity Award of the U.S. National Science Foundation.

Barnum-Simons Professor of Mathematics and Statistics at Stanford University (United States) and a former professor at the California Institute of Technology. His research interests lie in computational and applied mathematics, statistics, information theory, signal processing and mathematical optimization, with applications to the imaging sciences, scientific computing and inverse problems. Among his various distinctions are the George David Birkhoff Prize, and the Jack S. Kilby Signal Processing Medal of the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Emeritus Savilian Professor of Geometry in the Mathematical Institute at the University of Oxford (United Kingdom), his main research areas are differential and algebraic geometry and its links to theoretical physics. Amongst his notable discoveries is the Hitchin integrable system. He also has a formal collaboration with the Algebraic Geometry and Mathematical Physics Group at the Institute of Mathematical Sciences (ICMAT) in Madrid through the Hitchin-Ngô Laboratory. His numerous honors include the Sylvester Medal of the Royal Society, and the Senior Berwick Prize and Pólya Prize of the London Mathematical Society.

Mark Hyman Jr. Professor of Chemistry and Professor of Physics at Harvard University (United States). His research focuses on nanoscale electrical, optical, and plasmonic devices that operate on quantum mechanical principles, as well as new nano- and microelectronic tools that can interface with living cells, cell networks, and organisms. Listed as a Web of Science Highly Cited Researcher since 2018, his distinctions include the Scientist of the Year Award bestowed by the Korean-American Scientists and Engineers Association and the Korean Federation of Science and Technology Societies.



## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

## Sandip Tiwari

Es titular de la Cátedra Charles N. Mellowes de Ingeniería en la Universidad de Cornell (Estados Unidos) y ha sido profesor invitado en el ETH Zúrich (Suiza). Hadirigido la Red Nacional de Infraestructura para la Nanotecnología (NNIN) (Estados Unidos), hoy convertida en la Infraestructura Nacional Coordinada en Nanotecnología (NNCI). Fundador de la revista *Transactions on Nanotechnology*, su investigación se centra en cuestiones que surgen al conectar grandes escalas (como la de los sistemas electrónicos integrados de gran tamaño) con la nanoscala, que obliga a aplicar conocimientos de ingeniería, física e informática.

Charles N. Mellowes Professor in Engineering at Cornell University (United States), and a former visiting professor at ETH Zurich (Switzerland). He has also led the National Nanotechnology Infrastructure Network (United States), now the National Nanotechnology Coordinated Infrastructure, and was a founding editor of the journal *Transactions on Nanotechnology*. His research primarily concerns the questions that arise when connecting large scales, such as those of massively integrated electronic systems, to nanoscales, applying knowledge from engineering, physics and computing sciences.

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ciencias Básicas ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Charles Fefferman** y **Jean-François Le Gall** por sus contribuciones fundamentales al análisis matemático y la teoría de la probabilidad.

Fefferman ha desarrollado técnicas originales y rompedoras para estudiar la estructura detallada de las funciones, las propiedades y el comportamiento de las soluciones de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, incluyendo las que aparecen en la dinámica de fluidos.

Le Gall ha hecho contribuciones seminales a la teoría de los procesos estocásticos, al establecer resultados clave sobre las propiedades finas del movimiento browniano, y al obtener el límite normalizado de objetos geométricos aleatorios cuando sus tamaños divergen hacia el infinito.

En conjunto, su trabajo ha abierto nuevas perspectivas en el campo y ha tenido una gran influencia sobre una generación de matemáticos.

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Basic Sciences category goes, in this fourteenth edition, to **Charles Fefferman** and **Jean-François Le Gall** for their fundamental contributions to mathematical analysis and probability theory.

Fefferman has introduced groundbreaking techniques to study the detailed structure of functions and the behavior of solutions to partial differential equations, including those arising in fluid dynamics.

Le Gall made seminal contributions to the theory of stochastic processes by establishing key results about the fine properties of Brownian motion, and by deriving the scaling limits of discrete random geometric objects as their sizes diverge to infinity.

Together their body of work opened new perspectives on the field and has had a great influence on a generation of mathematicians.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)**

---

#### **Alberto Casas González**

Profesor de investigación en el Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM)  
Research Professor at the Institute for Theoretical Physics (CSIC-UAM)

---

#### **Francisco García Labiano**

Coordinador adjunto del Área Global Materia e investigador científico en el Instituto de Carboquímica (CSIC)  
Deputy Coordinator of the Materia Global Area and Research Scientist at the Institute of Carbochemistry (CSIC)

---

#### **Berta Gómez-Lor Pérez**

Investigadora científica en el Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid (CSIC)  
Research Scientist at the Institute of Materials Science of Madrid (CSIC)

---

#### **Alejandro Luque Estepa**

Científico titular en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)  
Tenured Researcher at the Institute of Astrophysics of Andalusia (CSIC)

---

#### **María Luz Sanz Murias**

Investigadora científica en el Instituto de Química Orgánica General (CSIC)  
Research Scientist at the Institute of General Organic Chemistry (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

---

#### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

---

#### Charles Fefferman

Fue nominado por:

- **Antonio Córdoba**, catedrático emérito de Análisis Matemático en la Universidad Autónoma de Madrid (España)
- **Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT)**, España
- **Joseph J. Kohn**, catedrático emérito de Matemáticas en la Universidad de Princeton (Estados Unidos)
- **Assaf Naor**, catedrático de Matemáticas en la Universidad de Princeton (Estados Unidos)
- **Real Sociedad Matemática Española (RSME)**
- **Yakov Sinai**, catedrático emérito de Matemáticas en la Universidad de Princeton (Estados Unidos)

---

#### Jean-François Le Gall

Fue nominado por:

- **Instituto Nacional de Ciencias Matemáticas y sus Interacciones (INSMI)** del Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS), Francia

---

#### Charles Fefferman

Was nominated by:

- **Antonio Córdoba**, Professor Emeritus of Mathematical Analysis at the Universidad Autónoma de Madrid (Spain)
- **Institute of Mathematical Sciences (ICMAT)**, Spain
- **Joseph J. Kohn**, Professor Emeritus of Mathematics at Princeton University (United States)
- **Assaf Naor**, Professor of Mathematics at Princeton University (United States)
- **Spanish Royal Mathematical Society (RSME)**
- **Yakov Sinai**, Professor Emeritus of Mathematics at Princeton University (United States)

---

#### Jean-François Le Gall

Was nominated by:

- **National Institute for Mathematical Sciences and their Interactions (INSMI)** of the French National Centre for Scientific Research (CNRS)

<sup>24</sup>

«Durante cuarenta años no solo no recibí ningún premio, sino tampoco ningún apoyo económico para mi investigación».

“For forty years not only did I receive no awards, I didn’t even have financial support for my research.”

Katalin Karikó

«Incluso después de publicado el resultado, mucha gente me dijo que estaba mal; no se lo creían».

“Even after the work was published, lots of people told me it was wrong, that they didn’t believe it.”

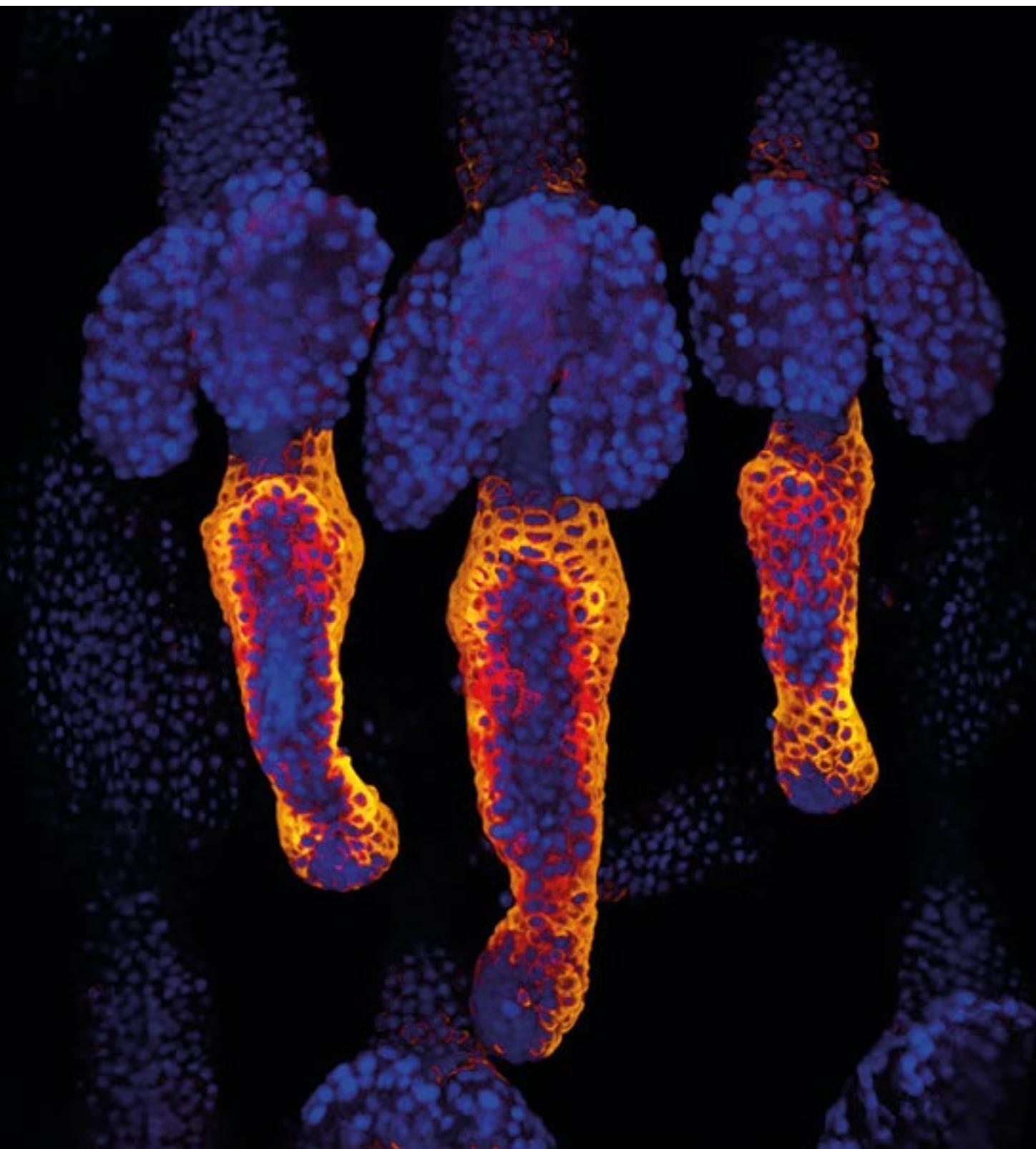
Robert S. Langer

«Partimos de la hipótesis de que el ARN sería un sistema mejor para transferir proteínas al organismo, porque hace que las fabrique el propio cuerpo».

“Our central hypothesis was that RNA would be a better delivery system for proteins, because it involves using the host as its own production plant.”

Drew Weissman

Esta imagen de microscopía confocal muestra una herida en la cola de un ratón durante el proceso de cicatrización. En color azul se ven los núcleos de las células; en rojo y naranja, las células madre de los folículos capilares, que se activan para regenerar el pelo durante el proceso de cicatrización. This confocal microscopy image of a mouse shows a tail wound in the process of healing. Cell nuclei are in blue. Red and orange mark hair follicle stem cells, which activate to cause hair regrowth during the process of wound healing.





# Katalin Karikó Robert S. Langer Drew Weissman

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## Biología y Biomedicina

### La revolución de la medicina del ARN

La molécula de ADN, el famoso ácido nucleico con forma de doble hélice que contiene las instrucciones genéticas para el desarrollo y el funcionamiento de todos los seres vivos, cumple su función gracias al otro ácido nucleico con el que colabora, el ARN. Los ganadores del Premio Fronteras del Conocimiento en Biología y Biomedicina han hecho posible que esta molécula pueda ser usada, además, para combatir enfermedades. Gracias a Katalin Karikó, Robert Langer y Drew Weissman, las células del cuerpo reciben, en forma de molécula de ARN, instrucciones para producir proteínas que actúan como fármacos o vacunas. La propia persona «se convierte en la fábrica del medicamento; las aplicaciones son infinitas», afirma Karikó.

Las vacunas de ARNm contra el SARS-CoV-2, fruto de esta tecnología, son solo el principio de una revolución en ciernes. La terapia de ARN, destaca el acta del jurado, está «llamada a extenderse a otras áreas de la medicina, como las enfermedades autoinmunes, el cáncer, los trastornos neurodegenerativos, las deficiencias enzimáticas y otras infecciones víricas».

Temporalmente, la primera contribución es la de Robert S. Langer, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, Estados Unidos). En los setenta este bioquímico publicó en *Nature* el primer trabajo demostrando que es posible encapsular moléculas de ácidos nucleicos en nanopartículas y transferirlas al interior del cuerpo. Abría la puerta, así, a «empaquetar las macromoléculas terapéuticas, incluido el ARNm, de forma que puedan ser transferidas a las células», explica el acta.

La aportación de Katalin Karikó y Drew Weissman, bioquímica e inmunólogo, respectivamente, y ambos de la Universidad de Pensilvania (Estados Unidos), llegó entrado el nuevo siglo. Los métodos de modificación

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## Biology and Biomedicine

27

### The RNA medicine revolution

DNA, the famous nucleic acid with the double helix structure that carries the genetic instructions for the development and functioning of all living things, does not work alone. To do its job properly, it needs the assistance of another nucleic acid, RNA. Now the Frontiers of Knowledge laureates in Biology and Biomedicine have equipped this molecule with the added power to fight disease. Thanks to Katalin Karikó, Robert Langer and Drew Weissman, our bodies' cells can receive instructions encoded in an RNA molecule to produce proteins that act as drugs or vaccines. We become "our own pharmaceutical production plant," as Karikó describes it, "with endless applications."

The mRNA vaccines against SARS-CoV-2 that emerged from this technology are just the first salvo of a biomedical revolution in the making. For RNA medicine, as the committee remarks, "is set to expand to other therapeutic areas such as autoimmunity, cancer, neurodegenerative disorders, enzyme deficiency, and other viral infections."

Timewise, the first contribution came from Robert S. Langer, a biochemist working at the Massachusetts Institute of Technology (United States). His was the first paper, published in *Nature* in the 1970s, which showed that it was possible to encapsulate nucleic acid molecules in nanoparticles for release into the body. This insight, says the committee, enabled "packaging of macromolecule therapeutics including mRNA and delivering them into cells."

It was not until the new century that Katalin Karikó and Drew Weissman, professors at the University of Pennsylvania (United States), added their part of the equation. The mRNA modification methods they developed together made it possible to deliver the

Las aportaciones de Karikó, Langer y Weissman han hecho posible que las células del cuerpo reciban, en forma de molécula de ARN, instrucciones para producir proteínas que actúan como fármacos o vacunas. La propia persona se convierte, así, en la fábrica del medicamento. Ya se están ensayando aplicaciones para tratar numerosas enfermedades.

Thanks to the work done by Karikó, Langer and Weissman, it is now possible for the body's own cells to receive instructions encoded in an RNA molecule to generate proteins that act as drugs or vaccines. The host, in other words, becomes a production facility for the target treatment. Applications are now under trial for multiple conditions.

del ARNm que desarrollaron juntos hicieron posible introducir esta molécula en las células de forma segura para el organismo. Fue un avance clave.

El ADN y el ARN contienen la información necesaria para que todo ser vivo fabrique sus proteínas. El ARN copia la información del ADN y la transporta hasta la maquinaria de la célula donde se fabrican las proteínas. Pero también es posible diseñar ARN *a la carta* en el laboratorio, de forma que contenga información para sintetizar cualquier proteína. La célula que reciba ese ARN ejecutará las órdenes y fabricará las proteínas deseadas.

Las vacunas de ARNm contra la covid-19 contienen ARN con instrucciones para fabricar la proteína S del SARS-CoV-2. Con ella en sus membranas, las células se *disfrazan* de coronavirus y desencadenan la respuesta defensiva que serviría ante la infección real. Estas vacunas son la primera aplicación de una tecnología nueva, pero cuyo desarrollo ha requerido décadas de trabajo y perseverancia.

Katalin Karikó empezó a trabajar con ARN sintético a finales de los setenta en el Centro de Investigaciones Biológicas de Szeged, en Hungría, su país natal. En 1985 emigró con su familia a Estados Unidos. Ya en Pensilvania, siguió trabajando en la tecnología del ARNm, pero era una línea de investigación por la que pocos apostaban: «durante cuarenta años no solo no recibí ningún premio, tampoco ningún apoyo económico para mi investigación», recuerda.

La colaboración con Drew Weissman—inienciada a raíz de conversaciones informales delante de la fotocopadora de su centro— marcó el punto de inflexión. En 2005 ambos lograron su primer gran avance. «Partimos de la hipótesis de que el ARN sería un sistema mejor para transferir proteínas al organismo, porque hace que las fabrique el propio cuerpo. Pero nos encontramos con que el ARN es enormemente inflamatorio, y el animal al que lo inyectábamos enfermaba. Katalin y yo estuvimos muchos años intentando averiguar la causa de este problema, y así conseguimos nuestro hallazgo principal: un método para evitar la reacción inflamatoria del ARN», explica Weissman.

molecule into cells without harm to the host. This was a quintessential advance.

DNA and RNA contain the information needed for any living being to manufacture proteins. The RNA copies the information from DNA and transports it to the protein-making machinery within the cell. But it is also possible to design RNA “to order” in the lab, so it contains the information needed to synthesize any protein. The cell that receives this RNA will follow its instructions and start producing the target proteins.

The mRNA vaccines against COVID-19 contain RNA with instructions to make the S protein of the SARS-CoV-2 coronavirus. With this protein displayed on their membrane, the cells are effectively “disguised” as the coronavirus, triggering a defensive response such as the body would mount against a genuine infection. These vaccines are the first application of a new technology, but their development has required decades of effort and perseverance.

Katalin Karikó began working with synthetic RNA in the late 1970s at the Center for Biological Research in her home town of Szeged, in Hungary. In 1985, she moved with her family to the United States. At the University of Pennsylvania, she continued to work on mRNA technology, a line of research which few saw as holding any promise: “For forty years not only did I receive no awards, I didn’t even have financial support for my research,” she recalls today.

The turning point came when she began collaborating with Drew Weissman, a decision they took after informal chats around the photocopier in their center. In 2005, the two achieved their first real breakthrough, as Weissman relates: “Our central hypothesis was that RNA would be a better delivery system for proteins, because it involves using the host as its own production plant. The problem we ran into was that the RNA was highly inflammatory, so if you injected it into an animal, it got sick. Katalin and I spent years trying to understand what was behind this obstacle. And that’s where we made our key finding, which is how to make the RNA non-inflammatory.”

El objetivo inicial, sin embargo, no era desarrollar una vacuna. Karikó, que investigaba en cardiología, quería «utilizar el ARNm para codificar una proteína terapéutica que se pudiera administrar a un paciente que sufre un ictus o un infarto de miocardio», ha explicado. Ese es, en efecto, el futuro. Ya hay en marcha ensayos para probar vacunas de ARNm contra el VIH, la malaria y otras enfermedades, incluido el cáncer.

A Robert Langer tampoco le era ajeno el escepticismo de sus colegas. Antes de que en 1974 lograra crear micro- y nanopartículas para encapsular grandes moléculas, recuerda el galardonado: «no se creía que esto fuera posible. Incluso después de publicado el resultado, muchos me dijeron que estaba mal; no se lo creían. Los primeros nueve proyectos de investigación que solicité fueron rechazados». Su tecnología, sin embargo, considera Langer que ha resultado «absolutamente decisiva» para las terapias de ARNm: «Si el ARN se inyectara directamente, simplemente se destruiría».

Langer, autor de más de un millar de patentes, es co-fundador de la compañía Moderna, creadora de una de las vacunas de ARNm. Al demostrar el concepto de la encapsulación en partículas para transferir macromoléculas al cuerpo, abrió un amplísimo abanico de posibilidades: «Hoy en día las partículas se utilizan para tratar distintos tipos de cáncer, enfermedades mentales como la esquizofrenia y la adicción a los opiáceos», entre otras muchas dolencias.

«Tanto Langer como Karikó y Weissman son un ejemplo de perseverancia», afirma Óscar Marín, director del Centro de Trastornos del Neurodesarrollo en el King's College de Londres (Reino Unido), y secretario del jurado. «Sufrieron múltiples rechazos por lo arriesgado de su investigación y la tendencia al cortoplacismo de la política científica; su triunfo habla de lo difícil que es vaticinar lo que funcionará en biología, y cuántos avances han podido quedar en el camino por no asumir riesgos».

At this stage, developing a vaccine was far from being in their sights. Karikó, then researching in cardiology, wanted “to make mRNA encoding for a therapeutic protein that could be given to a patient suffering a stroke or myocardial infarction.” And this is, indeed, where the future lies, with clinical trials under way to test mRNA vaccines for HIV, malaria and other diseases, including cancer.

Robert Langer, like his colleagues, has had to face down the skeptics. Until his success in creating micro- and nanoparticles able to encapsulate any large molecule, “people didn’t believe it was possible.” This was in 1974. “Even after the work was published, lots of people told me it was wrong,” he recalls. “In fact the first nine grants I applied for were rejected.” His technique would, however, in his words, prove “absolutely critical” for mRNA therapies, since “if you injected mRNA directly, it would just get destroyed.”

Listed as the inventor on over a thousand patents, Langer is also a co-founder of Moderna, the firm that created one of the mRNA vaccines. By proving the concept of particle encapsulation for delivering macromolecules into the body, he opened up a new world of possibilities. “Today these particles are in use for treating various cancers, mental health disorders such as schizophrenia, and opioid addiction,” among many more conditions.

“Langer, Karikó and Weissman are a symbol of perseverance,” affirms Óscar Marín, committee secretary and Director of the Centre for Neurodevelopmental Disorders at King’s College London (United Kingdom). “They suffered rejection after rejection due to the novelty of their research and the short-termism that often characterizes science policy. Their triumph now is testimony to how difficult it is to predict what will work in biology, and how many breakthroughs may have fallen by the wayside because we were afraid to take risks.”



Más información: [Katalin Karikó](#)

[Robert S. Langer](#)

[Drew Weissman](#)



More information:

[Katalin Karikó](#)

[Robert S. Langer](#)

[Drew Weissman](#)

**Angelika Schnieke****Óscar Marín****Dario Alessi****Lélia Delamarre****Robin Lovell-Badge****Ursula Ravens**

**Presidenta del jurado**  
Catedrática de Biotecnología Animal en el Departamento de Ciencias Animales de la Universidad Tecnológica de Múnich (Alemania). ha trabajado en la industria biotecnológica y en centros de investigación en Reino Unido, Estados Unidos, Suiza y Alemania. Su trabajo ha sido determinante para la clonación de la oveja Dolly y la producción del primer animal de granja mediante *gene targeting*. Su investigación abarca la producción de proteínas terapéuticas en animales grandes, células madre animales, xenotrasplante y animales genéticamente modificados para investigación.

**Secretario del jurado**  
Es catedrático de Neurociencias y director del Centro de Trastornos del Neurodesarrollo, un proyecto del Medical Research Council británico en el King's College de Londres, y del Centro de Neurobiología del Desarrollo, también en el King's College. Su investigación trata de comprender el desarrollo del córtex cerebral y las bases biológicas de trastornos del neurodesarrollo como el autismo o la esquizofrenia. Es miembro del Board of Reviewing Editors de la revista *Science* y de otros consejos editoriales, y premio Jaime I de Investigación Básica y premio Roger de Spoelberch, entre otras distinciones.

Es director de la Universidad de Fosforilación y Ubiquitinación de Proteínas, un proyecto del Consejo de Investigación Médica británico en la Facultad de Ciencias de la Vida de la Universidad de Dundee (Reino Unido). Su investigación ha mejorado la comprensión de vías de transducción de señales en patologías de alcance, como la PDK1 (diabetes y cáncer), la LKB1 (cáncer) y las vías WNK (hipertensión). Su trabajo actual se centra en la proteína cinasa LRRK2 y su papel en el parkinson. Es, entre otras distinciones, fellow de la Royal Society y Francis Crick Prize Lecture.

Es científica principal senior en el Departamento de Inmunología del Cáncer de Genentech, en California, donde explora nuevas maneras de ampliar la respuesta antitumoral de las células T a través de la sensibilización primaria. Su grupo ha contribuido a la identificación de mutaciones específicas del cáncer, también llamadas neoantígenos, que inducen en las células T respuestas protectoras frente a la actividad tumoral. Este descubrimiento proporciona la oportunidad de desarrollar nuevos abordajes, incluidas vacunas, para atacar de manera selectiva a estos antígenos.

Es director del Laboratorio de Biología de las Células Madre y Genética del Desarrollo del Instituto Francis Crick (Reino Unido). Estudia las vías genéticas que inducen las diferencias hombre-mujer, así como el desarrollo del sistema nervioso y la biología de las células madre en el embrión, el sistema nervioso central y la pituitaria. Autor de más de doscientos artículos, revisiones y comentarios, es, entre otras distinciones, premio de Medicina Louis Jeantet, comendador de la Orden del Imperio Británico y medalla de la Sociedad Genética, que recibió en 2022.

Es catedrática senior del Instituto de Medicina Cardiovascular Experimental de la Universidad de Friburgo y del Instituto de Fisiología de la Universidad Tecnológica de Dresden (Alemania). Es pionera en el estudio de la electrotrofisiología del corazón y la utilización de células madre para la regeneración del músculo cardíaco, el tratamiento farmacológico de la vejiga hiperactiva y el síndrome del tracto urinario inferior. Es miembro del consejo editorial de revistas como el *Journal of Cardiovascular Pharmacology* y fellow de la Asociación Americana del Corazón, entre otras distinciones.

**Committee chair**

Chair of Livestock Technology in the Department of Animal Sciences at the Technical University of Munich (TUM) (Germany), she has worked in the biotechnology industry and research centers in the United Kingdom, United States, Switzerland and Germany. Her work was instrumental in the cloning of Dolly the sheep and production of the first gene-targeted livestock animal. Her research topics include the production of pharmaceutical proteins in large animals, animal stem cells, xenotransplantation and genetically defined animal models for research.

**Committee secretary**

Professor of Neuroscience and Director of the Centre for Neurodevelopmental Disorders and Centre for Developmental Neurobiology at King's College London. His research aims at an understanding of the development of the cerebral cortex and the biological bases of neurodevelopmental disorders such as autism and schizophrenia. A member of various editorial boards, he currently sits on the Board of Reviewing Editors of *Science*. His distinctions include the Rey Jaime I Award in Basic Research and the Roger de Spoelberch Prize.

Director of the Protein Phosphorylation and Ubiquitylation Unit, a Medical Research Council center in the School of Life Sciences at Dundee University (United Kingdom). His research has contributed to the understanding of disease relevant signal transduction pathways including PDK1 (diabetes and cancer), LKB1 (cancer) and WNKs (blood pressure). His current work concerns the LRRK2 protein kinase and its role in Parkinson's disease. Among his multiple distinctions, he is a Fellow of the Royal Society and winner of the Francis Crick Medal and Lecture.

Senior Principal Scientist in the Department of Cancer Immunology at biotech company Genentech in California, exploring novel approaches to expand anti-tumor T cell responses through priming. Her group has contributed to the identification of cancer-specific mutations, also called neoantigens, as the drivers of protective T cell responses against cancer. This discovery provides the opportunity to develop new approaches, including vaccines, to selectively target cancer neoantigens.

Head of the Laboratory of Stem Cell Biology and Developmental Genetics at the Francis Crick Institute (United Kingdom), his research focuses on the genetic pathways leading to male-female differences, the development of the nervous system, and the biology of stem cells within the early embryo, the central nervous system and the pituitary. Author of over 200 papers, reviews and commentaries, his distinctions include the Louis Jeantet Prize for Medicine, the title of Commander of the Order of the British Empire, and the 2022 Genetics Society Medal.

Senior Professor in the Institute of Experimental Cardiovascular Medicine at the University of Freiburg, and in the Institute of Physiology of the Technical University of Dresden (TUD) (Germany). Alongside her pioneering work in cardiac electrophysiology, she has researched into the use of stem cells to regenerate cardiac muscle and the pharmacological treatment of hyperactive bladder and lower urinary tract syndrome. She sits on the editorial boards of publications like the *Journal of Cardiovascular Pharmacology* and is a Fellow of the American Heart Association, among other distinctions.



**Ali Shilatifard**



**Bruce Whitelaw**

Es titular de la Cátedra Robert Francis Furchgott de Bioquímica y Pediatría, director del Departamento de Bioquímica y Genética Molecular, y director del Centro de Epigenética Simpson Querrey de la Facultad de Medicina Feinberg, en la Universidad Northwestern (Estados Unidos). Investiga en la biología de transcripción y la cromatina, así como en leucemia, siendo pionero en el campo epigenético. Entre sus numerosos reconocimientos, figuran el Premio al Investigador Destacado del National Cancer Institute, y el Martin E. y Gertrude G. Walder para la investigación de excelencia.

Es titular de la cátedra Genus de Biotecnología Animal en la Royal (Dick) School of Veterinary Studies (RDSVS), en la Universidad de Edimburgo (Reino Unido), y director interino del Instituto Roslin. Pionero en el uso de virus en técnicas transgénicas, investiga una metodología robusta de manipulación del genoma (*genome editing*) en biotecnología ganadera con el fin de obtener tratamientos de enfermedades infecciosas en animales y ensayar nuevas terapias para enfermedades humanas. Ha sido editor jefe de *Transgenic Research* y ha trabajado con la Organización Mundial de Sanidad Animal.

Robert Francis Furchgott Professor of Biochemistry and Pediatrics, Chairman of the Department of Biochemistry and Molecular Genetics, and Director of the Simpson Querrey Center for Epigenetics at Northwestern University Feinberg School of Medicine (United States). He is a leader in the field of chromatin and transcription biology and leukemia research, and author of pioneering work in epigenetics. His distinctions include the National Cancer Institute Outstanding Investigator Award, and the Gertrude G. Walder Award for Research Excellence.

Genus Personal Chair of Animal Biotechnology at the Royal (Dick) School of Veterinary Studies of the University of Edinburgh (United Kingdom), and Interim Director of the same university's Roslin Institute. A pioneer in the use of lentivirus vectors for transgene delivery, he is now working on a robust methodology for genome editing in livestock, in order to combat infectious disease in animals and evaluate new treatments for human disease through transgenic animal models. He is a former editor-in-chief of *Transgenic Research*, and has worked with the World Organization for Animal Health.

## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Biología y Biomedicina**

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Biology and Biomedicine**

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Biología y Biomedicina ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Katalin Karikó, Robert S. Langer y Drew Weissman** por sus contribuciones a las terapias con ARN mensajero (ARNm) y tecnologías de transferencia que permiten a nuestras propias células producir proteínas para el tratamiento y la prevención de enfermedades.

Los doctores Karikó y Weissman desarrollaron métodos para impedir que el sistema inmune reconozca y destruya el ARNm. El trabajo del Dr. Langer proporcionó herramientas y reactivos que permiten el empaquetamiento de tratamientos macromoleculares, incluyendo ARNm, y su transferencia al interior de las células, permitiendo que la maquinaria de traducción celular pueda sintetizar la proteína/antígeno.

Colectivamente, este hallazgo rompedor ya ha permitido el rápido y oportuno desarrollo de las vacunas SARS-CoV-2 para lograr una protección eficaz frente a la covid-19 severa. Esta tecnología está lista para expandir su uso a otras áreas terapéuticas como la autoinmunidad, el cáncer, los trastornos neurodegenerativos, la deficiencia de enzimas y otras infecciones virales.

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Biology and Biomedicine category goes, in this fourteenth edition, to **Katalin Karikó, Robert S. Langer and Drew Weissman** for their contributions to messenger RNA (mRNA) therapeutics and delivery technology that enable our own cells to produce proteins for disease protection and treatment.

Drs. Karikó and Weissman developed mRNA modification methods to prevent the immune system from recognizing and destroying the mRNA. Dr. Langer's work provided tools and reagents that allow packaging of macromolecule therapeutics including mRNA and delivering it into cells, enabling the cellular translation machinery to synthesize the protein/antigen.

Collectively, this breakthrough discovery has already allowed for the timely and prompt development of SARS-CoV-2 vaccines to effectively provide protection against severe COVID-19. This technology is set to expand to other therapeutic areas such as autoimmunity, cancer, neurodegenerative disorders, enzyme deficiency, and other viral infections.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Biología y Biomedicina**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Biology and Biomedicine**

---

#### **José Félix de Celis Ibeas**

Profesor de investigación en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CSIC-UAM)  
Research Professor at the Molecular Biology Center "Severo Ochoa" (CSIC-UAM)

---

#### **Dolores González Pacanowska**

Coordinadora del Área Global Vida y profesora de investigación en el Instituto de Parasitología y Biomedicina López-Neyra (CSIC)  
Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Institute of Parasitology and Biomedicine "López-Neyra" (CSIC)

---

#### **José Luis Martínez Menéndez**

Profesor de investigación en el Centro Nacional de Biotecnología (CSIC)  
Research Professor at the National Center for Biotechnology (CSIC)

---

#### **M. Isabel Medina Méndez**

Coordinadora adjunta del Área Global Vida y profesora de investigación en el Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC)  
Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Institute of Marine Research (CSIC)

---

#### **Isabel Varela Nieto**

Profesora de investigación en el Instituto de Investigaciones Biomédicas Alberto Sols (CSIC-UAM)  
Research Professor at the Biomedical Research Institute "Alberto Sols" (CSIC-UAM)

---

Coordinadora / Coordinator

---

#### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Biología y Biomedicina

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Biology and Biomedicine

---

#### Katalin Karikó y Drew Weissman

Fueron nominados por:

- **Larry Jameson**, decano de la Escuela Perelman de Medicina y vicepresidente de la Universidad de Pensilvania (Estados Unidos)
- **Eric Topol**, vicepresidente ejecutivo del Scripps Research Institute (Estados Unidos)
- **Isabel Varela**, presidenta de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM)
- **Elias Zerhouni**, catedrático emérito en la Universidad Johns Hopkins (Estados Unidos)

---

#### Robert S. Langer

Fue nominado por:

- **María José Alonso**, catedrática de Farmacia y Tecnología Farmacéutica en la Universidade de Santiago de Compostela (España)
- **Antonio López Díaz**, rector de la Universidade de Santiago de Compostela (España)

---

#### Katalin Karikó and Drew Weissman

Were nominated by:

- **Larry Jameson**, Dean of the Perelman School of Medicine and Vice-President of the University of Pennsylvania (United States)
- **Eric Topol**, Executive Vice-President of the Scripps Research Institute (United States)
- **Isabel Varela**, President of the Spanish Society of Biochemistry and Molecular Biology (SEBBM)
- **Elias Zerhouni**, Professor Emeritus at Johns Hopkins University (United States)

---

#### Robert S. Langer

Was nominated by:

- **María José Alonso**, Professor of Pharmacy and Pharmaceutical Technology at the University of Santiago de Compostela (Spain)
- **Antonio López Díaz**, Chancellor of the University of Santiago de Compostela (Spain)

«Es la primera vez que podemos entender lo que significa entender; la primera vez que tenemos un modelo computacional de la comprensión profunda».

“For the first time we can understand what ‘understanding’ means; for the first time we have a computational model of deep understanding.”

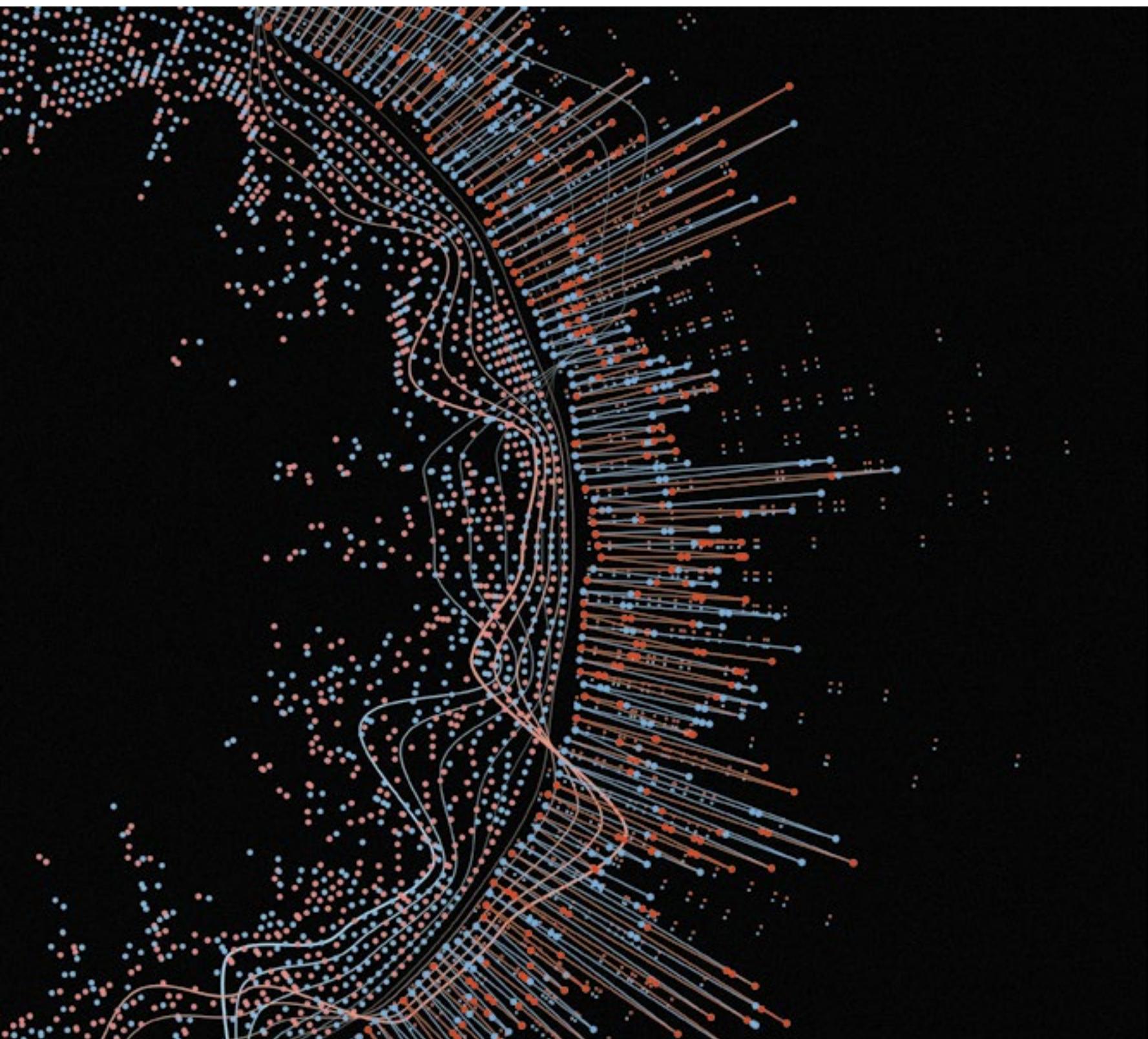
Judea Pearl

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Tecnologías de la Información  
y la Comunicación**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Information and  
Communication Technologies**





# Judea Pearl

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## Tecnologías de la Información y la Comunicación

### Máquinas capaces de entender el porqué de las cosas

Una máquina puede aprender rápidamente a asociar el canto del gallo con la salida del sol. Pero ¿sabrá darse cuenta de que no es el *quiquiríqui* lo que desencadena el amanecer? Hay procesos de pensamiento, como la inferencia de relaciones causa-efecto o la gestión de información incierta, que la inteligencia artificial aspira a dominar por complejos que sean incluso para los humanos; el trabajo de Judea Pearl muestra que podrá lograrlo.

Judea Pearl, catedrático de la Ciencias de la Computación y director del Laboratorio de Sistemas Cognitivos de la Universidad de California en Los Ángeles, ha descubierto cómo expresar en lenguaje matemático mecanismos cognitivos típicos de la mente humana, tales como el cálculo de probabilidades y la búsqueda de causalidad. Ha hecho posible, así, que estos procesos esenciales en la toma de decisiones puedan ser integrados en los programas informáticos. En los términos del acta del Premio Fronteras del Conocimiento en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Pearl ha aportado «una base moderna a la inteligencia artificial» al crear un «marco para el pensamiento de los ordenadores».

En los años ochenta, Pearl desarrolló el lenguaje matemático necesario para integrar la inteligencia artificial clásica con la teoría de la probabilidad. Como él mismo explica, «la incertidumbre es la materia prima de la toma de decisiones cotidianas: al cruzar la calle, tomar una aspirina o hablar con amigos. Nos cuesta bastante hacer que un ordenador gestione el aluvión de ruido e información incierta que tiene sobre el mundo. Mi trabajo ha desarrollado un cálculo para el razonamiento probabilístico que le permite manejar toda esta información ruidosa, integrarla y asignar probabilidades a tal o cual conclusión».

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## Information and Communication Technologies

### Machines that can reason why

A machine can quickly learn to associate the rooster's crow with the first light of day. But could it come to understand that it's not the cock-a-doodle-doo that causes the sun to rise? Artificial intelligence has set its sights on mastering certain thought processes, like inferring cause-effect relationships or dealing with uncertainty, however complex they might be, even for humans. And Judea Pearl's work shows that it can be done.

Judea Pearl, a Professor of Computer Science and Director of the Cognitive Systems Laboratory at the University of California, Los Angeles, has discovered how to express in mathematical language cognitive mechanisms typical of the human mind, like calculating probabilities or searching for causality, enabling these vital decision-making processes to be encoded into computer programs. The committee's citation in the Information and Communication Technologies category of the Frontiers of Knowledge Awards credits him with bringing "a modern foundation to artificial intelligence" by creating "a framework for computer-based thought."

In the 1980s Pearl devised the mathematical language needed to wed classical AI with probability theory. As he himself explains, "uncertainty is the commodity that prevails in everyday decision-making, even when crossing the street, taking an aspirin or speaking to a friend. And we have a hard time enabling a computer to deal with the barrage of noise and uncertain information that one has about the world. So my work has developed a calculus for probabilistic reasoning that allows it to handle all the kinds of noise information it gets, put them together, and come out with a probability about the conclusions."

Judea Pearl ha descubierto cómo expresar en lenguaje matemático mecanismos cognitivos típicos de la mente humana, como la inferencia de relaciones causa-efecto y la gestión de información incierta.

Judea Pearl has discovered how to express in mathematical language cognitive mechanisms typical of the human mind, like inferring cause-effect relationships or dealing with uncertainty.

Su libro *Probabilistic reasoning in intelligent systems*, publicado en 1988, sigue siendo la referencia en el área. En esta obra Pearl presentó sus modelos gráficos, las llamadas *redes bayesianas*, desde entonces convertidas en un elemento básico del aprendizaje automático y la estadística moderna. «Una red bayesiana es una representación de sucesos y la probabilidad de que ocurran —explica el acta del jurado—. Estos grafos hicieron posible articular visualmente y con sencillez redes de sucesos muy complejas y sus relaciones probabilísticas, lo que permitió a los ordenadores resolver situaciones hipotéticas del mundo real, descubrir dependencias latentes y predecir resultados mediante la propagación de probabilidades. Las redes bayesianas son ahora herramientas intuitivas, precisas y muy utilizadas para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre».

El cálculo causal, que proporciona un marco formal para inferir relaciones causa-efecto, fue introducido por Judea Pearl en su libro *Causality*, publicado en 2002. Como señala el propio premiado, «las relaciones causales han sido un obstáculo muy difícil de manejar tanto para las personas como para las máquinas; no tenemos el lenguaje para captar la idea de que el canto del gallo no causa la salida del sol, aunque se produzca siempre antes y permita predecirla». Hay huellas de esta dificultad en términos basados en deducciones erróneas, como *malaria*, «que viene de *mal air*, 'aire malo', cuando una generación de personas creía que oler el aire de los pantanos causaba una enfermedad —prosigue Pearl—. Son errores debidos a nuestra incapacidad para procesar adecuadamente las pistas que extraemos del entorno».

Conseguir que las máquinas detecten relaciones de causalidad abre la puerta a múltiples aplicaciones. «Ahora tenemos un lenguaje que permite emplear nuestros conocimientos sobre el mundo para inferir de forma coherente —asegura Pearl—. Las aplicaciones van desde la medicina personalizada hasta el manejo de una pandemia como la de la covid-19, integrando información de numerosos países y llegando a conclusiones coherentes a partir de la evidencia disponible».

Entre las contribuciones de mayor impacto de Pearl, están además las relativas al pensamiento contrafactual,

His book *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*, published in 1988 and still a landmark in its field, presented the graphical models or "Bayesian networks" that have since become a mainstay of machine learning and modern statistics. "A Bayesian network," as the committee describes it, "is a representation of events and their likelihood of occurrence. Such graphs enable simple and graphical articulations of highly complex event networks and their probabilistic relationships, which enabled computers to solve real-world scenarios, discover latent dependencies, and predict outcomes through the propagation of probabilities. Bayesian networks have become intuitive, precise, and widely-used tools for decision-making under uncertainty."

In a later book, *Causality*, published in 2002, Judea Pearl introduced the world to causal calculus, which provides a formal framework for inferring causal relationships from data. These cause-effect relationships, the laureate explains, "have been a tough obstacle for both man and machine to handle, because we do not have the language to capture the idea that the rooster's crow does not cause the sun to rise, even though it comes before the sunrise and constantly predicts it." We find traces of this difficulty in terms based on incorrect deductions. The word "malaria," for example, "comes from 'mal air' or bad air, when a generation of people believed that smelling the air from swamps was causing a disease." This kind of mistake, he expands, "stems from our inability to properly process all the fact clues we receive from the environment."

Getting machines to successfully detect causal relationships can unlock multiple applications. "Now we have a language to do that, so we can insert the knowledge that we have about the world and infer coherently like we do in algebra," Pearl elaborates. "And the applications go from personalized medicine to managing an epidemic like COVID-19, where we have to put together a variety of information sources from various countries, and come out with a coherent conclusion based on the evidence available."

Some of Judea Pearl's most impactful contributions have to do with counterfactual thinking of the kind we engage in when we ask ourselves "what if?" For this too

el que se pone en marcha ante la pregunta *¿Y qué pasaría si...?* También forma parte de los procesos cognitivos que acaban generando lo que se ha dado en llamar *sentido común*.

Los logros de Pearl abren la puerta hacia una inteligencia artificial menos opaca, que permita entender las razones por las que los programas llegan a determinadas conclusiones. Como explica Pedro Larrañaga, catedrático de Inteligencia Artificial en la Universidad Politécnica de Madrid, «gran parte de los éxitos recientes de la inteligencia artificial se basan en redes neuronales que emplean algoritmos de aprendizaje profundo; pero estos programas son como cajas negras, no es posible interpretar cómo han resuelto el problema. Frente a ello, está la línea que considera que la interpretabilidad debe estar en la base de la inteligencia artificial, y ahí nos situamos quienes trabajamos con las redes bayesianas de Pearl».

El premiado resume en una frase la que considera su aportación fundamental a la inteligencia artificial moderna: «Es la primera vez que podemos entender lo que significa *entender*, la primera vez que tenemos un modelo computacional de la comprensión profunda». Y comprender, para Pearl, significa «ser capaz de responder preguntas en tres niveles importantes: la predicción [qué ocurrirá en tal o cual circunstancia]; el efecto de las acciones; y su explicación, por qué las cosas ocurrieron como lo hicieron y qué habría pasado si hubieran ocurrido de otra manera. Estos tres niveles de sofisticación son los que el lenguaje computacional capta ahora. Eso es lo que entendemos por comprensión».

forms part of the cognitive processes involved in the capacity we call common sense.

Pearl's insights facilitate a less opaque AI that reveals by what reasoning intelligent systems have arrived at a given conclusion. According to Pedro Larrañaga, Professor of Artificial Intelligence at the Universidad Politécnica de Madrid (UPM), "many of the recent breakthroughs in AI have been based on neural networks that employ deep-learning algorithms. But these programs are like black boxes, where it's not possible to trace how they came to solve the problem. Lined up on the other side are those of us who work habitually with Pearl's Bayesian networks, in the belief that interpretability has to be a cornerstone of AI."

The laureate sums up what he sees as his essential contribution to modern artificial intelligence: "For the first time we can understand what 'understanding' means; for the first time we have a computational model of deep understanding." Pearl defines such understanding as "being able to answer questions of three important levels: prediction [what will happen in such and such a circumstance]; the effect of actions; and explanation, why things happened the way they did and what would have happened had they gone differently. These three levels of sophistication are what computer language now captures, and that is what we mean by understanding."



Más información:



More information:





## Joos Vandewalle

**Presidente del jurado**  
Es presidente de honor de la Real Academia Flamenca de Ciencias y Artes de Bélgica y catedrático emérito del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Lovaina, donde ha dirigido una división de investigación en señales, identificación, teoría de sistemas y automatización, seguridad informática y criptografía industrial. Trabaja en la teoría de sistemas matemáticos y sus aplicaciones, teoría de circuitos, control, procesamiento de señales y redes neuronales, aspectos éticos y formación en ingeniería, y ciencia abierta. Es fellow del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE).

## Committee chair

Honorary President of the Royal Flemish Academy of Belgium for Science and the Arts, and Emeritus Professor in the Department of Electrical Engineering (ESAT) at KU Leuven (Belgium), where he headed a division working on signals, identification, system theory and automation, computer security and industrial cryptography. His research interests lie in mathematical system theory and its applications in circuit theory, control, signal processing and neural networks, as well as ethical aspects of engineering, engineering education and open science. He is a Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

## Ron Ho

**Secretario del jurado**  
Es director de Ingeniería de Silicio en Meta, puesto al que llegó tras haber sido director senior de Ingeniería en Intel. Previamente había trabajado como *distinguished engineer* en Sun Microsystems, y en 2010 se convirtió en el primer arquitecto de *hardware* de Oracle. En ambas compañías se dedicó a sistemas de comunicación capacitivos ópticos acoplados, memorias de capas tridimensionales y análisis de *big data*. Hoy investiga, además, en realidad virtual y aumentada y en electrónica analógica. Es titular de sesenta patentes y autor de más de cien artículos sobre circuitos y sistemas.

**Committee secretary**  
Director of Silicon Engineering at Meta, which he joined from the post of Senior Director of Engineering at Intel Corporation. Formerly a Distinguished Engineer with Sun Microsystems, in 2010 he moved to Oracle as its first Hardware Architect. At both firms he worked on capacitive and optically coupled communication systems, 3D-stacked memories, and Big Data analytics. His current interests also extend to augmented and virtual reality, and analog circuits. He holds more than 60 patents and has authored over 100 published papers on circuits and systems.

## Regina Barzilay

Es *Distinguished Professor* de Inteligencia Artificial y Salud en la Escuela de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos), *faculty lead* de Inteligencia Artificial en la Clínica Jameel y miembro del Laboratorio de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de esta universidad. Investiga en aprendizaje máquina para el modelado molecular con aplicaciones en nuevos medicamentos e inteligencia artificial clínica. Es beca MacArthur y fellow de la Asociación de Lingüística Computacional y de la Asociación para el Avance de la Inteligencia Artificial.

School of Engineering Distinguished Professor for AI and Health at Massachusetts Institute of Technology (United States), an AI Faculty Lead at the Jameel Clinic, and a member of the Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, likewise at MIT. Her research focuses on machine learning models for molecular modeling, with applications in drug discovery and clinical AI. The recipient of a MacArthur Fellowship, she is also a Fellow of the Association for Computational Linguistics and the Association for the Advancement of Artificial Intelligence.

## Georg Gottlob

Es catedrático de Informática en la Universidad de Oxford (Reino Unido) y en la Universidad Tecnológica de Viena (Austria). Investiga en áreas como bases de datos, representación del conocimiento, inteligencia artificial, lógica computacional, algoritmos y cuestiones de complejidad o procesamiento de datos web. Autor de más de doscientos cincuenta artículos, ha sido editor y miembro del consejo editorial de varias revistas académicas. Es fellow de la Royal Society y miembro de la Academia Austriaca de Ciencias, de la Academia Alemana de Ciencias (Leopoldina) y de la Academia Europaea.

Professor of Informatics at the University of Oxford (United Kingdom) and Vienna University of Technology (Austria). His research interests include databases, knowledge representation, artificial intelligence, computational logic, algorithms and complexity, and web data processing. Author of over 250 scientific papers, he has served as editor and on the editorial boards of various scholarly publications. He is a Fellow of the Royal Society and a member of the Austrian Academy of Sciences, the German Academy of Sciences (Leopoldina) and Academia Europaea.

## Oussama Khatib

Es catedrático de Ciencias de la Computación y director del Laboratorio de Robótica de la Universidad de Stanford (Estados Unidos). Trabaja en robótica centrada en el ser humano: arquitecturas de control humanoide, síntesis del movimiento humano, simulación dinámica interactiva, y diseño humanizado de robots. Preside la Fundación Internacional de Investigación Robótica (IFRR) y es fellow del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), que le ha distinguido con sus premios George Saridis Leadership, Distinguished Service y Robotics and Automation Pioneer.

Professor of Computer Science and Director of the Robotics Laboratory at Stanford University (United States). His research work encompasses statistics, artificial intelligence, expert systems, artificial neural systems and data science, and has led to a number of successful industrial applications. He is a Fellow of the European Association for Artificial Intelligence (EurAI), the International Fuzzy Systems Association and the Institute of Electrical and Electronics Engineers, which has distinguished him with its George Saridis Leadership, Distinguished Service and Robotics and Automation Pioneer awards.

## Rudolf Kruse

Es catedrático emérito de la Facultad de Ciencias de la Computación en la Universidad de Magdeburgo (Alemania). Su investigación comprende la estadística, inteligencia artificial, sistemas expertos, sistemas neuronales artificiales, sistemas difusos y ciencia de datos, que se ha traducido en diversas aplicaciones industriales. Es fellow de la Asociación Internacional de Sistemas Difusos, del Comité Europeo de Coordinación para la Inteligencia Artificial, y del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE).

Emeritus Professor in the Faculty of Computer Science at the University of Magdeburg (Germany). His research work encompasses statistics, artificial intelligence, expert systems, artificial neural systems and data science, and has led to a number of successful industrial applications. He is a Fellow of the European Association for Artificial Intelligence (EurAI), the International Fuzzy Systems Association and the Institute of Electrical and Electronics Engineers.



## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Tecnologías de la Información y la Comunicación

#### Mario Piattini

Es catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Castilla-La Mancha y director del Grupo de Investigación Alarcos, especializado en calidad de los sistemas de información. Sus áreas de trabajo incluyen la ingeniería de software, computación cuántica, gobernanza y auditoría en tecnologías de la información, e ingeniería de datos. Figura entre los 15 *Top scholars in the field of systems and software engineering* (2004-2008) y entre los 15 *Most active experienced software engineering researchers* (2010-2017), además de ser premio Aritmel de la Sociedad Científica Informática de España (SCIE).

Professor of Computer Languages and Systems at the University of Castilla-La Mancha (Spain), where he leads the Alarcos Research Group focusing on the quality of information systems. His areas of interest include software engineering, quantum computing, IT governance and audit and data engineering. Listed among the 15 Top Scholars in the Field of Systems and Software Engineering (2004-2008) and the 15 Most Active Experienced Software Engineering Researchers (2010-2017), he also holds the Aritmel Prize of the Sociedad Científica Informática de España (SCIE).

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Judea Pearl** por sentar una base matemática, primero para los conceptos de razonamiento probabilístico, y después para inferir relaciones causales por medio de datos observados y ordenados, construyendo así un marco no solo para el pensamiento realizado por ordenadores, sino también para campos enteros de estudio científico que abarcan la informática, las matemáticas y la estadística, la epidemiología y la salud, y las ciencias sociales.

Las personas constantemente tomamos decisiones en medio de la incertidumbre, considerando las probabilidades de sus resultados y aplicando conceptos de causa y efecto. Antes del trabajo de Judea Pearl, estos enfoques intuitivos eran muy difíciles de codificar en sistemas informáticos digitales, por lo que la capacidad de los algoritmos informáticos para examinar detalladamente grandes cantidades de datos del mundo real, o para discernir si dos observaciones tienen relación de causalidad o son simplemente coincidentes, era limitada.

En su trabajo sobre razonamiento probabilístico, Pearl introdujo el concepto de *red bayesiana*, una representación de sucesos y sus probabilidades de ocurrir. Estos grafos permitieron articular visualmente y con sencillez redes de sucesos muy complejas y sus relaciones probabilísticas, lo que permitió a los ordenadores resolver situaciones hipotéticas del mundo real, descubrir dependencias latentes y predecir resultados mediante la propagación de probabilidades.

El cálculo causal, introducido por Pearl en su libro *Causality*, proporciona un marco formal para razonar sobre los supuestos en los que se pueden inferir relaciones causales a partir de datos. En la práctica, esto nos permite entender cómo se predice el efecto de las intervenciones en los resultados. Al caracterizar con precisión las variables de confusión y proponer métodos para derivarlas de los datos, Pearl desarrolló un lenguaje matemático para distinguir entre relaciones causales y correlaciones espurias.

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Information and Communication Technologies

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Information and Communication Technologies category goes, in this fourteenth edition, to **Judea Pearl** for laying a mathematical foundation first for concepts of probabilistic reasoning, and later for how to infer causal relationships through observed and ordered data. His work constructed a framework not only for computer-based thought, but indeed for entire fields of scientific study spanning computer science, mathematics and statistics, epidemiology and health, and the social sciences.

People constantly make decisions amidst uncertainty, by considering outcome likelihoods and by applying concepts of cause-and-effect. Prior to the work of Judea Pearl, such intuitive approaches were very difficult to encode into digital computer systems, limiting how well computer algorithms could sift through large amounts of real-world data, or discern whether two observations were consequential or simply coincident.

Pearl's work in probabilistic reasoning introduced the concept of a "Bayesian network," a representation of events and their likelihood of occurrence. Such graphs enabled simple and graphical articulations of highly complex event networks and their probabilistic relationships, which enabled computers to solve real-world scenarios, discover latent dependencies, and predict outcomes through the propagation of probabilities.

Causal calculus, introduced by Pearl in his book *Causality*, provided a formal framework for reasoning about the assumptions under which causal relationships can be inferred from data. Practically speaking, this enables us to understand how to predict the effect of interventions on outcomes. By precisely characterizing confounding variables, and proposing methods for their derivation from data, Pearl developed a mathematical language for distinguishing between causal relations and spurious correlations.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Tecnologías de la Información y la Comunicación**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Information and Communication Technologies**

---

#### **Alfonso Cebollada Navarro**

Profesor de investigación en el Instituto de Micro y Nanotecnología (CSIC)  
Research Professor at the Institute of Micro- and Nanotechnology (CSIC)

---

#### **Gabriela Cembrano Gennari**

Científica titular en el Instituto de Robótica e Informática Industrial (CSIC-UPC)  
Tenured Researcher at the Institute of Robotics and Industrial Informatics (CSIC-UPC)

---

#### **Felip Manya Serres**

Científico titular en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (CSIC)  
Tenured Researcher at the Artificial Intelligence Research Institute (CSIC)

---

#### **Marisol Martín González**

Coordinadora del Área Global Materia y profesora de investigación en el Instituto de Micro y Nanotecnología (CSIC)  
Coordinator of the Materia Global Area and Research Professor at the Institute of Micro- and Nanotechnology (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

---

#### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Tecnologías de la Información y la Comunicación

#### Judea Pearl

Ha sido nominado por:

- **Vinton G. Cerf**, vicepresidente y *Chief Internet Evangelist* en Google (Estados Unidos)
- **Pedro Domingos**, catedrático en la Facultad Paul G. Allen de Ciencias de la Computación e Ingeniería de la Universidad de Washington (Estados Unidos)
- **Eli Gafni**, catedrático y director del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos)
- **Joseph Y. Halpern**, titular de la Cátedra Joseph C. Ford en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad Cornell (Estados Unidos)
- **Daniel Kahneman**, titular emérito de la Cátedra Eugene Higgins de Psicología en la Universidad de Princeton (Estados Unidos) y premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2002
- **Daphne Koller**, fundadora y directora ejecutiva de Insitro (Estados Unidos)
- **Ramón López de Mántaras**, profesor de investigación en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial, CSIC (España)
- **Stuart Russell**, catedrático de Ciencias de la Computación en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)
- **Bernhard Schölkopf**, director del Instituto Max Planck para Sistemas Inteligentes (Alemania) y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Tecnologías de la Información y la Comunicación 2019
- **Steven Sloman**, catedrático de Ciencias de la Cognición, Lingüística y Psicología en la Universidad de Brown (Estados Unidos)
- **Wolfgang Spohn**, catedrático en el Departamento de Filosofía de la Universidad de Constanza (Alemania)

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Information and Communication Technologies

#### Judea Pearl

Was nominated by:

- **Vinton G. Cerf**, Vice-President and Chief Internet Evangelist for Google (United States)
- **Pedro Domingos**, Professor in the Paul G. Allen School of Computer Science & Engineering at the University of Washington (United States)
- **Eli Gafni**, Professor and Chair of the Department of Computer Science at the University of California, Los Angeles (United States)
- **Joseph Y. Halpern**, Joseph C. Ford Professor in the Department of Computer Science at Cornell University (United States)
- **Daniel Kahneman**, Eugene Higgins Professor of Psychology Emeritus at Princeton University (United States) and 2002 Nobel Memorial Prize in Economic Sciences
- **Daphne Koller**, Founder and CEO of Insitro (United States)
- **Ramón López de Mántaras**, Research Professor at the Artificial Intelligence Research Institute (IIIA), CSIC (Spain)
- **Stuart Russell**, Professor of Computer Science at the University of California, Berkeley (United States)
- **Bernhard Schölkopf**, Director of the Max Planck Institute for Intelligent Systems (Germany) and 2019 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in Information and Communication Technologies
- **Steven Sloman**, Professor of Cognitive, Linguistic & Psychological Sciences at Brown University (United States)
- **Wolfgang Spohn**, Professor in the Department of Philosophy at the University of Konstanz (Germany)

44

«Sabemos cómo reducir nuestros impactos, es cuestión de tomar conciencia del valor de la naturaleza y de las otras especies».

“We know that reducing our impact is a matter of being aware of the value of nature and of other species.”

Lenore Fahrig

«Para poder afrontar con éxito la pérdida de biodiversidad, primero debemos comprender los mecanismos que la mantienen».

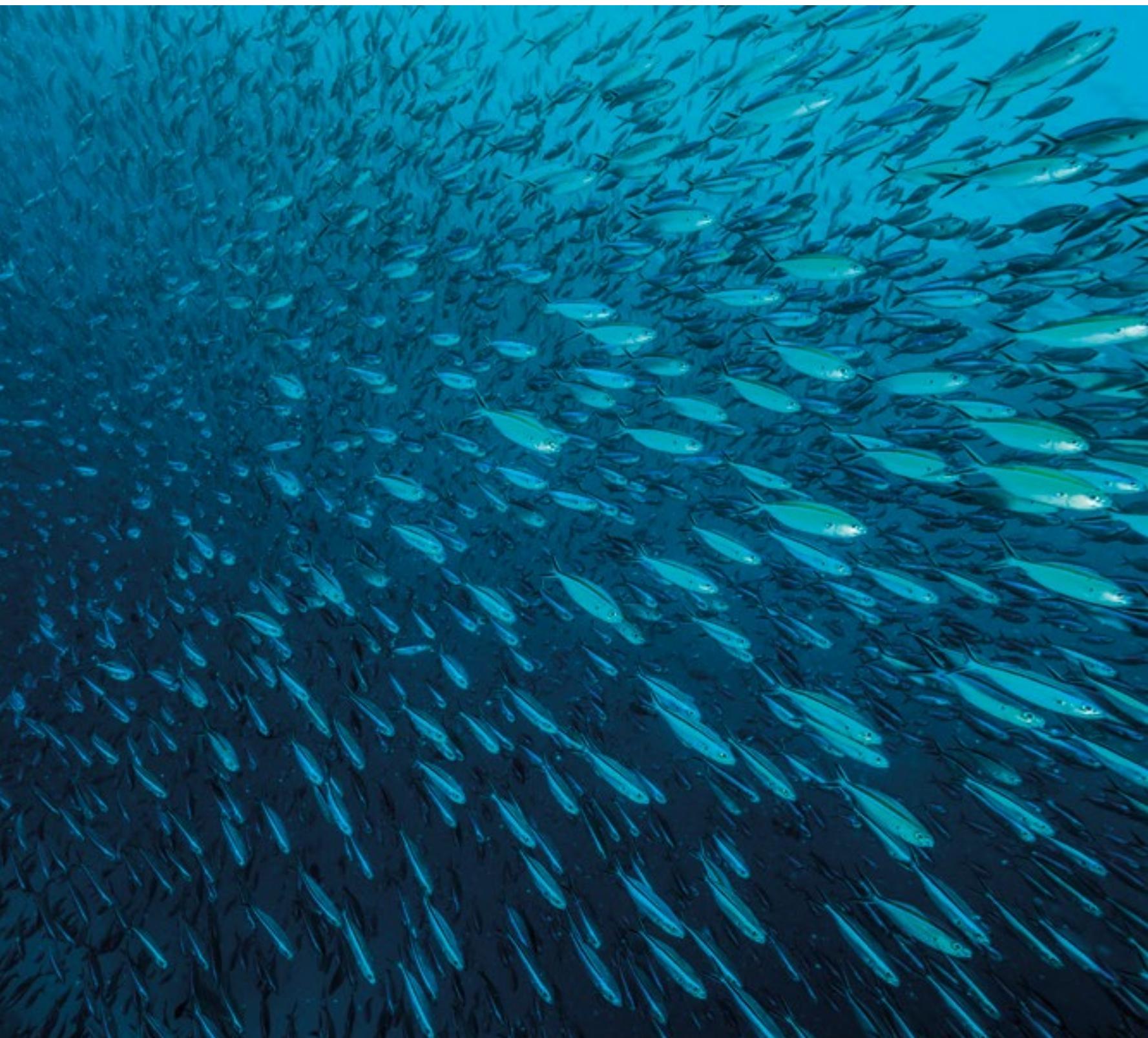
“To successfully address the loss of biodiversity, we first have to understand the mechanisms that maintain it.”

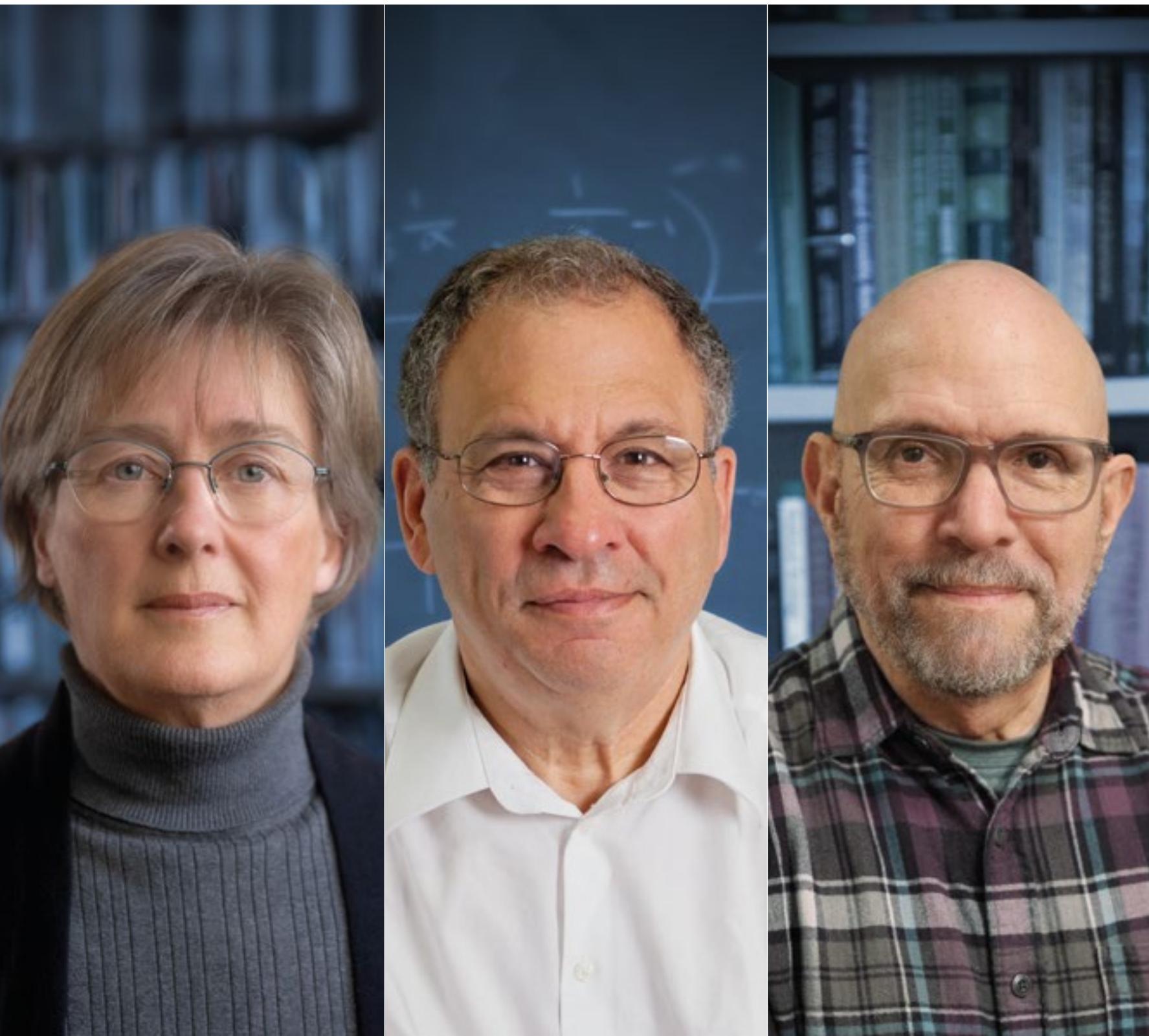
Simon Asher Levin

«Ahora las ciudades están diseñadas para los coches; tenemos que darle la vuelta a esto y convertirlas en lugares donde la biodiversidad pueda prosperar».

“Cities are currently designed for cars; we need to flip that and turn them into places where biodiversity can prosper.”

Steward T. A. Pickett





# Lenore Fahrig Simon Asher Levin Steward T. A. Pickett

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento  
**Ecología y Biología de la Conservación**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award  
**Ecology and Conservation Biology**

47

## La importancia del espacio en la ecología

«Comprender cómo afecta el espacio físico a la dinámica de los ecosistemas y a la vida de los organismos es fundamental en ecología. Los espacios y su gestión influyen, por ejemplo, en las migraciones, en la capacidad de adaptación de las especies o en el impacto de la huella humana en el ecosistema». Así explica Pedro Jordano, profesor de investigación en la Estación Biológica de Doñana y secretario del jurado del XIV Premio Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación, la trascendencia de las contribuciones aportadas por los tres galardonados en esta categoría.

Lenore Fahrig, Simon Levin y Steward Pickett son los pioneros de la llamada ecología espacial y sus aplicaciones en múltiples ámbitos, como «el diseño de áreas de reservas naturales, planes de gestión de la vida silvestre y redes de carreteras y ciudades sostenibles», según resalta el acta del jurado.

Simon Asher Levin, catedrático de Ecología y Biología Evolutiva en la Universidad de Princeton (Estados Unidos), ha impulsado el desarrollo matemático de este campo, introduciéndolo así en modelos que permiten el análisis de ecosistemas complejos; Lenore Fahrig, catedrática de Biología en la Universidad de Carleton (Canadá), estudia los impactos de la fragmentación del hábitat y la pérdida de conectividad sobre la biodiversidad; y Steward T. A. Pickett, investigador en el Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas (Estados Unidos), es uno de los padres de la ecología urbana, que explora cómo emplear los espacios de las ciudades para conservar la biodiversidad.

Dentro de la evolución del campo, Levin marcó un hito al presentar su visión de la ecología espacial en su artículo «The problem of pattern and scale in ecology»,

## The ecological importance of space

“Understanding how physical space affects ecosystem dynamics and the life of organisms is vital in ecology. Landscapes and their management are important for migrations, for instance, and affect both species’ adaptive capacity and the size of the human footprint on ecosystems.” With these words, Pedro Jordano, a research professor at Doñana Biological Station (Spain) and secretary of the committee deciding the 14th Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology, describes the significance of the contributions made by the three laureates in this category.

Lenore Fahrig, Simon Levin and Steward Pickett are the pioneers of spatial ecology, now extending its influence into multiple realms, like “the design of reserve areas, wildlife management plans, and sustainable road networks and cities,” said the committee in its citation.

Simon Asher Levin, Professor of Ecology and Evolutionary Biology at Princeton University (United States), has led the field’s mathematical development, building it into models for the analysis of complex ecosystems; Lenore Fahrig, Professor of Biology at Carleton University (Canada), studies the impacts on biodiversity of habitat fragmentation and loss of connectivity; and Steward T. A. Pickett, a researcher at the Cary Institute of Ecosystem Studies (United States), is among the founders of urban ecology, which explores how city spaces too can be used to conserve biodiversity.

Levin established a new landmark in the field when he unveiled his vision of spatial ecology in the paper “The Problem of Pattern and Scale in Ecology,” published in *Ecology* in 1992 and still today among the most cited in the ecological sciences. “One of the greatest

El trabajo pionero de los tres galardonados ha impulsado no solo los modelos matemáticos que constituyen el armazón teórico de la ecología espacial, sino también sus aplicaciones en múltiples ámbitos, como el diseño de áreas naturales protegidas, el trazado de redes de carreteras y el diseño de ciudades sostenibles.

The pioneering work of the trio of awardees has not only provided the mathematical models that are the theoretical underpinning of spatial ecology, but has also spurred its application in multiple domains, like the planning of protected natural areas and highway system layout, or the design of sustainable cities.

publicado en 1992 en la revista *Ecology*, que hoy sigue siendo uno de los más citados de la ciencia ecológica: «Uno de los mayores desafíos a los que nos enfrentamos es la pérdida de diversidad biológica —explica—. Para poder comprender lo que está en riesgo y para solucionar el problema, tenemos que entender los mecanismos que mantienen la diversidad biológica. Esta ha sido una cuestión central en la teoría ecológica desde hace un siglo, pero hasta hace relativamente poco no existía mucha teoría matemática que incorporara la dimensión del espacio en los modelos. Así que empecé a trabajar en esta línea en los años setenta, para construir modelos ecológicos que incorporasen la estructura espacial».

El trabajo de Levin, resalta Jordano, ha ofrecido el armazón teórico y los modelos que faltaban para entender cómo el espacio físico influye en la dinámica de los ecosistemas y en la vida de los organismos: «Es la base de los estudios que explican los procesos de fijación de carbono por parte de los bosques, cómo se reparten la vida animal y vegetal en la tierra, las migraciones de animales o la dispersión de las plantas; cómo se estructuran y relacionan las poblaciones entre sí, o cómo los procesos de degradación de la naturaleza crean barreras infranqueables y, por lo tanto, causan situaciones de aislamiento».

Fahrig ha sido pionera en el estudio de la fragmentación del territorio y su impacto en la biodiversidad. El hábitat se fragmenta, dividiéndose en parches más pequeños debido al impacto humano, y este proceso «se considera hoy una de las amenazas más graves para la biodiversidad», señala el acta. La investigadora canadiense ha desarrollado métodos teóricos, basados en datos, para reducir los efectos de la pérdida del hábitat manteniendo la conectividad entre áreas fragmentadas.

Una de las conclusiones de su trabajo se centra en el valor de las áreas pequeñas. Como explica Jordano, «el enfoque desarrollista limitaba la conservación a grandes áreas, dejando de lado otras menores; Fahrig demuestra que también es importante conservar áreas pequeñas, porque si están bien conectadas entre sí pueden ayudar a preservar la biodiversidad».

challenges facing our societies is the loss of biological diversity," he explains. "In order to understand what is at risk, and to know what we can do about it, we have to understand the mechanisms that maintain biological diversity. That has been an essential theme in ecological theory for a century, but until recently there wasn't much mathematical theory that incorporated the spatial dimensions of species interactions. So I set out in the 1970s to build ecological models that incorporated spatial structure."

For Pedro Jordano, what Levin has done is to provide the missing theoretical framework and models to understand how physical space influences ecosystem dynamics and the lives of organisms. "His insights underpin studies that explain the processes of carbon fixation by forests, how animal and plant life are distributed across the landscape, the migration of animals or the dispersal of plants, how populations are structured and interact with each other, or how degradation processes in nature create impassable barriers and bring about situations of isolation."

Fahrig is a leader in the study of landscape fragmentation and its impact on biodiversity. Habitat gets broken up into smaller patches due to human impact, a process that the award committee describes as "one of the most profound threats to biodiversity." The Canadian researcher has developed theory-driven and data-proven ways for effectively reducing the effects of habitat loss by conserving connectivity between fragmented patches.

One of the conclusions of Fahrig's work is that small patches have their value. As Jordano explains, "the developmentalist approach limited conservation to large areas, ignoring smaller ones. What Fahrig has shown is that it is also important to conserve small areas, because if they are well interconnected they can help preserve biodiversity."

The awardee recalls that when she started her career, "the importance of ecological corridors was very far from clear." Her research enabled her to document the huge biodiversity impact of highways, and has prompted a search for new strategies to mitigate the problem.

La premiada recuerda que cuando empezó su carrera «no era obvia la importancia de los corredores ecológicos». Su investigación le permitió documentar el gran impacto de las carreteras para la biodiversidad y ha impulsado la búsqueda de estrategias para reducir este problema.

«Creo que no hay justificación alguna para poner una especie en peligro porque queremos obtener beneficios económicos a corto plazo —afirma Fahrig—. Sabemos cómo reducir nuestros impactos, es cuestión de tomar conciencia del valor de la naturaleza y de otras especies».

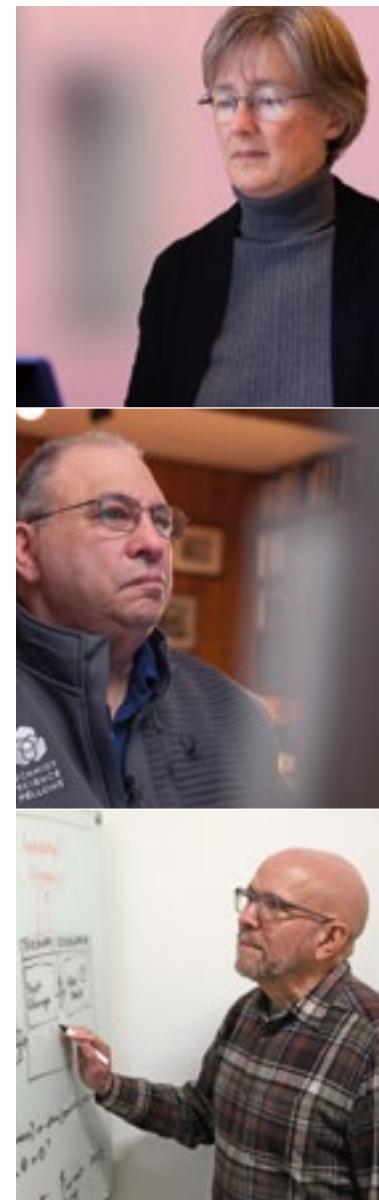
Pickett ha sido uno de los principales impulsores de la ecología en las ciudades, integrando en la teoría ecológica a los seres humanos «como componentes de los ecosistemas —según recoge el acta—, vinculando la ecología y el diseño urbano, y aportando perspectivas éticas y filosóficas al estudio de los ecosistemas dominados por el ser humano». Su trabajo se ha desarrollado en colaboración estrecha con especialistas en arquitectura, urbanismo, arte, sociología y economía. «La cuestión —expone Jordano— es cómo las personas, incluso en un hábitat urbano, podemos acercarnos a la naturaleza».

Ante el reto monumental de la crisis global de la biodiversidad, Pickett considera que se deben invertir las prioridades del urbanismo actual: «Ahora las ciudades están diseñadas para los coches; tenemos que darle la vuelta a esto y pensar en las ciudades como lugares en los que la biología tiene que funcionar y la biodiversidad tiene que prosperar, y realizar funciones útiles para el control del clima, del agua e incluso para cuidar la salud física y psicológica de las personas. Debemos diseñar las ciudades, en primer lugar, para la convivencia de la naturaleza y las personas».

“I believe it is entirely unjustifiable to endanger a species for short-term economic gain,” Fahrig affirms. “We know how to reduce our impact, and how we bring ourselves to do that is a matter of being aware of the value of nature and of other species.”

Pickett is one of the driving forces behind urban ecology, integrating humans into ecological theory “as ecosystem components,” in the words of the award citation, “linking ecology and urban design, and bringing ethical and philosophical perspectives into the study of human-dominated ecosystems.” His work has been carried out in close collaboration with specialists in architecture, urbanism, art, sociology and economics. For the central question, Jordano affirms, is “how we as people can get closer to nature, even in an urban habitat.”

Faced with the monumental challenge of the global biodiversity crisis, the first thing we must do, in Pickett’s view, is to get our planning priorities straight: “Right now cities are designed for cars, and I think we need to flip that around and think about them as places in which biology has to function; biodiversity has to prosper and perform functions that are useful for climate control, water control, and even for people’s physical and mental health. We should be designing cities first and foremost for people and nature together.”



**Emily S. Bernhardt**

**Presidenta del jurado**  
Es titular de la Cátedra James B. Duke y directora del Departamento de Biología de la Universidad de Duke (Estados Unidos). Especializada en ecología de los ecosistemas y en biogeocíquima, estudia cómo los cambios en el uso de la Tierra, el cambio global o la polución química están alterando la estructura y función de los ecosistemas acuáticos, con el fin de determinar cómo mitigar este fenómeno o qué intervenciones preventivas es posible adoptar. Ha presidido la Sociedad para la Ciencia del Agua Dulce y ha recibido el Premio Mercer de la Sociedad Americana de Ecología, entre otras distinciones.

**Pedro Jordano**

**Secretario del jurado**  
Es profesor de investigación del Departamento de Ecología Integrativa en la Estación Biológica de Doñana del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Su investigación se centra en el estudio de la diversidad biológica desde perspectivas ecológicas y evolutivas, con especial foco en cómo las interacciones entre plantas y animales modulan sistemas ecológicos complejos. Preside el Área de Ciencias y Tecnologías Medioambientales de la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Ciencia e Innovación) y es premio Mercer de la Sociedad Americana de Ecología, entre otras distinciones.

**Paul M. Brakefield**

Es catedrático en el Departamento de Zoología y director emérito del Museo de Zoología de la Universidad de Cambridge (Reino Unido). Su trabajo se centra en *Bicyclus anynana*, una mariposa africana que emplea para el estudio de los genes que influyen en mecanismos del desarrollo, cómo el propio desarrollo puede contribuir a modelar las trayectorias evolutivas y el papel de los rasgos metabólicos, fisiológicos y morfológicos en la adaptación ecológica. Ha presidido la Sociedad Linneana de Londres, es fellow de la Royal Society, y miembro extranjero de la Real Academia de Artes y Ciencias de los Países Bajos.

**Anna-Liisa Laine**

Es catedrática de Ecología en el Departamento de Biología Evolutiva y Estudios Medioambientales de la Universidad de Zúrich (Suiza) y directora del Centro de Investigación del Cambio Ecológico de la Universidad de Helsinki (Finlandia). Sus principales áreas de investigación son la dinámica ecológica y evolutiva de la interacción entre especies, y la medición y sostenibilidad de la biodiversidad. Ha sido vicepresidenta de la Sociedad Europea de Biología Evolutiva y es, entre otras distinciones, premio al Coraje Científico de la Academia de Finlandia.

**Joanna E. Lambert**

Es catedrática de Estudios Medioambientales, Ecología y Biología Evolutiva en la Universidad de Colorado Boulder (Estados Unidos). Su investigación se centra en la plasticidad fenotípica de la biología de la alimentación en primates y carnívoros, y sus implicaciones para la resiliencia, la coexistencia y la tolerancia al estrés antropogénico. Cofundadora de la Sociedad Noroccidental de Conservación de los Primates, ha sido asesora del Programa Medioambiental de la ONU y es miembro del Grupo de Especialistas en Primates de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

**Rik Leemans**

Es catedrático y director del Grupo de Análisis de los Sistemas Medioambientales de la Universidad de Wageningen (Países Bajos). Lidera proyectos de investigación interdisciplinarias sobre el cambio global y participa en evaluaciones internacionales de política científica, como el IPCC y la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES). Es autor de numerosos estudios sobre dinámica y servicios de los ecosistemas, biodiversidad, cambio climático y global, vulnerabilidad y sostenibilidad. Ha participado en el Cuarto Informe del IPCC, que recibió el Premio Nobel de la Paz en 2007.

**Committee chair**

James B. Duke Professor and Chair of the Department of Biology at Duke University (United States). A specialist in ecosystem ecology and biogeochemistry, she examines how the structure and function of aquatic ecosystems are being altered by land use change, global change and chemical pollution, in order to determine whether and how ecosystem change can be mitigated or prevented. A former president of the Society for Freshwater Science, her distinctions include the Mercer Award of the Ecological Society of America.

**Committee secretary**

Research Professor in the Department of Integrative Ecology at the Doñana Biological Station of the Spanish National Research Council (CSIC). His research centers on the study of biodiversity from both ecological and evolutionary standpoints, with a particular accent on how plant-animal interactions shape complex ecological systems. He heads the Environmental Science and Technology Area of Spain's National Research Agency (Ministry of Science and Innovation) and holds the Mercer Award of the Ecological Society of America.

Professor of Zoology and Emeritus Director of the Museum of Zoology at the University of Cambridge (United Kingdom). He has researched extensively on *Bicyclus anynana*, an African butterfly which he has used to study the genes that regulate specific developmental mechanisms, how the way development builds morphologies can contribute to shaping evolutionary trajectories, and the roles of metabolic, physiological, and morphological traits in ecological adaptation. A former president of the Linnean Society of London, he is also a Fellow of the Royal Society and a Foreign Fellow of the Royal Dutch Academy of Arts.

Professor of Ecology in the Department of Evolutionary Biology and Environmental Studies at the University of Zurich (Switzerland), and Director of the Research Centre for Ecological Change at the University of Helsinki (Finland). Her research focuses on the ecological and evolutionary dynamics of species interactions and the measurement and sustainability of biodiversity. A former vice-president of the European Society of Evolutionary Biology, among her varied distinctions she holds the Academy of Finland Award for Scientific Courage.

Professor of Environmental Studies, Ecology and Evolutionary Biology at the University of Colorado Boulder (United States). Her research focuses on phenotypic plasticity in primate and carnivore feeding biology, and its implications for species resilience and coexistence and for tolerating anthropogenic stress. Co-founder of the Northwest Primate Conservation Society, she has served as advisor to the UN Environmental Program, and belongs to the Primate Specialist Group of the International Union for the Conservation of Nature.

Professor and Director of the Environmental Systems Analysis Group at Wageningen University & Research (Netherlands). He leads interdisciplinary global-change research projects and contributes to international science-policy assessments like the IPCC and the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Author of numerous papers on ecosystem dynamics and services, biodiversity, climate and global change, vulnerability and sustainability, he participated in the 4th IPCC Report awarded the 2007 Nobel Peace Prize.

## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Ecología y Biología de la Conservación

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Ecology and Conservation Biology

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ecología y Biología de la Conservación ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Lenore Fahrig, Simon A. Levin y Steward T.A. Pickett** por aportar teoría y orden a la complejidad del estudio y la gestión de los sistemas humanos-naturales acoplados.

En su influyente artículo de 1992, Simon Levin escribió: «El problema de las pautas y la escala es el problema central de la ecología, al aunar la biología de las poblaciones y la ciencia de los ecosistemas y conectar la ecología básica y la aplicada». Los tres galardonados de este año han dedicado su vida al estudio de este problema central.

El profesor Levin desarrolló los fundamentos teóricos de la ecología espacial, utilizando diestramente la modelización matemática para vincular la dinámica local con los patrones del paisaje, uniendo productivamente las perspectivas reduccionista y holística de los sistemas ecológicos.

La profesora Fahrig ha elaborado métodos basados en la teoría y en datos probados para reducir eficazmente los efectos de la pérdida de hábitat mediante la conservación de la conectividad. Su trabajo ha extendido la teoría espacial a las complejas dimensiones de los paisajes del mundo real, sobre todo, al reconocer el papel clave que desempeñan las redes de carreteras y las pequeñas áreas de conservación en la alteración de la distribución y la abundancia de las especies.

El doctor Pickett ha aplicado la teoría de la ecología espacial a los sistemas humanos-naturales acoplados y ha desarrollado el campo de la ecología urbana. Ha sido pionero en la importante labor de integrar a los humanos como componentes de los ecosistemas en la teoría ecológica, y ha sido especialmente eficaz al vincular la ecología y el diseño urbano, y aportar perspectivas éticas y filosóficas al estudio de los ecosistemas dominados por el hombre.

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Ecology and Conservation Biology category goes, in this fourteenth edition, to **Lenore Fahrig, Simon Asher Levin and Steward T. A. Pickett** for their outstanding efforts to bring theory and order to the complexity of studying and managing coupled human-natural systems.

In his landmark 1992 paper, Simon Levin wrote: "The problem of pattern and scale is the central problem in ecology, unifying population biology and ecosystems science, and marrying basic and applied ecology." Each of this year's award winners has devoted their life to the study of this central problem.

Professor Levin developed the theoretical underpinnings of spatial ecology. He deftly uses mathematical modeling to link local dynamics with landscape patterns, effectively uniting the reductionist and holistic perspectives on ecological systems.

Professor Fahrig has developed theory-driven and data-proven ways for effectively reducing the effects of habitat loss through connectivity conservation. Her work has extended spatial theory into the complex dimensions of real-world landscapes, most notably by recognizing the critical role that road networks and small conservation areas play in altering the distribution and abundance of species.

Dr. Pickett has applied spatial ecology theory to coupled human-natural systems and developed the field of urban ecology. He has been a pioneer of the important work of integrating humans as components of ecosystems into ecological theory, and has been particularly effective in linking ecology and urban design, and bringing ethical and philosophical perspectives into the study of human-dominated ecosystems.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## **Ecología y Biología de la Conservación**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## **Ecology and Conservation Biology**

---

### **Xavier Bellés Ros**

Profesor de investigación en el Instituto de Biología Evolutiva (CSIC-UPF)  
Research Professor at the Institute of Evolutionary Biology (CSIC-UPF)

---

### **Marta Coll Monton**

Científica titular en el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)  
Tenured Researcher at the Institute of Marine Sciences (CSIC)

---

### **Dolores González Pacanowska**

Coordinadora del Área Global Vida y profesora de investigación en el Instituto de Parasitología y Biomedicina López-Neyra (CSIC)  
Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Institute of Parasitology and Biomedicine "López-Neyra" (CSIC)

---

### **Anna Traveset Vilaginés**

Profesora de investigación en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC-UIB)  
Research Professor at the Mediterranean Institute for Advanced Studies (CSIC-UIB)

---

### **Blas Valero Garcés**

Coordinador adjunto del Área Global Vida y profesor de investigación en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)  
Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Pyrenean Institute of Ecology (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

---

### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Ecología y Biología de la Conservación

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Ecology and Conservation Biology

#### Lenore Fahrig

Fue nominada por:

- **Víctor Arroyo-Rodríguez**, investigador sénior en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México

#### Simon Asher Levin

Fue nominado por:

- **Christopher Klausmeier**, catedrático de Biología Vegetal en la Universidad de Michigan (Estados Unidos)
- **Deborah Prentice**, provost de la Universidad de Princeton (Estados Unidos)
- **Rafael Zardoya**, director del Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC (España)

#### Steward T. A. Pickett

Fue nominado por:

- **Harry Biggs**, investigador en Servicios de Conservación de Parques Nacionales de Sudáfrica (SANParks)
- **Mary Cadenasso**, catedrática de Ecología de Paisajes y Urbana en la Universidad de California en Davis (Estados Unidos)
- **Richard Forman**, catedrático emérito de Ecología del Paisaje en la Universidad de Harvard (Estados Unidos)
- **Angela Gaylard**, directora de apoyo científico de la Red de Parques Africanos (APN) (Sudáfrica)
- **Joshua Ginsberg**, presidente del Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas (Estados Unidos)
- **Nancy Grimm**, catedrática de Ecología en la Universidad Estatal de Arizona (Estados Unidos)
- **Peter Groffman**, catedrático de Ciencias Ambientales en el Centro de Investigación de Ciencias Avanzadas de la CUNY (Estados Unidos)
- **J. Morgan Grove**, investigador científico sénior en la Baltimore Field Station (Estados Unidos)

#### Lenore Fahrig

Was nominated by:

- **Víctor Arroyo-Rodríguez**, Senior Researcher at the Institute for Ecosystem & Sustainability Research of the Universidad Nacional Autónoma de México

#### Simon Asher Levin

Was nominated by:

- **Christopher Klausmeier**, Professor of Plant Biology at Michigan State University (United States)
- **Deborah Prentice**, Provost of Princeton University (United States)
- **Rafael Zardoya**, Director of the Spanish Museum of Natural Sciences (MNCN), CSIC

#### Steward T. A. Pickett

Was nominated by:

- **Harry Biggs**, researcher in Conservation Services, South African National Parks
- **Mary Cadenasso**, Professor of Landscape and Urban Ecology at the University of California, Davis (United States)
- **Richard Forman**, Professor of Landscape Ecology Emeritus at Harvard University (United States)
- **Angela Gaylard**, Head of Science Support for the African Parks Network
- **Joshua Ginsberg**, President of the Cary Institute of Ecosystem Studies (United States)
- **Nancy Grimm**, Professor of Ecology at Arizona State University (United States)
- **Peter Groffman**, Professor of Environmental Sciences at CUNY Advanced Science Research Center (United States)
- **J. Morgan Grove**, Senior Research Scientist at the Baltimore Field Station (United States)

- **Gene E. Likens**, presidente emérito y *distinguished senior scientist* emérito del Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas (Estados Unidos) y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación 2016
- **Thomas E. Lovejoy** (†), catedrático de Ciencia y Política Ambiental en la Universidad George Mason (Estados Unidos) y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación 2008
- **Mark J. McDonnell**, miembro honorario en Ecología de la Universidad de Melbourne (Australia)
- **Timon McPhearson**, director del Urban Systems Lab de Nueva York (Estados Unidos)
- **Shahid Naeem**, catedrático de Ecología en la Universidad de Columbia (Estados Unidos)
- **Zhiyun Ouyang**, presidente de la Sociedad Ecológica de China y director del Centro de Investigación de Ciencias Ecoambientales de la Academia de Ciencias de China
- **Peter Vitousek**, catedrático de Biología en la Universidad de Stanford (Estados Unidos)
- **Weiqi Zhou**, vicedirector del Centro de Investigación de Ciencias Ecoambientales de la Academia de Ciencias de China

- **Gene E. Likens**, President Emeritus and Distinguished Senior Scientist Emeritus at the Cary Institute for Ecosystem Studies (United States) and 2016 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in Ecology and Conservation Biology
- **Thomas E. Lovejoy** (†), University Professor of Environmental Science & Policy at George Mason University (United States) and 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in Ecology and Conservation Biology
- **Mark J. McDonnell**, Honorary Fellow in Ecology at the University of Melbourne (Australia)
- **Timon McPhearson**, Director of the Urban Systems Lab, New York (United States)
- **Shahid Naeem**, Professor of Ecology at Columbia University (United States)
- **Zhiyun Ouyang**, President of the Ecological Society of China and Director of the Research Center for Eco-Environmental Sciences of the Chinese Academy of Sciences
- **Peter Vitousek**, Professor of Biology at Stanford University (United States)
- **Weiqi Zhou**, Deputy Director of the Research Center for Eco-Environmental Sciences of the Chinese Academy of Sciences

Earendel,  
la estrella más  
lejana detectada  
hasta ahora,  
captada por  
el telescopio  
espacial Hubble.

Earendel,  
the most distant star  
ever detected,  
captured by the  
Hubble space  
telescope.

Ciencia con conciencia

Science with a conscience

**E**arendel, en inglés antiguo, significa ‘astro naciente’. La palabra inspiró un poema escrito en 1914 por J.R.R. Tolkien: *El viaje de Earendel, la estrella vespertina*. Más de un siglo después, en homenaje al autor de *El señor de los anillos*, se ha bautizado con este nombre de resonancias mitológicas a la estrella más lejana jamás observada, que se encuentra —o más bien se encontraba— a 12.900 millones de años luz de la Tierra. Earendel hoy ya no existe (los astrónomos estiman que explotó hace ya millones de años), pero el telescopio espacial Hubble ha logrado captar la luz que emitió mucho antes de su desaparición. De hecho, la cautivadora imagen que ilustra estas páginas nos invita a realizar un viaje virtual al pasado y observar el brillo de este cuerpo celeste unos 900 millones de años después del *big bang* que dio origen a nuestro universo.

Este nuevo hito astronómico refleja el rasgo distintivo de la naturaleza *sapiens*, la clave de nuestro éxito como especie dotada con capacidades cognitivas únicas. La prodigiosa habilidad de nuestro cerebro para observar y razonar, aprender del ensayo y error, acumular conocimientos, preservarlos y comunicarlos a lo largo de nuestra trayectoria histórica nos ha permitido construir herramientas cada vez más sofisticadas para explorar y entender el universo. Instrumentos tan poderosos como los telescopios espaciales o los aceleradores de partículas nos han dado acceso a capas de la realidad que desbordan por completo la información más bien rudimentaria que podemos obtener con los cinco sentidos de nuestro organismo, desde la luz infrarroja y las ondas gravitacionales hasta los bosones y los *quarks*. Gracias a la obtención de observaciones y resultados que siempre son preliminares y están sometidos a la revisión permanente que caracteriza al método científico, los humanos hemos podido ir afinando nuestra imagen del mundo y adquiriendo modelos cada vez más precisos de la realidad. Una y otra vez, hemos desplazado las fronteras del conocimiento y nos vamos aproximando a la verdad, aunque admitamos, como afirmaba Karl Popper, que se trata de un ideal inalcanzable al que nunca llegamos del todo.

Sin embargo, la paradoja del *sapiens* es que las capacidades cognitivas que nos han permitido desarrollar una máquina para captar el brillo de una estrella a 12.900 años luz son también las mismas que nos ha convertido hoy en una especie amenazada por sí misma. Tanto la grave degradación ambiental que está poniendo en riesgo la habitabilidad de nuestro planeta, como la posibilidad real de caer

en la locura de la *mutually assured destruction* o MAD (las siglas en inglés de la destrucción mutua asegurada que provocaría una conflagración nuclear) nos recuerdan que la ciencia y la tecnología son necesarias, pero no suficientes. Además de la aplicación del método científico para seguir afinando nuestra comprensión de la realidad y el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, también son imprescindibles valores e instituciones que estén a la altura de los desafíos de nuestro tiempo.

Al fin y al cabo, tal y como demuestran las amenazas del cambio climático y la llamada *sexta extinción masiva*, nuestras insólitas capacidades para el desarrollo tecnológico pueden provocar consecuencias indeseadas y tremadamente destructivas. Si no le ponemos freno, el deterioro ecológico desencadenado por nuestra actividad industrial nos puede llevar a cruzar ciertos puntos de no retorno, poniendo en riesgo el futuro de la vida en nuestro hogar planetario. Al mismo tiempo, tanto el conocimiento científico como sus aplicaciones tecnológicas pueden ponerse al servicio de objetivos demenciales, como el genocidio o la aniquilación de sociedades enteras.

Por todo ello, la sofisticación de la ciencia y la tecnología que tanto nos ha empoderado como especie no basta sin el GPS de los valores y las instituciones que necesariamente deben guiar a nuestra interconectada sociedad global. Utilizar instrumentos tan poderosos sin contar con la envolvente cultural adecuada, que respete la sostenibilidad futura de la vida en la Tierra y la coexistencia pacífica entre países, nos puede condenar al fracaso como especie *inteligente*. Para evitarlo, es necesario movilizar el conocimiento científico en diálogo con las aportaciones del mundo de la cultura, de las humanidades, de la imaginación y la creatividad artística, capaces de modelar el *mindset* de los individuos y orientar su comportamiento. Solo así podremos abordar retos tan monumentales como nuestra relación con la naturaleza, así como la convivencia a escala planetaria, forjando instituciones capaces de garantizar la resolución dialogada de conflictos y evitando la barbarie de un mundo donde impere la fuerza bruta con armas de destrucción masiva. De poco nos servirá ser capaces de explorar el cosmos profundo si no aprendemos a entendernos y a gobernarnos a nosotros mismos, así como a transformar nuestra relación con el conjunto de los seres vivos con los que compartimos nuestro planeta.



**E**arendel, an Old English word meaning “rising light,” inspired the 1914 poem by J.R.R. Tolkien: “The Voyage of Éarendel the Evening Star.” More than a hundred years later, in tribute to the author of *The Lord of the Rings*, this name with its mythological echoes has been chosen for the most distant star ever detected, which lies – or rather lay – 12.9 billion light years from Earth. Earendel no longer exists (astronomers believe it probably exploded millions of years ago), but the Hubble space telescope has successfully captured the light it emitted long before it disappeared. Now the spellbinding image that illustrates these pages invites us to take a virtual journey into the past, and observe the brightness of this celestial body as it was some 900 million years after the Big Bang brought our universe into being.

This new astronomical milestone reflects the distinguishing feature of our *sapiens* nature, the key to our success as a species equipped with unique cognitive abilities. Our brain’s prodigious capacity to observe and reason, to learn by trial and error, to accumulate, preserve and transmit experiences down through the course of history has enabled us to build ever more sophisticated tools with which to explore and understand the universe. Instruments as powerful as today’s space telescopes or particle accelerators have allowed us to access layers of reality – from infrared light and gravitational waves to bosons and quarks – that entirely eclipse the fairly rudimentary information we receive through our five bodily senses. Thanks to observations and results that are always preliminary and subject to the constant revision that characterizes the scientific method, we humans have been able to progressively refine our image of the world and acquire ever more precise models of reality. Time and time again, we have expanded the frontiers of knowledge to get closer to the truth, even while acknowledging, with Karl Popper, that truth is an unattainable ideal that we can never fully apprehend.

Yet the paradox of *sapiens* is that the same cognitive skills that enabled us to develop a machine that can detect the glow of a star 12.9 billion light years away are what have made us a species threatened by itself. Both the grave environmental degradation that endangers the habitability of our planet, and

the real possibility that we might descend into the folly of mutually assured destruction (MAD) brought about by a nuclear conflagration, remind us starkly that science and technology are necessary but not enough on their own. For as well as applying the scientific method in order to further refine our understanding of reality and develop new technological tools, it is also imperative that we maintain values and institutions commensurate with the challenges of our times.

After all, as the threats of climate change and the “sixth mass extinction” all too clearly show, our unique capacity for technological development can bring unintended and hugely destructive consequences. If left unchecked, the ecological deterioration caused by our industrial activity may push us beyond certain tipping points, jeopardizing the future of life on our planetary home. At the same time, both scientific knowledge and its technological applications can be placed at the service of such insane goals as genocide or the annihilation of whole societies.

For all these reasons, the sophisticated science and technology that have so empowered us as a species cannot suffice without the GPS of the values and institutions whose role it is to guide our interconnected global society. Indeed the use of such powerful instruments divorced from a cultural fabric that upholds the future sustainability of life on Earth and peaceful coexistence between countries could very well doom us to failure as an “intelligent” species. To stop this happening, we need to mobilize scientific knowledge in dialogue with the world of culture, the humanities, the imagination and artistic creation, whose contributions have the power to shape the mindset of individuals and orient their behavior. Only in this way can we address such vast challenges as our relationship with nature and our coexistence on the global stage, and build institutions that can secure dialogue-based conflict resolution, avoiding the barbarity of a world where brute force prevails with its weapons of mass destruction. For what is the use of exploring the deep cosmos if we cannot learn to understand each other, to govern ourselves, and, ultimately, to transform our relationship with the multitude of living beings with whom we share our planet.

«El hielo es maravilloso porque preserva lo que captura. Es el único lugar donde podemos acceder a un registro de la composición de los gases de la atmósfera en el pasado».

“Ice is a wonderful recorder. And the unique thing about it is, it keeps what it captures. It is the only place where we can find a record of the past gaseous composition of the atmosphere.”

Ellen Mosley-Thompson

«Los glaciares son un sistema de alerta temprana para el planeta dada su alta sensibilidad a las variaciones del clima».

“Glaciers are the planet’s early warning system, on account of their high sensitivity to climate variations.”

Lonnie G. Thompson

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Cambio Climático**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Climate Change**





# Ellen Mosley-Thompson Lonnie G. Thompson

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## Cambio Climático

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## Climate Change

61

### Lecciones del pasado envueltas en hielo

Cuando Ellen Mosley-Thompson y Lonnie Thompson se conocieron a finales de los años sesenta, el cambio climático no existía como problema y la idea de recurrir al hielo polar para estudiar el clima del pasado apenas había empezado a explorarse. Hoy uno de los valles antárticos se llama Mosley-Thompson en honor a las contribuciones de esta paleoclimatóloga. Lonnie Thompson, por su parte, se ha convertido en el *hombre del hielo* —el apodo apareció en la revista *Science* en 2002—, pero no de los polos, sino de los glaciares de alta montaña. Él fue el primero en alertar de que la crisis climática está afectando también a estas masas de hielo que aportan agua a millones de personas.

La pareja de paleoclimatólogos ha sido galardonada con el Premio Fronteras del Conocimiento por avanzar en el conocimiento del cambio climático «a través de su persistente dedicación a la investigación con testigos de hielo en los glaciares de alta montaña, que están desapareciendo rápidamente en los trópicos y las latitudes medias», afirma el acta del jurado.

Los Thompson, ambos catedráticos en el Centro de Investigación Polar y del Clima Byrd (BPRC), de la Universidad Estatal de Ohio (Estados Unidos), han construido una amplia biblioteca del clima del pasado estudiando el aire atrapado en las profundidades de los hielos del planeta. Las muestras se obtienen perforando y extrayendo catas cilíndricas de hielo, llamadas testigos. En los polos este registro helado permite retroceder hasta hace 800.000 años —muestras obtenidas en la Antártida en perforaciones de 3.200 metros—, y en los glaciares de alta montaña, hasta hace 20.000 años.

Su análisis confirma que las concentraciones atmosféricas actuales de gases de efecto invernadero no tienen precedente, como tampoco la rapidez a la que

### Ice-trapped lessons from the past

When Ellen Mosley-Thompson and Lonnie Thompson first met, in the late 1960s, climate change was simply not on the agenda, and the idea of using polar ice to study past climate had barely been considered. Today one of the Antarctic valleys bears the name Mosley-Thompson in honor of the work done by this paleoclimatologist. Lonnie Thompson, meantime, has become known as “the ice man” – a nickname coined by *Science* in 2002 – specializing not in polar ice but that of high mountain glaciers, and the first to warn that the climate crisis had extended to these ice masses supplying water to millions of people.

The paleoclimatologist couple receive the Frontiers of Knowledge Award for advancing our knowledge of climate change “through persistent, dedicated ice-core research in the vanishing high mountain glaciers of the tropics and mid latitudes,” in the words of the committee’s citation.

The Thompsons, both professors in the Byrd Polar and Climate Research Center at The Ohio State University (United States), have built an extensive library of past climate histories by analyzing the air trapped in the depths of Earth’s ice fields, with samples obtained by drilling and extracting cylindrical ice cores. The resulting ice record can stretch back 800,000 years at the poles – the case of samples taken in Antarctica from 3,200-meter boreholes – and up to 20,000 years in high mountain glaciers.

Analysis of the cores confirms that atmospheric concentrations of greenhouse gases have risen to unprecedented levels, as has the speed at which global average temperatures are rising. The glaciers that the Thompsons have spent four decades studying are in rapid retreat, and only research like theirs can

La pareja de climatólogos ha construido una amplia biblioteca del clima del pasado estudiando el aire atrapado en las profundidades de los hielos del planeta. Su análisis confirma que las concentraciones atmosféricas actuales de gases de efecto invernadero no tienen precedente, como tampoco la rapidez a la que aumenta la temperatura media global.

The climatologist couple have built an extensive library of past climate histories by analyzing the air trapped in the depths of Earth's ice fields. Its analysis confirms that atmospheric concentrations of greenhouse gases are at unprecedented levels, as is the speed at which global average temperatures are rising.

aumenta la temperatura media global. Los glaciares en los que los Thompson han trabajado en las últimas cuatro décadas están desapareciendo; su investigación permite poner a salvo un valioso registro del clima pasado. En el caso de los glaciares, además, el hielo no habla solo del clima. Junto a las burbujas de aire ha quedado atrapado polen y otras impurezas que informan de fenómenos de gran peso en el sistema climático, como la evolución de la selva amazónica o la duración de las corrientes oceánicas de El Niño y La Niña.

En las últimas cuatro décadas, Ellen Mosley-Thompson ha dirigido nueve expediciones a la Antártida y seis a Groenlandia, y Lonnie G. Thompson ha encabezado medio centenar de expediciones a glaciares de alta montaña en el Himalaya, el Kilimanjaro y los Andes. La última fue en 2019 al Huascarán, uno de los picos más altos de los Andes peruanos. Pese a las condiciones extremas de alta montaña, con nieve perpetua y falta de oxígeno, extrajeron un testigo de hielo de 471 metros.

«Los glaciares —explica Thompson—, son un sistema de alerta temprana para el planeta, dada su alta sensibilidad a las variaciones del clima. Las burbujas de aire recogen la historia de variaciones en el dióxido de carbono, metano y todos los gases que nos preocupan de cara a los próximos cien años». Sus expediciones documentan un retroceso de más del 90 por ciento en los glaciares en Nueva Guinea entre 1980 y 2018, más del 70 por ciento en el Kilimanjaro entre 1987 y 2018, y más del 45 por ciento en el glaciar peruano de Quelccaya entre 1976 y 2020. Es un fenómeno con gran impacto sobre el suministro de alimentos, agua potable y energía hidroeléctrica para las comunidades locales, que según Thomson ya se están viendo afectadas.

El cambio climático del que alertan los glaciares igualmente se lee en el hielo de las regiones polares. Aunque también la carrera de Lonnie Thompson empezó con expediciones a la Antártida y Groenlandia, la investigación polar es la especialidad de Ellen, la primera mujer que dirigió una expedición a la Antártida, en 1986.

Esa expedición —a Plateau Remote, uno de los puntos más fríos del planeta— duró más de lo previsto

safeguard this valuable record of past climate. Glacier ice, moreover, has other lessons to teach us. For not only air bubbles but also pollen and other impurities get trapped within the cores, enabling us to chart the evolution of ecosystems like the Amazon rainforest or the duration of the El Niño and La Niña ocean currents, which also impact on the climate system.

In the last four decades, Ellen Mosley-Thompson has led nine expeditions to the Arctic and six to Greenland. And Lonnie G. Thompson has led around fifty expeditions to high mountain glaciers in the Himalayas, Kilimanjaro and the Andes. The latest, in 2019, was to Huascarán, among the highest peaks in the Peruvian Andes, where he and his team battled harsh high mountain conditions, with perpetual snow and low oxygen levels, to successfully extract an ice core of 471 meters.

“Glaciers,” explains Thompson, “are the planet’s early warning system, on account of their high sensitivity to climate variations. In the bubbles of their ice we have the history of carbon dioxide, methane, nitrous oxide – all the gases that we are concerned about for the next 100 years.” His expeditions evidence shrinkage of over 90 percent in New Guinea glaciers between 1980 and 2018, over 70 percent in the Kilimanjaro glacier between 1987 and 2018, and more than 45 percent in Peru’s Quelccaya ice cap between 1976 and 2020. These losses can have devastating effects on the supply of food, drinking water and hydroelectric power; and local communities, Thompson warns, are already suffering the effects.

The climate change the glaciers are proclaiming can also be read in the ice cores retrieved from polar regions. Although Lonnie Thompson too began his research with trips to Antarctica and Greenland, it is Ellen who is the polar specialist, the first woman to lead an expedition to the Antarctic, in 1986.

This expedition – to Plateau Remote, one of the coldest places on Earth – lasted longer than planned, because the plane that was supposed to collect them couldn’t find the camp. Mosley-Thompson made the most of the delay and kept on drilling, eventually extracting two cores of 200 meters length containing air bubbles

porque el avión que debía recogerles no encontraba el campamento. Mosley-Thompson aprovechó para seguir perforando el hielo: obtuvieron dos testigos de 200 metros de largo con burbujas de aire de los últimos cuatro milenios. Su análisis mostró las primeras evidencias de la gran erupción volcánica que provocó en todo el planeta un período frío en el siglo XIX. «El hielo es maravilloso porque preserva lo que captura —afirma Mosley-Thompson—. Es el único lugar donde podemos acceder a un registro de la composición de los gases de la atmósfera en el pasado».

La próxima expedición, adelanta Lonnie Thompson, será a Quelccaya, el primer glaciar de alta montaña en que, tras varios intentos fallidos y el desarrollo de una tecnología específica —un perforador de hielo alimentado con energía solar—, Thompson obtuvo en los años ochenta el primer testigo de hielo fuera de los polos.

El esfuerzo valió la pena. El hielo de estos glaciares contiene huellas químicas de civilizaciones de los últimos 10.000 años, un rastro que permite incluso analizar la relación entre el auge y caída de estas culturas y los cambios climáticos del pasado. «Antes de la llegada de los españoles, en los Andes estaba el Imperio inca, y aún antes, las culturas tiahuanaco y huari —explica Thompson—. El fin de todas ellas coincide con sequías que duraron más de una década».

Por eso Thompson cree que en el hielo hay también importantes lecciones: «Hoy el cambio climático es global. Todas las regiones del planeta van a sufrir su impacto, y seguimos dependiendo de la agricultura y la ganadería para nuestra supervivencia. Todo está en riesgo debido al cambio climático».

from the last four millennia. Their analysis provided the first ever evidence of the huge volcanic eruption that triggered a global cold snap in the 19th century. "Ice is a wonderful recorder," Mosley-Thompson exclaims. "And the unique thing about it is, it keeps what it captures. It is the only place where we can find a record of the past gaseous composition of the atmosphere."

The next expedition, Lonnie Thompson says, will be to Quelccaya, the high mountain glacier where, back in the 1980s, he became the first scientist to retrieve an ice core outside the poles, after various failed attempts and thanks to the team's ad hoc development of solar-powered drilling equipment.

Their efforts were not in vain. The ice from these glaciers contains the chemical imprint of successive civilizations over the last 10,000 years, allowing connections to be drawn between their rise and fall and past climate change. "Before the Spanish arrived in the Andes, there was the Inca empire, and before that the Tiahuanaco and Huari cultures," says Thompson. "Each of them came to an abrupt end due to severe droughts lasting more than a decade."

Hence his conviction that the ice holds important lessons. "Today's climate change is a global phenomenon. Every part of the planet will feel its impact, and of course we still rely for our survival on agriculture and livestock farming. All that is imperiled by climate change."



Más información:

Ellen Mosley-Thompson

Lonnie G. Thompson

More information:

Ellen Mosley-Thompson

Lonnie G. Thompson




**Bjorn Stevens**

**Presidente del jurado**  
Es director del Instituto Max Planck de Meteorología (Hamburgo, Alemania). Su investigación se centra en cómo las nubes y el vapor de agua influyen en el clima y, en particular, su respuesta –por ejemplo, a través del calentamiento global– a la actividad humana. Figura entre el 1% de autores más citados en su campo de la lista ISI Highly Cited Researchers de 2020 y 2019. Es premio Clarence Leroy Meisinger de la Sociedad Americana de Meteorología y autor principal del Quinto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

**Carlos M. Duarte**

**Secretario del jurado**  
Es *Distinguished Professor* y titular de la Cátedra Tarek Ahmed Juffali en Ecología del Mar Rojo en el Centro de Investigación Mar Rojo y el Centro de Investigación de Biociencia Computacional de la Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdala (Arabia Saudí), así como director ejecutivo (interino) de la Plataforma Aceleradora de I+D Global en Arrecifes de Coral. Investiga los impactos del cambio global en los ecosistemas marinos, abordando desde los microbios a la megaflora. Es premio Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación 2019.

**Sandrine Bony**

Es directora de investigación en el Centro Nacional de Investigación Científica de Francia, en el Laboratorio de Meteorología Dinámica (LMD) de la Universidad de la Sorbona (París). Dirige el equipo de modelos climáticos del LMD y colidera el Gran Reto sobre Nubes, Circulación y Sensibilidad Climática del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas, una colaboración internacional para proporcionar información útil a los decisores públicos y privados sobre esta dimensión clave de la ciencia del cambio climático. Es autora principal del Cuarto Informe del IPCC.

**Miquel Canals**

Es director del Departamento de Dinámica de la Tierra y del Oceáno de la Universitat de Barcelona. Investiga el cambio global y el océano, los procesos oceanográficos de alta energía y sus consecuencias, o el impacto antropogénico en los ecosistemas marinos. Es miembro de la asamblea de la misión *Salud de océanos, mares y aguas costeras y continentales*, iniciativa transdisciplinar de Horizonte Europa; y codirector del grupo técnico sobre hábitats e integridad del lecho marino de la Estrategia de Implementación Común de la Directiva Marco de Estrategia Marina de la UE.

**José Manuel Gutiérrez**

Es profesor de investigación en el CSIC y director del Instituto de Física de Cantabria (CSIC-Universidad de Cantabria). Investiga en el análisis y la modelización de variabilidad regional del clima, incluyendo métodos de reducción de escala (*downscaling*) orientados al desarrollo de información climática regional para el estudio de impactos y adaptación al cambio climático. Colabora en el desarrollo de servicios climáticos para organismos como Copernicus o la FAO. Es coordinador del Atlas y del Atlas Interactivo del Sexto Informe del IPCC (AR6) y forma parte del Grupo de Trabajo sobre Datos (TG-Data) del AR6.

**Martin Heimann**

Es director emérito del Departamento de Sistemas Biogeoquímicos del Instituto de Biogeoquímica Max Planck (Jena, Alemania) y director de investigación en el Instituto de Investigación de la Atmosfera y el Sistema Tierra de la Universidad de Helsinki (Finlandia). Su trabajo se centra en la biogeoquímica del ciclo global de carbono, y la modelización y cuantificación de las interacciones entre los ciclos biogeoquímicos y los sistemas climáticos. Es miembro de la Academia Europaea, la Sociedad Max Planck y autor principal del Grupo de Trabajo I de distintos informes del IPCC.

**Committee chair**

Director of the Max Planck Institute for Meteorology (Hamburg, Germany). His research focuses on how clouds and water vapor influence the climate, and in particular its response –e.g., global warming – to human activities. As well as ranking among the top 1% of authors in his field on the ISI Highly Cited Researchers lists for 2020 and 2019, he holds the Clarence Leroy Meisinger Award of the American Meteorological Society, and served as a lead author in the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

**Committee secretary**

Distinguished Professor and Tarek Ahmed Juffali Research Chair in Red Sea Ecology in the Red Sea Research Center and Computational Biosciences Research Center at King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia), and Executive Director (interim) of the Global Coral Reef R&D Accelerator Platform. His research focuses on the impacts of global change in marine ecosystems, addressing all components from microbes to macrophytes. Past winner of the Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology.

Director of Research with the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), working at the Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) of Sorbonne University (Paris). As well as heading the LMD's climate modeling team, she co-leads the World Climate Research Programme's Grand Challenge on Clouds, Circulation and Climate Sensitivity, an international effort whose goal is to provide actionable information on this key dimension of climate change science to public and private decision makers. She was a lead author on the IPCC's Fourth Assessment Report.

Director of the Department of Earth and Ocean Dynamics at the University of Barcelona (Spain). His research spans global change and the ocean, high-energy oceanographic processes and their consequences, and anthropogenic impacts on marine ecosystems. He is a member of the Mission Assembly for Healthy Oceans, Seas and Inland Waters, a transdisciplinary initiative of Horizon Europe, and co-chair of the Technical Group on Seabed Habitats and Sea-floor Integrity, part of the Common Implementation Strategy for the EU's Marine Strategy Framework Directive.

CSIC Research Professor and Director of the Institute of Physics of Cantabria (CSIC-University of Cantabria). His research interest lies in the analysis and modeling of regional climate variability, including downscaling methods geared to the development of regional climate information for the study of climate change impacts and adaptation. He works in the development of climate services for organizations like Copernicus and the FAO. Coordinator of the Atlas and Interactive Atlas of the Sixth IPCC Assessment Report (AR6) and member of the AR6 Task Group on Data Support (TG-Data).

Director Emeritus of the Department of Biogeochemical Systems at the Max Planck Institute for Biogeochemistry (Jena, Germany) and Research Director of the Institute for Atmospheric and Earth System Research at the University of Helsinki (Finland). His research centers on the biogeochemistry of the global carbon cycle, modeling and quantification of the interactions between biogeochemical cycles and the physical climate system. A member of Academia Europaea and the Max Planck Society, he contributed as lead author of Working Group I to various IPCC reports.



## Edward S. Rubin

Es Alumni Chair Professor de Ciencia e Ingeniería Medioambiental, y catedrático de Ingeniería y Política Pública y de Ingeniería Mecánica en la Universidad Carnegie Mellon (Estados Unidos), donde fundó el Centro para la Energía y Estudios Medioambientales y el Instituto Medioambiental. Investiga sobre energía y medio ambiente, con un enfoque específico en mitigación del cambio climático, innovación tecnológica e interacciones entre políticas y tecnología. Es Lyman A. Ripperton Environmental Educator Award y Distinguished Professor of Engineering Award.

Alumni Chair Professor of Environmental Engineering and Science, and Professor of Engineering & Public Policy and Mechanical Engineering at Carnegie Mellon University (United States), where he was founding director of the Center for Energy and Environmental Studies and the Environmental Institute. His areas of research are energy and the environment, with a focus on climate change mitigation, technology innovation, and technology-policy interactions. He holds the Lyman A. Ripperton Environmental Educator Award and the Distinguished Professor of Engineering Award.

## Paul Wassmann

Es catedrático en el Departamento de Biología Marina y del Ártico de la UiT-Universidad Ártica de Noruega. Miembro de más de treinta expediciones científicas, investiga en la ecología del sistema marino ártico, el flujo vertical, la regulación del flujo y el flujo de carbono como función del estado trófico y el cambio climático. También ha trabajado en puntos de inflexión (*tipping points*) del Ártico y en modelos físico-biológicos acoplados 3D de producción primaria. Es editor de numerosas obras sobre la ecología marina del Ártico, la más reciente, *Whither the Arctic Ocean?*, publicada en 2021 por la Fundación BBVA.

Professor in the Department of Arctic and Marine Biology at UiT The Arctic University of Norway. A participant in over thirty research cruises, his areas of interest are Arctic marine system ecology, vertical flux and flux regulation, and carbon flux in marine ecosystems as a function of trophic state and climate change. He has also worked on Arctic tipping points and physical-biological coupled 3D models of primary production. Wassmann has edited numerous publications on the marine ecology of the Arctic, most recently *Whither the Arctic Ocean?*, published in 2021 by the BBVA Foundation.

## Julie A. Winkler

Es catedrática de Geografía en el Departamento de Geografía, Medio Ambiente y Ciencia Espacial de la Universidad Estatal de Michigan (Estados Unidos). Su investigación incluye climatología aplicada, climatología sinóptica, uso de proyecciones en evaluaciones de cambio climático e impactos de la variabilidad del clima en la agricultura y los recursos naturales. Ha presidido la Asociación Americana de Geógrafos (AAG) y, entre otros galardones, ha recibido el William J. Beal Outstanding Faculty Award de la Universidad Estatal de Michigan.

Professor of Geography in the Department of Geography, Environment and Spatial Sciences at Michigan State University (United States). Her research interests include applied climatology, synoptic climatology, the use of climate projections in climate change assessments, and the potential impacts of climate variability and change on agriculture and natural resources. A former president of the American Association of Geographers, her distinctions include the Michigan State University William J. Beal Outstanding Faculty Award.

## Jurado

Premio Fundación BBVA  
Fronteras del Conocimiento

### Cambio Climático

## Committee

BBVA Foundation Frontiers  
of Knowledge Award  
**Climate Change**

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Ellen Mosley-Thompson** y **Lonnie G. Thompson** por avanzar en el conocimiento y la comprensión del cambio climático en el pasado y el presente, a través de su continuada dedicación a la investigación con testigos de hielo en los glaciares de alta montaña, que están desapareciendo rápidamente en los trópicos y las latitudes medias.

Los datos que obtuvieron con enorme esfuerzo durante una impresionante serie de 78 expediciones a regiones de gran altitud en los Andes, el Himalaya y el Kilimanjaro han enriquecido la interpretación del cambio climático en el registro de los testigos de hielo, y han documentado la variabilidad climática tropical y sus impactos en ecosistemas y sociedades.

Los testigos de hielo obtenidos por los Thompson y sus colaboradores locales a lo largo del último medio siglo se han extraído de lugares que probablemente nunca volverán a ser visitados, y por ello se han convertido en una parte de nuestro patrimonio natural y cultural. Su investigación muestra la rápida desaparición de los glaciares de alta montaña y sus consecuencias.

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Climate Change category goes, in this fourteenth edition, to **Ellen Mosley-Thompson** and **Lonnie G. Thompson** for advancing the knowledge and understanding of past and current climate change through persistent, dedicated ice-core research in the vanishing high mountain glaciers of the tropics and mid latitudes.

The data they painstakingly obtained through an impressive set of 78 expeditions to high-altitude regions in the Andes, the Himalayas and Kilimanjaro have enriched the interpretation of climate change from global ice-core records, and documented tropical climatic variability and its impacts on ecosystems and societies.

The ice cores obtained by the Thompsons and their local collaborators over the last half century have been drawn from sites likely never to be visited again, and as such have become part of our natural and cultural heritage. Their research bears witness to the rapid loss of high mountain glaciers and its consequences.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Cambio Climático**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Climate Change**

---

#### **Santiago Beguería Portugués**

Científico titular en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC)

Tenured Researcher at the Aula Dei Experimental Station (CSIC)

---

#### **Francisca Martínez Ruiz**

Investigadora científica en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR)

Research Scientist at the Andalusian Earth Sciences Institute (CSIC-UGR)

---

#### **Ángel Ruiz Mantecón**

Coordinador adjunto del Área Global Vida y profesor de investigación en el Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE)

Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Mountain Stockbreeding Institute (CSIC-ULE)

---

#### **Blas Valero Garcés**

Coordinador adjunto del Área Global Vida y profesor de investigación en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)

Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Pyrenean Institute of Ecology (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

#### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Cambio Climático

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Climate Change

---

#### **Ellen Mosley-Thompson y Lonnie G. Thompson**

Fueron nominados por:

- **Claire Parkinson**, investigadora senior en Cambio Climático del Centro de Vuelos Espaciales Goddard de la NASA (Estados Unidos)

---

#### **Ellen Mosley-Thompson and Lonnie G. Thompson**

Were nominated by:

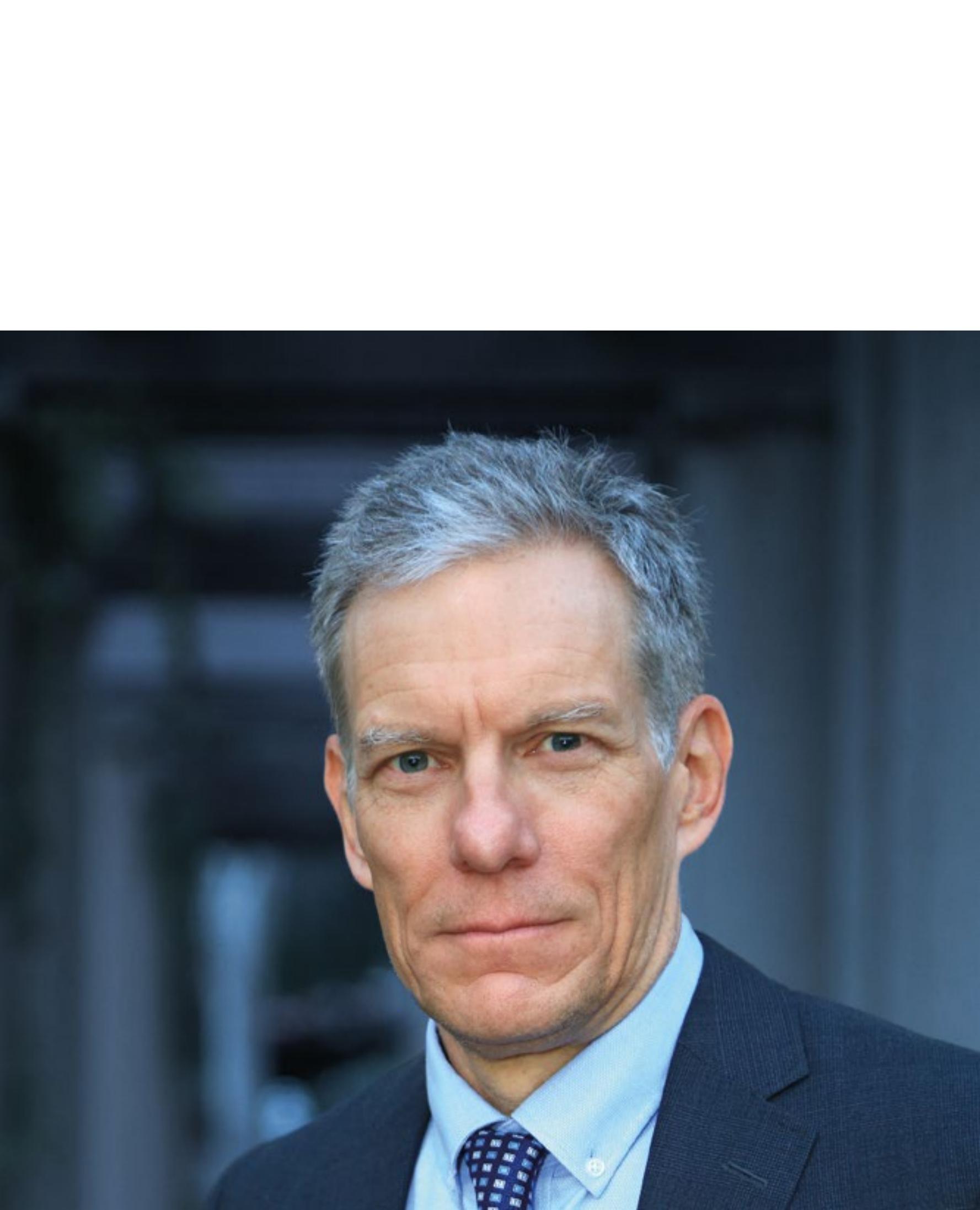
- **Claire Parkinson**, Senior Climate Change Scientist at the NASA Goddard Space Flight Center (United States)

«Las redes permean todo lo que estudian los economistas y, sin embargo, realmente no contábamos con modelos de redes hasta hace relativamente poco».

“Networks permeate everything that an economist studies, yet we had no real network models until quite recently.”

Matthew O. Jackson





# Matthew O. Jackson

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

### El papel de las redes en la vida económica y social

La mayoría de las transacciones económicas y sociales se producen entre parejas de actores (personas, empresas o grupos) que establecen un vínculo de comunicación. Por lo tanto, la red formada por los vínculos entre esos actores es fundamental a la hora de determinar cómo será cada economía o cada sociedad.

Por identificar la importancia de esas redes en la vida económica y social, Matthew O. Jackson, catedrático William D. Eberle de Economía en la Universidad de Stanford, es el galardonado en la XIV edición de los Premios Fronteras del Conocimiento en su categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas.

El jurado destaca, en primer lugar, su trabajo teórico del año 1996, en el que Jackson identificó «la importancia de las redes para la economía» y «mostró cómo predecir qué redes se formarán en función de los costes y beneficios de las conexiones y en qué difieren esas redes de las óptimas».

En ese primer artículo, publicado en el *Journal of Economic Theory*, Jackson y su coautor, Asher Wolinsky, construyeron el modelo más básico posible para conocer cómo las personas forman contactos profesionales, amistades y alianzas, utilizando en su análisis herramientas fundamentales de matemáticas y economía, de la teoría de juegos y de la teoría de grafos, principalmente. «Las redes —explica el premiado— permean todo lo que estudian los economistas y, sin embargo, no contábamos realmente con modelos de redes hasta hace relativamente poco, así que estuvimos trabajando en el desarrollo de los primeros modelos básicos y en introducir la idea de las redes y de su funcionamiento en el análisis económico».

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## Economics, Finance and Management

### The role of networks in economic and social life

Most economic and social transactions occur between pairs of actors (individuals, firms or groups) with a previously established communication link. The network formed from such links is accordingly a key determinant of what an economy or society will look like.

It is for illuminating the importance of networks in economic and social life that Matthew O. Jackson, William D. Eberle Professor of Economics at Stanford University, has been distinguished with the 14th Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management.

The committee's citation refers firstly to Jackson's theoretical work of 1996, in which he identified "the importance of networks for economics" and "showed how to predict which networks will form depending on the costs and benefits of forming links, and how these networks differ from the optimal ones."

In this first paper, published in the *Journal of Economic Theory*, Jackson and his co-author Asher Wolinsky built the most basic model possible about how people form relationships, whether they be business contacts, friendships or alliances, using tools drawn from mathematics and economics, particularly game theory and graph theory. Networks, as the laureate explains, "permeate everything that an economist studies, yet we had no real network models until quite recently. So we worked on constructing the first basic models, and on introducing the idea of networks and the ways they work into economic analysis."

This paper is today regarded as the launch pad for all subsequent literature on the social network approach in economic analysis. A vast body of research which Jackson himself has spurred through empirical and

Matthew Jackson supo reconocer el papel esencial de las redes en la vida económica y social hace más de 25 años y, posteriormente, aplicar ese marco teórico para dar respuesta a preguntas en una gran cantidad de áreas de la economía e inspirar una abundante literatura, tanto teórica como empírica.

Matthew Jackson recognized the essential role of networks in economic and social life more than 25 years ago, and has since applied that theoretical framework to answer questions across a broad range of economic areas, inspiring a rich literature, both theoretical and empirical.

Este *paper* es considerado el primero de toda la literatura del enfoque de redes sociales en el análisis económico. Una literatura extensa, que el propio Jackson ha impulsado en diversos estudios empíricos y experimentales en una amplia variedad de campos de la economía. El jurado, en su acta, le reconoce haber dado respuesta a tres preguntas fundamentales. La primera es ¿cuándo consigue la comunicación por redes agregar la información imperfecta de los individuos para llegar a la verdad? Se trata de uno de los problemas clásicos de la teoría económica: los agentes que juegan un papel en cualquier interacción suelen contar con una información distorsionada, incompleta o sesgada, lo que les condicionará a la hora de tomar una decisión.

A este respecto, la investigación del profesor Jackson demostró que una red puede agregar información de manera muy eficaz si, por ejemplo, el individuo al que se está analizando pregunta continuamente a sus contactos (su red) las valoraciones que hacen sobre un tema y, de eso, realiza un promedio. Entonces, se puede alcanzar una respuesta bastante precisa, cercana a la verdad o a la respuesta correcta.

En segundo lugar, el jurado destaca que la investigación del profesor Jackson ha respondido a ¿cuándo contribuyen las redes de compañías o de bancos a la estabilidad sistémica y cuándo la socavan? La crisis financiera de 2008 fue un escenario en el que se pudo comprobar la importancia de la tesis del profesor Jackson a este respecto: analizar redes financieras permite comprender mejor qué estrategias hay que adoptar para mitigar riesgos potenciales y saber hasta dónde la mala salud de una de estas redes o de uno de sus integrantes puede amplificar el efecto negativo de una crisis.

Como él mismo explica, los contagios financieros funcionan de manera distinta a, por ejemplo, los víricos. En una pandemia es fundamental conocer cuántos contactos ha tenido el *infectado* y limitarlos, mientras que en un mercado financiero tener una red amplia puede ser un factor positivo, ya que el riesgo por impago o quiebra estará más repartido.

En tercer lugar, el acta del jurado resalta que la investigación del profesor Jackson ha respondido de

experimental studies in a wide gamut of economic areas. The award citation credits him with providing answers to three fundamental questions. Firstly, when can communication through networks aggregate individuals' imperfect information to successfully arrive at the truth? This is among the classic problems of economic theory, in that the agents engaging in any transaction tend to be in possession of only distorted, incomplete or biased information, which affects their decision-making accuracy.

Professor Jackson's research showed that a network can in fact aggregate information very efficiently, if, for instance, the subject individual approaches all their contacts (their network) one by one for their assessments of a given topic, then averages them out. The result is often a fairly accurate appraisal, close to the correct answer or the "truth."

The second question that the committee says has been elucidated by Jackson's research is: When do networks of firms or banks contribute to systemic stability and when do they undermine it? The financial crisis of 2008 bore out the importance of Professor Jackson's thesis: analyzing financial networks provides a better understanding of what strategies can work to mitigate potential risks, and of how far the ailing health of one network or one of its members can amplify the negative impact of a recession.

Financial contagions, Jackson explains, operate differently to the spread of a virus. In a pandemic, for instance, it is vital to ascertain how many contacts a patient has had and stop them from expanding. In financial markets, conversely, an extensive network can be a positive factor in that it spreads out the risk of default or insolvency.

Thirdly, Professor Jackson's research, the committee notes, has provided important pointers to solving the following dilemma: "When introducing important information (for example, a new technology, microfinance program or vaccination camp) in a rural village of a developing country, which villagers should we inform first to make sure that word-of-mouth spreads the news quickly?"

manera eficaz al siguiente dilema: «En el momento de introducir información importante (por ejemplo, una nueva tecnología, un programa de microfinanciación o un punto de vacunación en una aldea rural de un país en desarrollo), ¿a quiénes de entre sus habitantes deberíamos informar antes para lograr que la noticia se difunda por el boca a boca rápidamente?».

Para resolverlo, el profesor Jackson observó cómo los bancos implantaban sus programas de microcréditos en diferentes pueblos de la India con resultados desiguales. Descubrió que una de las claves era la persona con la que contactaban las entidades y el modo en que esta distribuía posteriormente la información entre su propia red. Si se trataba de una persona que ocupaba una posición predominante y de influencia dentro de la red (posición conocida en la teoría de redes como *de centralidad alta*), la eficacia del programa era mayor. El estudio, además, continuó cinco años después de esa primera fase, y analizó cómo cambiaron las redes de las personas que recibieron los préstamos: en el caso de las personas que los recibían, sus redes mejoraban, mientras que entre las personas que no los recibían, sus redes prácticamente se desintegraban. «Las redes predecían lo que ocurría con los préstamos en los pueblos —explica el premiado—, y a la vez los programas de préstamos tenían efectos sobre las propias redes».

El jurado, por último, destaca que el trabajo de Mathew Jackson «ha inspirado una ingente literatura, tanto teórica como empírica», que se ha desarrollado a raíz de sus aportaciones y en una gran cantidad de áreas, desde el mercado laboral al comercio global o las relaciones internacionales.

To address this question, Professor Jackson observed the rollout of a bank microfinance program in villages in India, with extremely mixed results. What he discovered was that a key success driver was the person the lenders used as a contact, and how he or she spread the news through their own network. If the individual in question held a position of status and influence within the network (a “high centrality individual” in network theory parlance), the program’s effectiveness was correspondingly greater. The study, furthermore, continued for five years as of this initial phase, analyzing how the receipt or otherwise of loans affected each person’s network. And it turned out that for those who got loans their networks improved, while for those who missed out they practically fell apart. “The networks predicted what occurred with the loans,” the new laureate relates, “while the loan program, in turn, had effects on the networks.”

In closing, the committee remarks that Matthew Jackson’s work “has inspired an enormous literature, both theoretical and empirical,” that has built on his contributions in multiple domains from the labor market through to global trade or international relations.



**Eric S. Maskin**

**Presidente del Jurado**  
Es Adams University Professor en el Departamento de Economía de la Universidad de Harvard (Estados Unidos), donde investiga sobre teoría de juegos, políticas económicas, economía de la desigualdad, y ventajas y desventajas de la propiedad intelectual. En 2007 recibió el Premio Nobel de Economía junto a L. Hurwicz y R. Myerson por desarrollar las bases de la teoría del diseño de mecanismos. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y fellow de la Asociación Económica Europea, ha sido presidente de la Sociedad de Econometría y de la Sociedad de Teoría de Juegos.

**Committee chair**

Adams University Professor in the Department of Economics at Harvard University (United States), where he researches into game theory, political economy, the economics of inequality, and the advantages and drawbacks of intellectual property. He received the 2007 Nobel Prize in Economics, along with L. Hurwicz and R. Myerson, for laying the foundations of mechanism design theory. A member of the U.S. National Academy of Sciences and a Fellow of the European Economic Association, he is also a former president of the Econometric Society and the Game Theory Society.

**Manuel Arellano**

**Secretario del jurado**  
Catedrático de Economía en el Centro de Estudios Monetarios y Financieros (CEMFI) del Banco de España, ha sido profesor en la London School of Economics y en la Universidad de Oxford, y presidente de la Asociación Europea de Economía (EEA) y de la Sociedad de Econometría. Cuenta con numerosos trabajos de investigación sobre econometría, economía laboral y análisis de datos de panel. Ha sido director de la *Review of Economic Studies* y codirector del *Journal of Applied Econometrics*. Ha sido miembro del Consejo Científico del Consejo Europeo de Investigación. En 2018 fue distinguido como Clarivate Citation Laureate in Economics.

**Committee secretary**

Professor of Economics at the Center for Monetary and Financial Studies (CEMFI) of Banco de España. He has taught at the London School of Economics and the University of Oxford (United Kingdom), and served as president of the European Economic Association and the Econometric Society. A former editor of the *Review of Economic Studies* and co-editor of the *Journal of Applied Econometrics*, he is also a past member of the ERC Scientific Council. He has published extensively on topics relating to econometrics, labor economics and the analysis of panel data, and in 2018 was named a Clarivate Citation Laureate in Economics.

**Antonio Ciccone**

Es catedrático de Economía en la Universidad de Mannheim (Alemania). Sus campos de investigación se centran en los aspectos económicos que influyen en los procesos de democratización y en el estallido de guerras civiles, los efectos a largo plazo de la inmigración, y el capital humano y crecimiento. Es research fellow del Centro para la Investigación en Política Económica, donde ha dirigido el Programa de Macroeconomía y Crecimiento. Ha sido editor de *The Economic Journal*, entre otras revistas.

Professor of Economics at the University of Mannheim (Germany). His research interests lie principally in the economic factors driving democratization processes and the outbreak of civil wars, the long-term effects of immigration, and human capital and growth. Ciccone is a research fellow of the Centre for Economic Policy Research and a former head of its Macroeconomics and Growth program. He has served as editor of *The Economic Journal* and other academic publications.

**Pinelopi Koujianou Goldberg**

Es titular de la Cátedra Elihu de Economía en la Universidad de Yale (Estados Unidos). Especialista en microeconomía aplicada, comercio internacional y organización industrial, investiga en comercio y desarrollo, en particular sobre los determinantes y efectos de las políticas comerciales, comercio y desigualdad, derechos de propiedad intelectual en los países en desarrollo, traslación de los tipos de cambio y discriminación de precios internacional. Actual *Past President* de la Sociedad de Econometría, ha sido vicepresidenta de la Asociación Económica Americana y editora jefe de la *American Economic Review*.

Elihu Professor of Economics at Yale University (United States). Her areas of expertise are applied microeconomics, international trade, and industrial organization, with a particular interest in policy-relevant questions in trade and development, focusing on the determinants and effects of trade policies, trade and inequality, intellectual property rights protection in developing countries, exchange rate pass-through and international price discrimination. Currently Past President of the Econometric Society, she has also served as vice-president of the American Economic Association and editor-in-chief of *American Economic Review*.

**Andreu Mas-Colell**

Es catedrático de Economía en la Universitat Pompeu Fabra de Barcelona. Ha sido profesor en las universidades de California en Berkeley y Harvard, así como editor, entre otras publicaciones, de la revista *Econometrica*. Es fellow de la Sociedad de Econometría –que presidió en 1993–, foreign associate de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2009 en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas. Ha sido secretario general del Consejo de Investigación Europeo (ERC) y consejero de Economía y Conocimiento de la Generalitat de Cataluña.

Professor of Economics at Pompeu Fabra University (Spain) (currently on leave). He has taught at the universities of California (Berkeley) and Harvard, and is a past editor of *Econometrica* and other journals, a Fellow of the Econometric Society, serving as its president in 1993, a Foreign Associate of the U.S. National Academy of Sciences, and 2009 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge laureate in Economics, Finance and Management. He has served as Secretary General of the European Research Council, and as Minister of Economy and Knowledge with the Catalonia Government.

**Lucrezia Reichlin**

Es catedrática de Economía en la London Business School. Su investigación se centra en series temporales aplicadas, ciclos económicos y política monetaria y fiscal. Es pionera en métodos de econometría para el análisis de un gran número de series temporales: modelos de factor dinámicos, métodos de contracción y vectores bayesianos autorregresivos. Fundadora y presidenta de Now-Casting Economics, es fellow de la Sociedad de Econometría y de la British Academy, entre otras instituciones, y ha sido distinguida con el Premio Birgit Grodal de la Asociación Económica Europea y el Isaac Kerstenetzky Scholarly Achievement Award.

Professor of Economics at the London Business School. Her research is in applied time series, the business cycle, and monetary and fiscal policy. She pioneered econometric methods for analyzing a large number of time series: dynamic factor models, shrinkage methods and Bayesian vector auto-regressions. Chairman and co-founder of Now-Casting Economics Ltd., she is a Fellow of the Econometric Society and the British Academy, among other learned societies, and holds the Birgit Grodal Award of the European Economic Association and the Isaac Kerstenetzky Scholarly Achievement Award.



Jean Tirole

Es presidente de honor de la Fundación Jean-Jacques Laffont-Toulouse School of Economics, miembro fundador del Instituto de Estudios Avanzados en Toulouse y profesor visitante del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Investiga en organización industrial, finanzas, regulación, macroeconomía y sector bancario, así como las relaciones entre economía y psicología. Es premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2008 en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas, y premio Nobel de Economía 2014 por su análisis del poder de mercado y la regulación.



Fabrizio Zilibotti

Es titular de la Cátedra Tuntex de Economía Internacional y del Desarrollo en la Universidad de Yale (Estados Unidos). Su investigación abarca el crecimiento económico y desarrollo, la economía política, macroeconomía y el desarrollo económico de China. Ha sido presidente de la Asociación Económica Europea, y es fellow de la Sociedad de Econometría y del Center for Economic and Policy Research (CEPR). Ha sido co-editor de la revista *Econometrica* y es premio Yrjö Jahnsson de la Asociación Económica Europea, entre otras distinciones.

Honorary Chairman of the Jean-Jacques Laffont-Toulouse School of Economics Foundation, a founding member of the Institute for Advanced Study in Toulouse (IAST), and a visiting professor at Massachusetts Institute of Technology. His research focuses on industrial organization, finance, regulation, macroeconomics and banking, and psychology-based economics. He holds the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management, and in 2014 received the Nobel Prize in Economics for his analysis of market power and regulation.

## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Matthew O. Jackson** por su obra pionera que ha arrojado nueva luz sobre el papel de las redes en la vida económica y social.

La mayoría de las transacciones económicas y sociales son bilaterales, es decir, se producen entre pares de individuos (*individuos* que pueden ser personas, firmas, organizaciones, etc.); pero no hay transacción posible si antes no se ha establecido un vínculo de comunicación entre los individuos. Por lo tanto, la red de conexiones entre individuos es fundamental a la hora de determinar cómo será cada economía o cada sociedad.

Matthew Jackson supo distinguir la importancia de las redes para la economía hace más de veinticinco años. Su primer trabajo teórico con Asher Wolinsky (*Journal of Economic Theory*, 1996) mostró cómo predecir qué redes se formarán en función de los costes y beneficios de las conexiones, y en qué difieren esas redes de las óptimas. En muchas contribuciones posteriores, Jackson y sus coautores respondieron a preguntas como: 1) ¿Cuándo consigue la comunicación por redes agregar la información imperfecta de los individuos para llegar a la verdad?, 2) ¿Cuándo contribuyen las redes de empresas o de bancos a la estabilidad sistemática, y cuándo la socavan? y 3) En el momento de introducir información importante —por ejemplo, una nueva tecnología, un programa de microfinanciación o un punto de vacunación— en una aldea rural de un país en desarrollo, ¿a quiénes de entre sus habitantes deberíamos informar antes para lograr que la noticia se difunda a través de boca a boca rápidamente?

La obra de Matthew Jackson ha inspirado una ingente literatura, tanto teórica como empírica, en la que el estudio del papel que desempeñan las redes es clave para el conocimiento de los mercados financieros, el desarrollo económico y muchos otros fenómenos económicos.

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Economics, Finance and Management

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Economics, Finance and Management category goes, in this fourteenth edition, to **Matthew O. Jackson** for his pioneering work on illuminating the role of networks in economic and social life.

Most economic and social transactions are bilateral, that is, they occur between pairs of individuals ("individuals" could be persons, firms, organizations, etc.). But, unless a communication link has been established between the individuals, no transaction may be possible. Thus, the network of links between individuals is critical to determining the sort of economy or society that results.

Matthew Jackson recognized the importance of networks for economics over 25 years ago. His early theoretical work with Asher Wolinsky (*Journal of Economic Theory*, 1996) showed how to predict which networks will form depending on the costs and benefits of forming links, and how those networks differ from the optimal ones. In many subsequent contributions, he and his co-authors answered such questions as 1) When can communication through networks successfully aggregate individuals' imperfect information and arrive at the truth?, 2) When do networks of firms or banks contribute to systemic stability or when do they undermine it?, and 3) When introducing important information (e.g., a new technology, microfinance program or vaccination camp) in a rural village of a developing country, which villagers should we inform first to make sure that word-of-mouth spreads the news quickly?

Jackson's work has inspired an enormous literature, both theoretical and empirical, in which networks play an essential role in helping us understand financial markets, economic development, and a host of other economic phenomena.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Economics, Finance and Management**

---

#### **Elena Castro Martínez**

Coordinadora del Área Global Sociedad y científica titular en el Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento (INGENIO) (CSIC-UPV)  
Coordinator of the Society Global Area and Tenured Researcher at the Institute of Innovation and Knowledge Management (INGENIO) (CSIC-UPV)

---

#### **Adela García Aracil**

Científica titular en el Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento (INGENIO) (CSIC-UPV)  
Tenured Researcher at the Institute of Innovation and Knowledge Management (INGENIO) (CSIC-UPV)

---

#### **Adelheid Holl**

Científica titular en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC)  
Tenured Researcher at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)

---

#### **Samir Mili Chargui**

Científico titular en el Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC)  
Tenured Researcher at the Institute of Economics, Geography and Demography (CSIC)

---

#### **Hugo Rodríguez Mendizábal**

Científico titular en el Instituto de Análisis Económico (CSIC)  
Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

---

#### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Economics, Finance and Management

---

#### Matthew O. Jackson

Fue nominado por:

- **Salvador Barberá**, catedrático emérito de Economía en la Facultad de Economía y Empresa de la Universitat Autònoma de Barcelona (España)
- **COMSOTEC** (Asociación para el estudio de Sistemas Complejos Sociotecnológicos), España
- **Teresa García-Milà**, directora de la Barcelona School of Economics (España)
- Departamento de Economía del **Instituto Universitario Europeo** (Italia)
- **MOVE** (Markets, Organizations and Votes in Economics), España
- **Francesc Obiols**, director del Departamento de Economía y de Historia Económica de la Universitat Autònoma de Barcelona (España)
- **Hugo Sonnenschein** (†), catedrático emérito de Economía en la Universidad de Chicago y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas 2009

---

#### Matthew O. Jackson

Was nominated by:

- **Salvador Barberá**, Emeritus Professor in the Faculty of Economics and Business Studies at the Universitat Autònoma de Barcelona (Spain)
- **COMSOTEC** (Sociotechnical Complex Systems Association), Spain
- **Teresa García-Milà**, Director of Barcelona School of Economics (Spain)
- Department of Economics of the **European University Institute** (Italy)
- **MOVE** (Markets, Organizations and Votes in Economics), Spain
- **Francesc Obiols**, Head of the Department of Economics and Economic History at the Universitat Autònoma de Barcelona (Spain)
- **Hugo Sonnenschein** (†), Emeritus Professor of Economics at the University of Chicago and 2009 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in Economics, Finance and Management

«Aquellos a quienes apenas conoces probablemente pertenezcan a redes diferentes a las tuyas. Esas personas con las que tienes vínculos débiles te conectan con una red más amplia, son tu ventana al mundo».

“People you are only acquainted with are likelier to be associated with different networks from your own. So those people, who are your so-called weak ties, actually connect you to a wider community, they are your window on the world.”

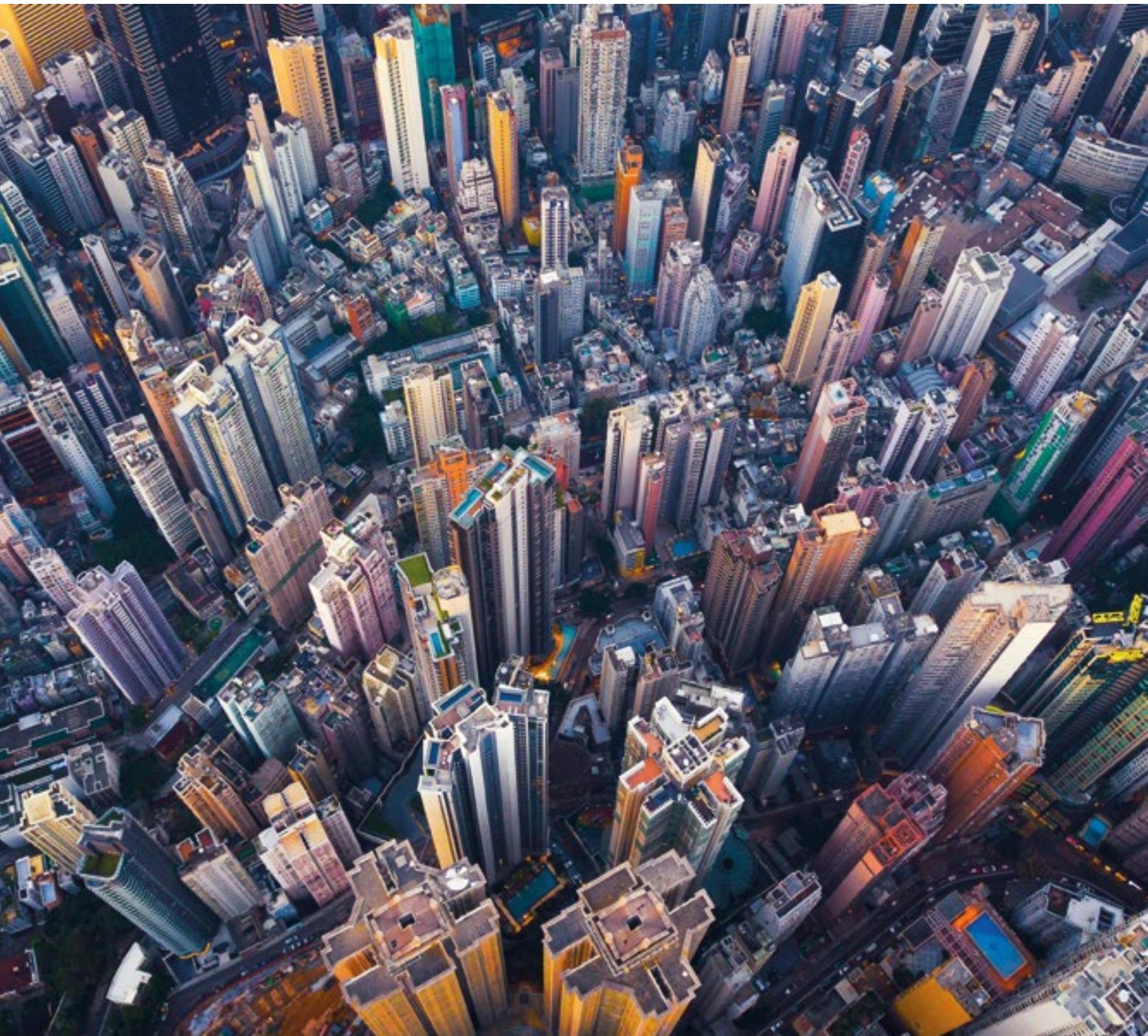
Mark Granovetter

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Humanidades y Ciencias Sociales  
(Ciencias Sociales)**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Humanities and Social Sciences  
(Social Sciences)**





# Mark Granovetter

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## **Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)**

### **La fuerza de los vínculos débiles**

«Las personas muy cercanas a ti generalmente se conocen entre ellas, y hablan de cosas que tú ya conoces; esto significa que si quieres obtener información nueva, hablar con personas muy próximas no es la mejor manera de lograrlo. Sin embargo, aquellos a quienes apenas conoces probablemente pertenezcan a redes diferentes a las tuyas. Estas personas con las que tienes vínculos débiles te conectan con una red más amplia, son tu ventana al mundo». Así explica el profesor Mark Granovetter el hallazgo clave que le ha convertido en «probablemente el sociólogo económico más destacado del mundo», en palabras del jurado que le ha concedido el Premio Fronteras del Conocimiento en Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales).

Es «esa idea en la que, una vez caes, te preguntas cómo no te has dado cuenta antes», reconoce el titular de la Cátedra Joan Butler Ford de Sociología en la Universidad de Stanford (Estados Unidos).

Fue hace ya casi medio siglo, en un artículo publicado por el *American Journal of Sociology* en 1973, cuando Granovetter incorporó al estudio de las relaciones sociales la red de vínculos relativamente superficiales entre *conocidos* y su papel determinante en el desempeño económico y social de las personas. Este paper, titulado «La fuerza de los vínculos débiles», es hoy el trabajo más citado en las ciencias sociales, con más de 65.000 referencias, pese a que Granovetter envió el manuscrito a una primera revista en 1969, cuya publicación fue rechazada por sus revisores académicos.

Según el jurado del Premio Fronteras, la «innovadora perspectiva» aportada por el galardonado en aquel primer estudio pionero y su desarrollo posterior a lo largo de cinco décadas de trabajo puede considerarse «la base de la sociología económica contemporánea».

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## **Humanities and Social Sciences (Social Sciences)**

### **The strength of weak ties**

“People you are very close to tend to know one another, and talk about things you already know. So if you’re trying to get new information, talking to those you’re close to is not the best way. Whereas those you are only acquainted with are likelier to be associated with different networks from your own. So those people, who are your so-called weak ties, actually connect you to a wider community; they are, you might say, your window on the world.” Professor Mark Granovetter sums up thus the finding that would make him “probably the most eminent economic sociologist in the world,” in the words of the committee granting him the Frontiers of Knowledge Award in Humanities and Social Sciences (Social Sciences).

It is “the kind of idea, that once you get it, you wonder how you didn’t see it earlier,” acknowledges the new laureate, currently Joan Butler Ford Professor of Sociology at Stanford University (United States).

Almost fifty years have passed since Granovetter incorporated the network of relatively loose connections existing between “acquaintances” into the study of social relations, pointing up their determining influence in individuals’ social and economic outcomes. He did so in an article published in 1973 in the *American Journal of Sociology* under the title “The Strength of Weak Ties,” which went on to become the most cited in the social sciences, with over 65,000 citations. Not bad for a paper that in 1969 had been turned down by the first journal he approached on the advice of its academic reviewers.

For the Frontiers Awards committee, the “innovative perspective” laid out in that first groundbreaking study, and further developed over five decades of work, can rightly be considered “the foundation of contemporary economic sociology.”

Granovetter incorporó al estudio de las relaciones sociales los vínculos relativamente débiles, y su papel determinante en el desempeño económico y social de las personas, tras comprobar que la gente no encontraba trabajo gracias a sus amigos y familiares más cercanos, sino a su red extendida de conocidos.

Granovetter incorporated seemingly weak ties into the study of social relations, pointing up their determining influence in individuals' social and economic outcomes, after concluding that people did not find jobs through their close friends or relatives but though their extended network of acquaintances.

Granovetter puso en marcha esta línea de investigación para estudiar cómo encontraban trabajo las personas. Lo hizo a base de encuestas personales y cuestionarios en la ciudad de Newton, en Boston (Massachusetts). Durante este trabajo de campo, Granovetter se dio cuenta de que la gente no encontraba trabajo gracias a sus amigos y familiares más cercanos, sino a su red extendida de conocidos: «Es más probable que obtengas información sobre nuevos empleos de personas con las que estás débilmente vinculado que de amigos cercanos, porque ya sabes más o menos lo que ellos saben». Advirtió así el poder de este tipo de vínculos sociales más débiles, aunque muy eficaces, que los investigadores conocían, pero cuya importancia teórica y práctica nadie había considerado.

El propio Granovetter se sorprende de haber sido «el primero en escribir sobre este tema; en la literatura técnica sobre redes sociales esto en parte se conocía, pero su trascendencia para muchas de las cuestiones que se estudian en las ciencias sociales no se había percibido. Lo que intenté hacer en ese trabajo tan citado fue señalar la importancia e interés de este concepto».

La llegada del *big data* y las redes sociales mediadas por la tecnología aportan hoy nuevas posibilidades de análisis a este campo, y contribuyen a que el interés por la investigación que inició Granovetter no solo no esté decayendo, sino todo lo contrario: «Una de las cosas que más me ha sorprendido—señala el galardonado—, es que el 97 por ciento de las citas que ha recibido mi trabajo sobre la fuerza de los vínculos débiles se ha producido desde el año 2000 en adelante».

Al desvelar la importancia de la red de conocidos que tiene cada individuo, Granovetter ha abierto la puerta a muchas otras preguntas, desde cómo se accede a redes más amplias, hasta la relación entre los vínculos que tiene cada individuo y la desigualdad: «si personas de ciertos grupos étnicos no tienen las conexiones necesarias —explica—, no tendrán las mismas oportunidades».

Otra conclusión es que el tamaño de la red tiende a crecer en función del número de veces que se cambia de empleo: «Cada vez que cambias de trabajo entras

Granovetter launched this line of research as a result of a study he conducted on how people found jobs, based on personal surveys and questionnaires in the Boston suburb of Newton (Massachusetts). In this fieldwork phase, he came to realize that people were not finding work through close friends and family members, but through extended networks of acquaintances. "You are likelier to get information about new jobs through weak ties than through your close friends," he remarks today, "because you already more or less know what they know." These seemingly weak yet highly effective connections, which researchers were aware of but whose theoretical and practical importance they had largely ignored, were in reality a powerful force.

Granovetter was surprised, he admits, at being "the first one to write about the subject. It was already sort of known in the very technical literature on social networks, but how important it was for the larger set of issues in the social sciences had not been appreciated. My role, I think, in that widely cited paper was to point out how interesting the topic was and how far we could take it."

Today Big Data and technology mediated social networks offer a whole new scope for analysis, assuring that interest in Granovetter's trailblazing research has not only not faded but is, if anything, stronger: "What I find astonishing," he says, "is that 97 percent of the citations received by my paper on the strength of weak ties date from the year 2000 onwards."

Granovetter's insights into the importance of looser, more superficial ties have opened the door to many other questions, from how to access wider networks to the relationship between each individual's personal links and broader issues of inequality. "If people from certain ethnic groups do not have the right connections," he points out, "they will not have the same opportunities as others."

Another conclusion is that a network tends to grow in size along with the number of times a person changes jobs: "Each time you change your job you enter a new network, with other people who are also moving, and so those networks proliferate. I think of it as a snowball rolling down a hill. If you move through different

en una nueva red con otras personas que también se mueven, y así las redes se van expandiendo; es un fenómeno comparable a una bola de nieve que desciende por una colina: si cambias de trabajo, tu red se expande y eso hace más probable que vuelvas a cambiar de trabajo siquieres».

En los últimos años, ha surgido una auténtica industria dedicada al desarrollo de redes personales, bajo el término *networking*. Pero Granovetter advierte de que no es un área aplicada basada en conocimientos sólidos: «Hay cursos que recomiendan, por ejemplo, conocer tres personas cada día. Pero esto no es algo natural, y puede ser contraproducente. La gente acaba sospechando que quieras algo de ellas. Es difícil conocer a alguien si no surge de manera espontánea».

Pero en la era de la inteligencia artificial y de plataformas digitales como LinkedIn, ¿sigue vigente la fuerza de los vínculos débiles? Granovetter reconoce que la expansión de las redes sociales mediadas por la tecnología ha desencadenado una transformación que aún debe ser estudiada en profundidad. «Son realmente sorprendentes —admite— los casos de amistades íntimas que surgen *online* antes que en la vida real. No sabemos todavía cómo esto va a cambiar el mundo, es un tema al que tenemos que prestar mucha atención».

Sin embargo, si bien ahora muchas parejas se conocen por webs de contactos, Granovetter señala que los nuevos empleos siguen encontrándose mayoritariamente a través de la red de contactos directos en el mundo físico: «Creo que, independientemente del tipo de *big data* al que pueda recurrir una empresa, nunca podrá saber tanto sobre una persona como alguien que realmente la conozca, haya trabajado con ella y sepa lo que hace en su tiempo libre y cómo aborda los problemas, por lo que siempre se obtendrán más conocimientos de los contactos personales de los individuos que de los que se pueden obtener de cualquier tipo de sistema informático».

settings in the course of your career, then you expand your network, and that makes it likelier that you can move again if and when you choose.”

A whole industry called “networking” has recently sprung up, teaching people how to improve their personal networks. But Granovetter warns that this applied area so far lacks a solid grounding. “You have these courses, for instance, that recommend meeting three people every day. But that’s not natural and could be counterproductive. The trouble is that those people suspect that you have an ulterior motive, and want something from them. It is difficult to meet someone if it doesn’t happen naturally.”

But the question arises, in the era of artificial intelligence and online platforms like LinkedIn, are weak ties still a force to be reckoned with? Granovetter admits that the emergence of technology mediated social networks has brought a series of changes that will need to be systematically studied. “We are seeing surprising cases of people making close friends online before they meet them in real life,” he relates. “We still don’t know how that is going to change the world, but it’s something we will have to keep a close watch on.”

Many couples may now meet through dating sites, but jobs, says Granovetter, still tend to be found through networks of real-life contacts: “No matter what kind of big data employers are able to draw on, they can never learn as much about a person as someone who actually knows them and has worked with them, and knows their personality and how they spend their spare time and how they approach problems. So there will always be more knowledge to be gotten from personal contacts of individuals than you can get from any kind of technology.”



Más información:



More information:




**Jon Krosnick**

**Presidente del jurado**  
Es titular de la Cátedra Frederic O. Glover en Humanidades y Ciencias Sociales en la Universidad de Stanford (Estados Unidos), donde también ejerce como catedrático de Comunicación, catedrático de Ciencias Políticas, y catedrático (por cortesía) de Psicología. Su investigación se centra en la psicología de las actitudes y el comportamiento político, y estudia cómo las actitudes políticas se forman, evolucionan y modelan el pensamiento y la acción. Ha recibido, entre otras distinciones, el Philip Brickman Memorial Prize, el Premio Pi Sigma Alpha y el Erik Erikson Early Career Award for Excellence and Creativity.

**Committee chair**

Frederic O. Glover Professor in Humanities and Social Sciences at Stanford University (United States), where he is also Professor of Communication, Professor of Political Science and Professor, by courtesy, of Psychology. His research focuses on the psychology of political attitudes and behavior, with particular interest in how political attitudes are formed, change, and shape thinking and action. His distinctions include the Philip Brickman Memorial Prize, the Pi Sigma Alpha Award and the Erik Erikson Early Career Award for Excellence and Creativity.

**Dolores Albarracín**

**Secretaria del jurado**  
Catedrática de Psicología, Empresa y Medicina en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (Estados Unidos), investiga en actitudes y persuasión, la relación entre intención y comportamiento, y la predicción y modificación de conductas de riesgo para la salud, entre otros ámbitos. Autora de *Creating conspiracy beliefs: How our thoughts are shaped and of Action and inaction in a social world: Predicting and changing attitudes and behavior*, ha sido directora del *Psychological Bulletin* y es premio Carol y Ed Diener 2020 en Psicología Social de la Sociedad de Personalidad y Psicología Social.

**Committee secretary**

Professor of Psychology, Business and Medicine at the University of Illinois at Urbana-Champaign (United States). Her research centers on attitudes and persuasion, the intention-behavior relation, and predicting and changing health risk behaviors, among other interests. Author of *Creating Conspiracy Beliefs: How Our Thoughts Are Shaped and Action and Inaction in a Social World: Predicting and Changing Attitudes and Behavior*, she is a former editor of *Psychological Bulletin*, and holds the 2020 Carol and Ed Diener Award in Social Psychology from the Society for Personality and Social Psychology.

**Bruno Cautrès**

Es investigador del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia (CNRS) en CEVIPOF, el Centro de Investigaciones Políticas de Sciences Po (París, Francia), donde también es docente. Está especializado en la investigación sobre actitudes y comportamientos políticos, votación y elecciones, además de en comparación y métodos cuantitativos y análisis estadístico de datos. Ha participado en proyectos como los paneles electorales franceses de 2002 y 2007, el Barómetro Político de Francia y el Programa Internacional de Encuestas Sociales o la Encuesta Social Europea, entre otros estudios internacionales.

A research fellow of the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), attached to the Centre de Recherches Politiques (CEVIPOF) at Sciences Po (Paris, France), where he also teaches. His research encompasses political attitudes and behaviors, voting and elections, comparative survey research, statistical data analysis and quantitative techniques. He has participated in the French electoral panels of 2002 and 2007 and France's Baromètre Politique, as well as forming part of transnational projects like the International Social Survey Programme and the European Social Survey.

**Cees Midden**

Es catedrático emérito de Interacción Humano-Tecnología en la Universidad Técnica de Eindhoven (Países Bajos). Investiga en los factores sociales y cognitivos de la relación entre personas y máquinas a través del uso de productos y sistemas, así como en la comunicación persuasiva, la influencia social, la percepción del riesgo y la aceptación y adopción de nuevas tecnologías. Autor de más de cien artículos sobre comportamiento medioambiental del consumidor, percepción y comunicación de los riesgos tecnológicos y sobre la incorporación de innovaciones, es fundador de la Conferencia Internacional sobre Tecnología Persuasiva.

Professor Emeritus of Human-Technology Interaction at Eindhoven University of Technology (Netherlands). His research deals with the social and cognitive factors of human-technology interactions as manifest in the use of products and systems, as well as in persuasive communication, social influence, risk perception and the acceptance of new technologies. Author of over 100 published papers on environmental consumer behavior, the perception and communication of technological risks and the adoption of innovations, he is also a founder of the International Conference on Persuasive Technology.

**Brian Parkinson**

Es catedrático de Psicología Social en la División de Ciencias Médicas de la Universidad de Oxford (Reino Unido). Su investigación se centra en la psicología social de la emoción, la expresión facial, la regulación de las emociones interpersonales y la transferencia de afectos. Su libro más reciente es *Heart to heart: How your emotions affect other people*, que se suma a otros como *Ideas and realities of emotion* y *Emotion in social relations*. Es coeditor de la serie *Studies in Emotion and Social Interaction* (Cambridge University Press) y ha sido editor jefe del *British Journal of Social Psychology*.

Professor of Social Psychology in the Medical Sciences Division at the University of Oxford (United Kingdom). His research focuses on the social psychology of emotion, facial expression, interpersonal emotion regulation, and interpersonal affect transfer. His latest book, *Heart to Heart: How Your Emotions Affect Other People*, follows on from other titles like *Ideas and Realities of Emotion* and *Emotion in Social Relations*. Co-editor of the book series *Studies in Emotion and Social Interaction* (Cambridge University Press), he has also served as editor-in-chief of the *British Journal of Social Psychology*.

**Simone Schnall**

Es reader en Psicología Social Experimental en el Departamento de Psicología de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), directora del Laboratorio Cuerpo, Mente y Comportamiento de esta universidad y fellow en el Jesus College. Combina psicología social y ciencia cognitiva para desentrañar cómo las personas, en ocasiones, formulan juicios y adoptan decisiones sobre los demás y su entorno aparentemente sorprendentes. Actualmente investiga sobre juicios y decisiones en contextos morales y legales, y sobre comportamientos de riesgo en finanzas. Ha sido editora asociada de la revista *Social Psychological and Personality Science*.

Professor of Experimental Social Psychology in the Department of Psychology at the University of Cambridge (United Kingdom), where she is also Director of the Body, Mind and Behavior Laboratory and a Fellow of Jesus College. She combines insights and methods from social psychology and cognitive science to understand how people make what seem at times surprising decisions about other people and about physical properties. She is currently working on judgments and decisions in moral and legal contexts, and risky behaviors in finance. Former associate editor of *Social Psychological and Personality Science*.

## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales) ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Mark Granovetter**.

Mark Granovetter es probablemente el sociólogo económico más destacado del mundo. Fue incluido en la lista de Thomson-Reuters Citation Laureate en 2014, y su obra registra actualmente más de 160.000 citas (índice h 64). Su sólida reputación se sustenta en un selecto conjunto de artículos muy influyentes, todos los cuales constituyen significativos avances científicos, relevantes no solo para la sociología y la economía, sino también para la psicología social, la ciencia política, la comunicación, el *marketing* y la informática.

Su artículo de 1973 «La fuerza de los vínculos débiles» está reconocido como el trabajo más citado de las ciencias sociales (casi 65.000 citas) y da cuenta de cómo la trayectoria de un individuo depende de la estructura de su red social más amplia. Al incorporar las conexiones en apariencia débiles, que anteriormente eran ignoradas, como fuentes de capital social, Granovetter aportó una teoría y una metodología para estudiar las relaciones sociales más allá de los grupos pequeños, conservando al mismo tiempo la capacidad de explicar los resultados a nivel micro.

La innovadora perspectiva de Granovetter es la base de la sociología económica contemporánea. Aunque algunas acciones económicas pueden entenderse en términos económicos tradicionales como esfuerzos racionales encaminados al logro de objetivos personales bien definidos, gran parte del comportamiento humano no es tan fácil de encajar en ese marco simplista e individualista. Muchas de las técnicas de las que Granovetter fue pionero están hoy extendidas en las ciencias sociales, e incluyen métodos de muestreo que se sirven de los vínculos débiles. Las implicaciones interdisciplinarias de su trabajo teórico y metodológico hacen de él un indiscutible merecedor del Premio Fronteras del Conocimiento.

## Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Humanities and Social Sciences (Social Sciences) category goes, in this fourteenth edition, to **Mark Granovetter**.

Mark Granovetter is probably the most eminent economic sociologist in the world. He was selected as a Citation Laureate by Thomson-Reuters in 2014 and his work currently has over 160,000 citations (h-index 64). His substantial reputation rests on a select set of highly influential articles, all of which represent significant scientific advances that are relevant not only to sociology and economics but also to social psychology, political science, communication, marketing, and computer science.

His 1973 article “The Strength of Weak Ties” is recognized as the most widely cited paper in the social sciences (almost 65,000 citations) and presents an account of how the outcomes of an individual depend on the structure of the individual’s large social network. By incorporating previously ignored, seemingly “weak” connections as sources of social capital, Granovetter provided a theory and methods to study social relations beyond small groups, while retaining the ability to explain micro-level outcomes.

Granovetter’s innovative perspective is the foundation of contemporary economic sociology. Although some economic actions can be understood in traditional economic terms as people working rationally toward well-defined personal goals, much human behavior is harder to fit into that simplistic, individualistic framework. Many of the techniques Granovetter pioneered are now widely used across the social sciences and include sampling methods that capitalize on weak ties. The interdisciplinary implications of his theoretical and methodological work make him undisputedly deserving of a Frontiers of Knowledge Award.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Humanities and Social Sciences (Social Sciences)**

---

#### **Marta Fraile Maldonado**

Científica titular en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)

---

#### **Ana López Sala**

Profesora de investigación en la Institución Milà y Fontanals (CSIC)

Research Professor at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

---

#### **Ignacio Montero Ruiz**

Coordinador adjunto del Área Global Sociedad e investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC)

Deputy Coordinator of the Society Global Area and Research Scientist at the Institute of History (CSIC)

---

#### **Cristina Sánchez Carretero**

Científica titular en el Instituto de Ciencias del Patrimonio (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute of Heritage Sciences (CSIC)

---

#### **Sebastian Rinken**

Científico titular en el Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute of Advanced Social Studies (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

---

#### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### **Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)**

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### **Humanities and Social Sciences (Social Sciences)**

---

#### **Mark Granovetter**

Fue nominado por:

- **Francisco Pérez**, catedrático emérito de Economía en la Universitat de València y director de investigación del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie), España

---

#### **Mark Granovetter**

Was nominated by:

- **Francisco Pérez**, Emeritus Professor of Economics at the University of Valencia and Research Director of the Valencian Institute of Economic Research (Ivie), Spain

«El futuro de la música clásica tendrá cuatro áreas bien definidas: la interacción con las formas de arte popular, la relación con la tecnología, la experiencia del trabajo con artistas de otros ámbitos y el contacto con la cultura mundial».

“The future of classical music will have four clearly defined areas: interaction with popular art forms, the relationship with technology, the experience of working with artists from other realms, and contact with world culture”

Philip Glass

Ad I Score I

Funeral

#160

(1) 12

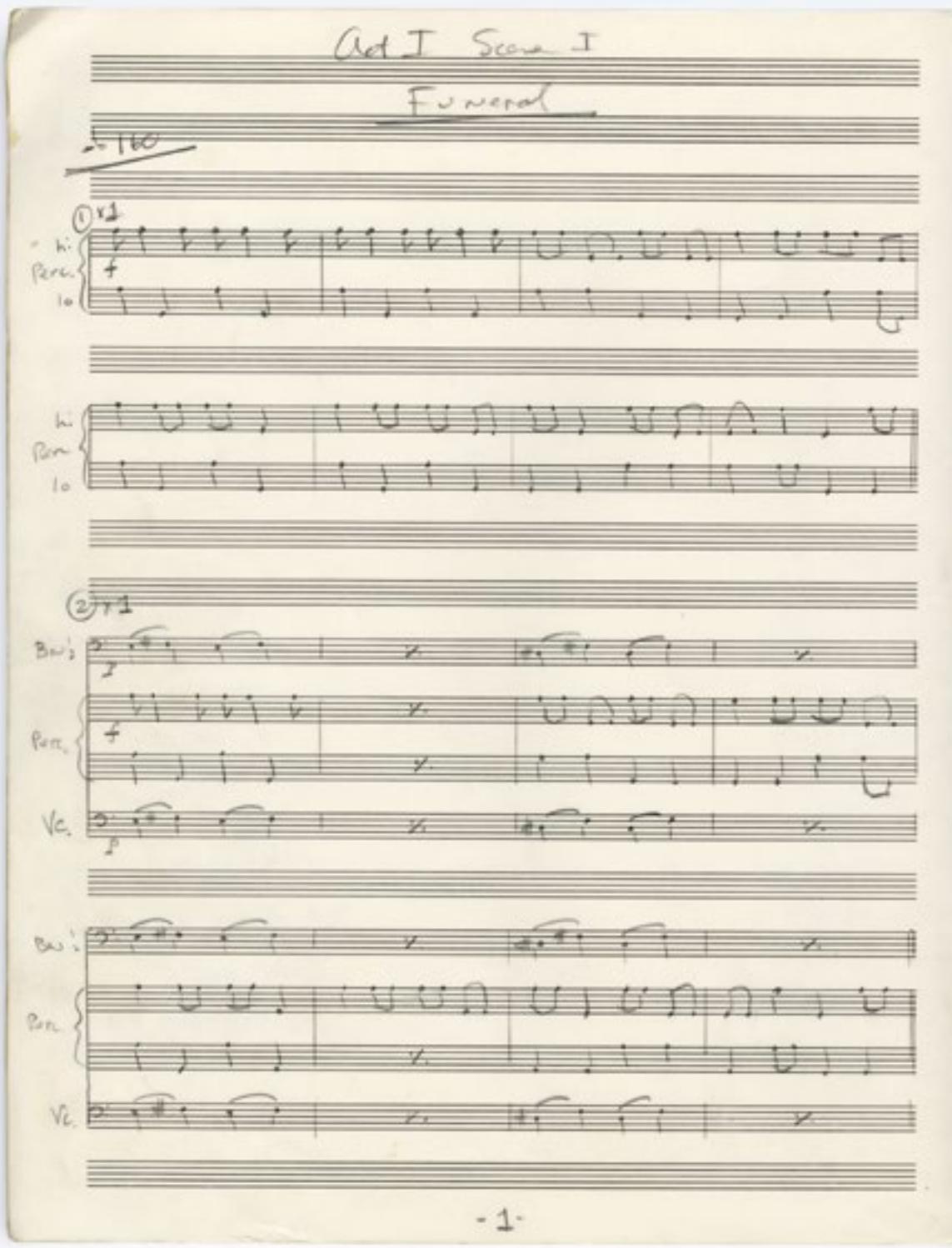
Bsn. { hi.  
Perc. { f  
lo.

Bsn. { hi.  
Perc. { f  
lo.

(2) 71

Bsn. { hi.  
Perc. { f  
lo.

Bsn. { hi.  
Perc. { f  
lo.





# Philip Glass

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## Música y Ópera

### Una música única que combina vanguardia con tradiciones de todo el mundo

La *Sinfonía n.º 5* de Philip Glass, estrenada en el Festival de Verano de Salzburgo de 1999, contiene textos religiosos de una veintena de lenguas y tradiciones: del sánscrito al maya, del hindú al griego clásico. El mismo compositor dijo que había tratado de simbolizar el pensamiento de todas las civilizaciones antiguas trazando, así, un puente entre el pasado y el porvenir. No es la más célebre de sus obras ni tampoco la más notable, pero puede que no haya otra que represente mejor el motivo por el que el jurado de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento le ha concedido el correspondiente a Música y Ópera. Ha creado, en palabras del jurado, «un estilo musical único» que «abarca tradiciones culturales de todo el mundo» y «atrae a un público de todas las generaciones».

Lo llevaba en los genes y lo cultivó gracias a algunas figuras esenciales en su vida. Porque Glass, nacido en Baltimore, Estados Unidos, era nieto de judíos que habían llegado a este país procedentes de Lituania. Su padre tenía una tienda de discos y eso le dio la oportunidad de escuchar toda clase de música. Luego, los estudios en la Universidad de Chicago primero, la Juilliard School de Nueva York después, y finalmente París, le permitieron completar su formación. Milhaud y Boulanger fueron sus profesores. Pero la influencia definitiva fue la de Ravi Shankar. Gracias a él viajó a la India, conoció su cultura, entró en contacto con refugiados tibetanos y estableció un contacto con el budismo que ha marcado su vida y su obra.

A su regreso a Estados Unidos, se sumó a la corriente llamada minimalismo para convertirse en uno de sus nombres fundamentales. Su aportación a la misma se basa en la introducción en ese lenguaje de influencias orientales. Glass empezaba de esa manera a unir

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

## Music and Opera

### A singular music that combines the avant-garde with traditions from around the world

Philip Glass's Symphony No. 5, premiered at the 1999 Salzburg Summer Festival, draws on religious texts from a score of languages and traditions, from Sanskrit to Maya, from Hindi to Ancient Greek. What he was seeking, the composer has said, was to symbolize the thinking of early civilizations in order to build a bridge between past and future. Not the most celebrated of his works or indeed the most notable, it may nonetheless best represent the reasons why the committee of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Music and Opera selected him as winner, in that his achievement, as the citation states, has been to forge "a distinctive musical style" that "embraces cultural traditions from around the world," while "appealing to audiences of all generations."

Glass had it in his genes and would cultivate it further with the aid of key figures in his life. Born in Baltimore, he was the grandson of Jews who had come to the United States from Lithuania. His father owned a record store, giving him an early exposure to music of every kind. Further ahead, his studies first at the University of Chicago, then New York's Juilliard School and finally in Paris allowed him to complete his training under teachers including Milhaud and Boulanger. But the defining influence was that of Ravi Shankar, thanks to whom he travelled to India, got to know its culture, came into contact with Tibetan refugees, and established a connection with Buddhism that would imbue both his life and work.

Back in the United States, he embraced the movement known as minimalism, and would become one of its foremost exponents, his distinctive contribution being to bring Eastern influences to bear in its language. Glass thus began to wed traditions as he

Tras sumarse a la corriente del minimalismo para convertirse en uno de sus nombres fundamentales, Philip Glass ha creado un estilo musical propio que abarca tradiciones culturales de todo el mundo y conjuga elementos de vanguardia sin alejar, por ello, a un público amplio de todas las generaciones.

After a time as one of the foremost exponents of the minimalist school, Philip Glass has forged a uniquely personal musical style that embraces cultural traditions from around the world and utilizes avant-garde elements while continuing to appeal to a broad, multi-generational audience.

tradiciones y enseguida haría lo mismo con las disciplinas artísticas. Porque un repaso siquiera superficial a su catálogo muestra referencias a Beckett, Serra, Bowie, Eno, Ginsberg, Lessing, Paz, Simon, Cohen y muchos otros creadores de nuestros días, así como a figuras del pasado: de Gandhi a los faraones egipcios, Colón o Vasco de Gama. Sin olvidar que con su grupo, el Philip Glass Ensemble, unió música y pintura al actuar en muchas ocasiones en museos y galerías de arte, dando de esa manera otro significado a las partituras.

Y así llegamos a la segunda gran preocupación de su vida: la ciencia. No es casual que la obra que lo hizo famoso entre el público más exquisito de Estados Unidos fuera *Einstein on the beach*. Ni que luego haya escrito piezas sobre experimentos que confirman la velocidad uniforme de la luz, o acerca de la vida de Kepler o los peligros del plutonio. Lo ha dicho él mismo: «Desde una edad muy temprana empecé a leer sobre ciencia. Nací en 1937, así que cuando era niño todo el mundo sabía quién era Einstein. Igual no sabían explicar sus ideas, pero conocían la importancia de su trabajo. La ciencia teórica siempre me fascinó, y por ese motivo me interesé en las matemáticas. Desde muy pronto empecé a utilizar ideas de la ciencia, la historia y la psicología para expresarme con el lenguaje de la música».

Todo eso está presente de una o de otra manera en sus catorce sinfonías, tres conciertos para piano, dos para violín y otros dos para violonchelo, otros para clave, cuarteto de saxofones, varios dobles conciertos, nueve cuartetos de cuerda, dos docenas de óperas, un volumen enorme de piezas para instrumentos varios... Incluso ha escrito una cadencia para el *Concierto para piano n.º 21* de Mozart, esa obra de la que Eugenio Trías dijo que era la más hermosa jamás compuesta.

Su lenguaje ha abandonado aquel minimalismo que le queda ya muy lejos, aunque admite resignado que se le conocerá siempre por ello. Hace tiempo que ha creado un estilo propio que ha conjugado elementos de vanguardia sin alejar por ello al público, el riesgo supremo del arte contemporáneo. Y su influencia es tan grande que ha podido dar la vuelta a algunos procesos que parecían inamovibles. Por ejemplo, donde otros compositores escribían música para el cine —algo que también ha hecho—, él promovía películas filmadas

would later wed artistic disciplines, with even the most cursory glance at his catalogue revealing references to Beckett, Serra, Bowie, Eno, Ginsberg, Lessing, Paz, Simon, Cohen and other creators of our times, as well as figures of the past, from Gandhi to the Egyptian pharaohs, Columbus or Vasco da Gama. And of course with his group, the Philip Glass Ensemble, he merged music with painting at his regular performances in museums and art galleries, adding another layer of meaning to his scores.

And this brings us to the second great interest of Glass's life: science. It is no coincidence that the work that earned him the acclaim of America's most sophisticated audiences was *Einstein on the Beach*. Nor that he would later write scores on experiments confirming the uniform speed of light, the life of Kepler or the dangers of plutonium. As he describes it: "From a very early age I started reading about science. I was born in 1937, so when I was a kid everyone knew who Einstein was. They might not have been able to express his ideas, but they knew the importance of what he said. Theoretical science always fascinated me, and that's how I got interested in mathematics. From early on I began to use ideas from science, history and psychology to express myself in the language of music."

All this is present in some shape or form in his fourteen symphonies, three concertos for piano, two for violin and two for cello, others for keyboards, a saxophone quartet, several double concertos, nine string quartets, two dozen operas, plus multiple other pieces for a variety of instruments. He has even written a cadenza for Mozart's Piano Concerto No. 21, the work Eugenio Trías described as being the most beautiful ever composed.

His musical language has advanced beyond the minimalism of those days. Although he accepts resignedly that he will always be associated with the label, he has long since created a style of his own that manages to bring in avant-garde elements without alienating the wider public, the greatest pitfall in contemporary art. In fact so great is his influence that he has been able to turn some supposedly sacred processes on their heads. For instance, where other composers have written music for film – as he too has done – Glass

a partir de su obra. Es el caso de *Koyaanisqatsi*, producida por Francis Ford Coppola y convertida en un filme de culto. Precisamente de ese trabajo surgió un álbum titulado *Glassworks*, que le dio gran popularidad entre un tipo de público hasta entonces ajeno a la vanguardia musical.

Preguntado por el futuro de la clásica, Glass suele decir que la clave está en «la interacción con las formas de arte popular, la relación con la tecnología, la experiencia del trabajo con artistas de otros ámbitos y el contacto con la cultura mundial».

Entre esos artistas de otros ámbitos, ocupan un lugar preferente los cineastas. Glass ha colaborado con Scorsese, Schrader, Allen o Daldry, entre otros muchos. Esos trabajos le han supuesto tres candidaturas al Oscar. En todos ellos, su música es muy identificable para el oído de un aficionado mínimamente informado. Su espíritu está presente y también su carácter generoso. Lo prueba un detalle: en una escena de *Las horas*, el personaje de Clarissa (interpretado por Meryl Streep) está cocinando en su casa. Suena como música diegética la que tiene puesta en un reproductor. Entonces, Glass renuncia a usar un fragmento de su propia y excepcional banda sonora para ese filme e introduce «*Beim Schlafengehen*», la tercera de las *Cuatro últimas canciones* de Richard Strauss. Es el homenaje de un genio a otro genio.

has managed to have films built around his music. This is the case of *Koyaanisqatsi*, produced by Francis Ford Coppola and now a cult title. His work on this film would give rise to the *Glassworks* album which won him popularity with an audience not previously exposed to the musical avant-garde.

When asked about the future of classical music, Glass says that the key lies in "its interaction with popular art forms, the relationship with technology, the experience of working with artists from other realms, and contact with world culture."

Among these artists from other realms, filmmakers take pride of place. Glass has worked with Scorsese, Schrader, Allen and Daldry, among many others, collaborations that have brought him three Oscar nominations. On every occasion, his music is readily identifiable to even the least trained ear. His spirit shines through, as does his generous nature. One instance should suffice. In a scene from *The Hours*, as the character Clarissa (played by Meryl Streep) is cooking at home, we hear diegetic music issuing from a record player. At this point Glass decides not to use a fragment of his own magnificent soundtrack for the film, and instead brings in "Beim Schlafengehen," the third of Richard Strauss's *Four Last Songs*. It is the tribute of one genius to another.



Más información:



More information:





**Tomás  
Marco Aragón**

**Presidente del Jurado**  
Composer and musicologist, he is currently Director of the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (Spain). Trained with maestros including Maderna, Boulez, Ligeti, Adorno and Stockhausen, he has taught at the Madrid Higher Conservatoire and the National Distance Learning University (UNED), and served as Managing and Technical Director of the Spanish National Orchestra and Choir, Director of the Center for the Promotion of Contemporary Music, and Director General of the National Music and Performing Arts Institute (INAEM). His many distinctions include the National Music Prize and Gold Medal of Merit in the Fine Arts.

**Víctor  
García de Gomar**

**Secretario del jurado**  
Es director artístico del Gran Teatre del Liceu de Barcelona, puesto al que llegó tras desempeñar ese cargo en el Palacio de la Música Catalana y el Auditorio de Girona. Ha trabajado, entre otros artistas, con John Eliot Gardiner, Cecilia Bartoli, Gustavo Dudamel, Juan Diego Flórez, Piotr Beczala, Philip Glass y John Adams. Su trayectoria incluye la dirección del Festival Nits de Clàssica (Girona), la gerencia de la Orquesta Barroca de Sevilla, la docencia en varias universidades catalanas, colaboraciones semanales en la emisora Catalunya Música y un libro sobre las grabaciones favoritas de los músicos.

**Mauro Bucarelli**

Es, desde 1991, administrador artístico de la Academia Nacional de Santa Cecilia en Roma (Italia). Ha colaborado con directores como Daniele Gatti, Christian Thielemann, Myung-Whun Chung y Antonio Pappano, entre otros. Musicólogo y titulado en Piano y Composición, ha trabajado para la Enciclopedia Trecanni y como consultor de RAI Radio 3, el canal de música clásica de la radio nacional italiana. Asimismo, ha sido investigador en la Fundación Rossini en Pesaro, donde colaboró en la edición crítica de las obras completas del compositor.

**Raquel  
García-Tomás**

Compositora especializada en creación interdisciplinar y doctora por el Royal College of Music de Londres (Reino Unido), ha llevado a cabo creaciones conjuntas con el English National Ballet, la Royal Academy of Arts o el Dresdner Musikfestspiele. Su catálogo incluye música de cámara, coreografía, electroacústica, jazz, instrumento solo, vídeo y ópera. En este último género destaca *Je suis narcisiste*, recientemente estrenada en el Teatro Real y nominada a los International Opera Awards 2020. Es becaria Leonardo en Música y Ópera 2020, y obtuvo el Premio Nacional de Música en este mismo año.

**Pedro Halffter Caro**

Es director de orquesta y compositor. Ha sido director artístico del Teatro de la Maestranza de Sevilla desde 2004 a 2018, director invitado de la Nürnberger Symphoniker, director titular de la Orquesta de Jóvenes del Festival de Bayreuth, director artístico y titular de la Orquesta Filarmónica de Gran Canaria y director artístico de la Real Orquesta Sinfónica de Sevilla. Entre sus producciones de ópera destacan *La mujer silenciosa* en la Bayreische Staatsoper y en el Münchner Opernfestspiele, o *Salomé* y *El sonido distante* en la Staatsoper Unter den Linden de Berlín.

**Kathryn McDowell**

Es directora general de la Orquesta Sinfónica de Londres, cuya sede está en el Barbican Centre de la capital británica. Pionera en el desarrollo de programas educativos y comunitarios realizados por orquestas, en 1993 creó Cambio de Marea, el primer proyecto educativo de la Asociación de Orquestas Británicas. Ha trabajado con la Ópera Nacional de Gales y la Orquesta del Úlster, ha sido directora de Música del Consejo de las Artes de Inglaterra y directora ejecutiva del proyecto que llevó a la creación del Centro Millennium de Gales. Entre 2002 y 2005 fue directora del Festival Ciudad de Londres.

**Committee chair**

A composer and musicologist, he is currently Director of the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (Spain). Trained with maestros including Maderna, Boulez, Ligeti, Adorno and Stockhausen, he has taught at the Madrid Higher Conservatoire and the National Distance Learning University (UNED), and served as Managing and Technical Director of the Spanish National Orchestra and Choir, Director of the Center for the Promotion of Contemporary Music, and Director General of the National Music and Performing Arts Institute (INAEM). His many distinctions include the National Music Prize and Gold Medal of Merit in the Fine Arts.

**Committee secretary**

Artistic Director of the Accademia Nazionale di Santa Cecilia in Rome (Italy). He has collaborated closely with conductors like Daniele Gatti, Christian Thielemann, Myung-Whun Chung and Antonio Pappano. A musicologist with a degree in piano and composition, he has worked for the Encyclopédie Trecanni and as a consultant for RAI Radio 3, the classical music station of the Italian public broadcaster. He also spent time as a researcher for the Fondazione Rossini in Pesaro, where he contributed to a new critical edition of the composer's complete works.

Artistic Administrator of the Accademia Nazionale di Santa Cecilia in Rome (Italy). He has collaborated closely with conductors like Daniele Gatti, Christian Thielemann, Myung-Whun Chung and Antonio Pappano. A musicologist with a degree in piano and composition, he has worked for the Encyclopédie Trecanni and as a consultant for RAI Radio 3, the classical music station of the Italian public broadcaster. He also spent time as a researcher for the Fondazione Rossini in Pesaro, where he contributed to a new critical edition of the composer's complete works.

Composer specializing in interdisciplinary creation, she earned a PhD from the Royal College of Music in London and has collaborated with English National Ballet, the Royal Academy of Arts and the Dresdner Musikfestspiele. Her catalogue spans chamber, choreographic, electro-acoustic, jazz and solo works, video and opera. In this last genre, she created *Je Suis Narcissiste*, recently premiered in the Teatro Real Madrid and nominated in the 2020 International Opera Awards. Recipient of a 2020 Leonardo Grant in Music and Opera, the same year she won Spain's National Music Prize.

A conductor and composer, he was Artistic Director of the Teatro de la Maestranza in Seville (Spain) from 2004 to 2018, and has served as Guest Conductor with the Nürnberger Symphoniker, Principal Conductor of the Bayreuth Festival Youth Orchestra, Artistic Director and Principal Conductor of the Orquesta Filarmónica de Gran Canaria, and Artistic Director of the Real Orquesta Sinfónica de Sevilla. On the opera stage, he conducted *Die schwigsame Frau* at the Bavarian State Opera and Munich's Opera Festival, and *Salomé* and *Der ferne Klang* in Staatsoper Unter den Linden in Berlin, among others.

Managing Director of the London Symphony Orchestra, resident at the Barbican Centre in the UK capital. A pioneer in the field of arts education, in 1993 she was the guiding force behind "The Turn of the Tide," the first national educational project of the Association of British Orchestras. She has worked with Welsh National Opera and the Ulster Orchestra, as Music Director of the Arts Council of England and subsequently as Chief Executive of the Wales Millennium Centre. She was also Director of the City of London Festival from 2002 to 2005.

## Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Música y Ópera

## Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Music and Opera

## Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Música y Ópera ha sido concedido, en su decimocuarta edición, a **Philip Glass** por su extraordinaria contribución a la creación musical y a la ópera, con gran impacto en la historia de la música de los siglos XX y XXI. Con un estilo distintivo y un novedoso enfoque de la composición, Philip Glass ha abarcado diferentes tradiciones culturales de todo el mundo, forjando un estilo único y personal, y siguiendo su propio camino con valor y convicción.

Muy respetado por los mayores exponentes de muchas disciplinas artísticas, Glass es una figura internacional que atrae a un público de todas las generaciones. Sus obras se interpretan en los auditorios más importantes y en las principales orquestas de todo el mundo.

A lo largo de su dilatada y distinguida carrera, ha creado un vasto catálogo que incluye veinte óperas, catorce sinfonías, numerosos conciertos para solistas y música para el cine, abordando los temas más significativos de nuestro tiempo.

## Excerpt from award citation

95

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Music and Opera category goes, in this fourteenth edition, to **Philip Glass** for his extraordinary contribution to musical creation and opera which has had a major impact in the music history of the 20th and 21st centuries. His distinctive style and fresh approach to composition have embraced different cultural traditions from all over the world, forging a unique and individual style while pursuing his own path with courage and conviction.

Highly respected by leading artists in many art forms, Glass is an international figure appealing to audiences of all generations. His work is performed in the most important opera houses and by leading musical ensembles around the world.

During his long and distinguished career, he has built a vast catalogue that includes 20 operas, 14 symphonies, and many concertos for soloists and film music, addressing the most significant issues of our times.

## **Comité técnico de apoyo**

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento  
**Música y Ópera**

## **Evaluation support panel**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award  
**Music and Opera**

---

### **Antonio Ezquerro Esteban**

Científico titular en la Institución Milà y Fontanals (CSIC)  
Tenured Researcher at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

---

### **Luis Antonio González Marín**

Científico titular en la Institución Milà y Fontanals (CSIC)  
Tenured Researcher at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

---

### **Ignacio Montero Ruiz**

Coordinador adjunto del Área Global Sociedad e investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC)  
Deputy Coordinator of the Society Global Area and Research Scientist at the Institute of History (CSIC)

---

### **Emilio Ros Fábregas**

Investigador científico en la Institución Milà y Fontanals (CSIC)  
Research Scientist at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

---

### **Juan Manuel Vicent García**

Investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC)  
Research Scientist at the Institute of History (CSIC)

---

Coordinadora / Coordinator

---

### **M. Victoria Moreno Arribas**

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Deputy Vice-President for Scientific and Technical Areas · Spanish National Research Council (CSIC)

## Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Música y Ópera

## Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

### Music and Opera

---

#### Philip Glass

Fue nominado por:

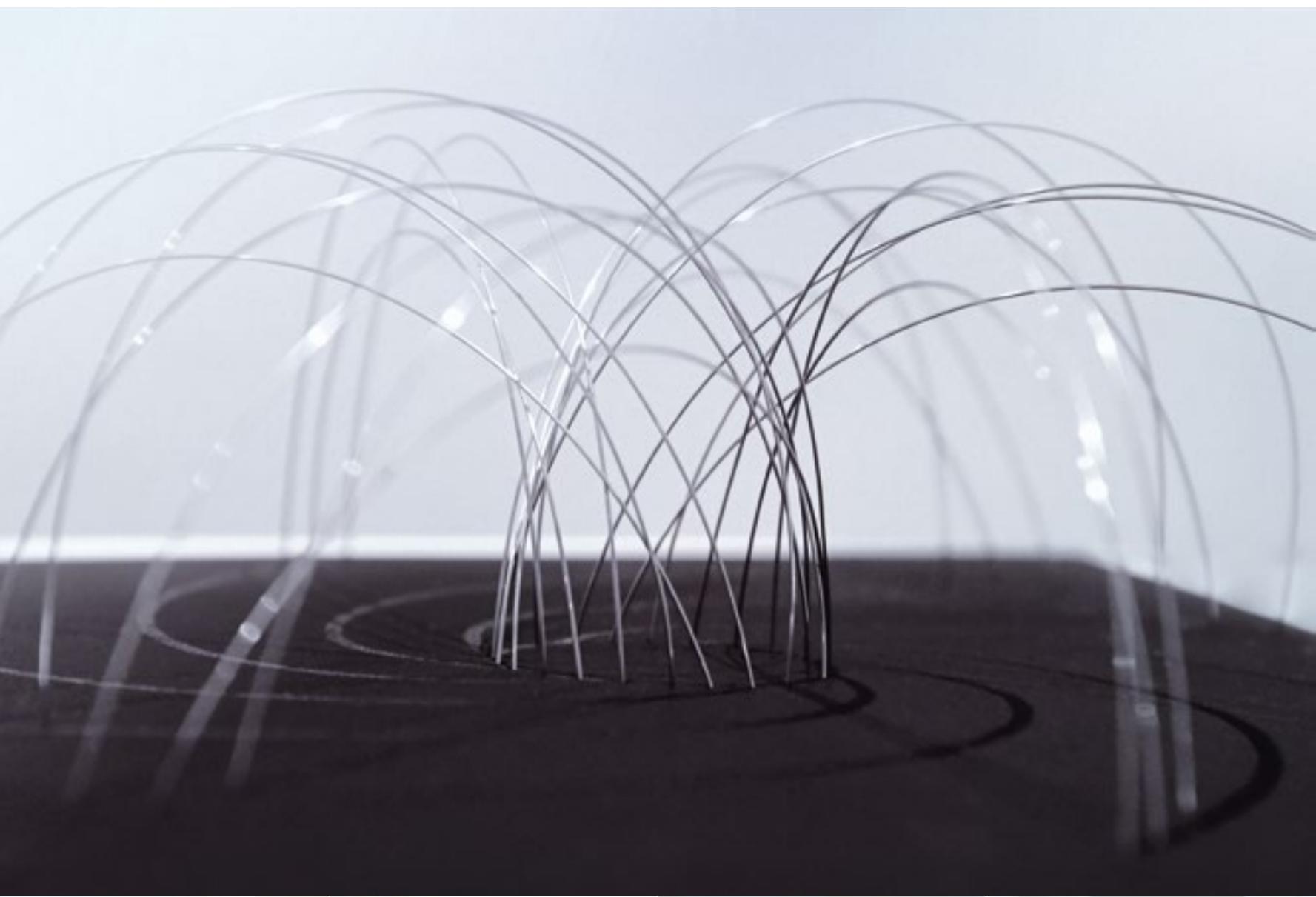
- **Gabriel Erkoreka**, compositor y profesor de Composición en Musikene (Centro Superior de Música del País Vasco), España, y premio Nacional de Música 2021

---

#### Philip Glass

Was nominated by:

- **Gabriel Erkoreka**, composer and Professor of Composition at Musikene (Basque Country Higher School of Music), Spain, and winner of the 2021 National Music Prize



## Símbolo artístico *Fronteras del Conocimiento*

Artista: Blanca Muñoz

Blanca Muñoz se licenció en Bellas Artes en la Universidad Complutense de Madrid. Fue becada por el Gobierno de Italia en la Calcografía Nazionale (1989), por la Real Academia de España en Roma (1990) y por la Dirección de Relaciones Exteriores de México (Ciudad de México, 1992). Entre otros reconocimientos, ha recibido una Beca Leonardo de la Fundación BBVA 2014 y el Premio Nacional de Grabado en 1999. Es miembro de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

**Escultura monumental:** Trío escultórico Gorgonas y fuente *Lustral*, Plaza de España, Madrid (2022); *Altiva*, Fundación Masaveu, Madrid (2019); *Talismán*, Banca March, Madrid (2016); *Géminis*, Torre Cepsa de Norman Foster, Madrid (2009); *Panta rei*, Málaga (2008); *Eclíptica*, Palacio de Congresos de Badajoz (2006); *Perseidas II*, Parque de la Curva de Elorrieta, Bilbao (2004).

**Últimas exposiciones individuales:** *Acrobacias*, Galería Marlborough, Madrid (2022); *Vaívén*, Galería Marlborough, Madrid (2018); *Recapitulación*, Galería Marlborough, Barcelona (2016); *Tornasol*, Galería Marlborough, Madrid (2015); *De l'acier à l'or*, Galerie MiniMasterpiece, París (2013); *Circunnavegación 1990-2012*, Sala Alcalá 31, Madrid (2013); *Superficial*, Galería Marlborough, Madrid (2012); *Cueva de estrellas*, Sala La Gallera, Valencia (2010); *Joyas de Blanca Muñoz*, Joyería Grassy, Madrid (2010); *Blue Dance*, Galería Marlborough, Chelsea, Nueva York (2009).

Su obra se ha expuesto también en la Biblioteca Nacional de España, el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y el Museo Nacional del Prado.

*En el símbolo artístico de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento —señala la artista—, he tratado de sintetizar las ocho categorías seleccionadas y, al mismo tiempo, interrelacionar todas las disciplinas en un continuo desafío hacia nuevos avances del conocimiento. He elegido la espiral como símbolo de la imagen de la vida en numerosas culturas, porque es la mejor solución para crecer en poco espacio y la mejor forma para representar la continuidad: la espiral se expande infinitamente desde el punto de origen. Es decir, he tratado de acompañar las siete disciplinas científicas al son de la octava: la música contemporánea.*

## *Frontiers of Knowledge* artwork

Artist: Blanca Muñoz

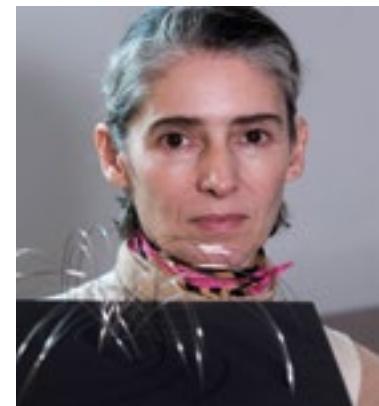
Blanca Muñoz obtained a BA in Fine Arts from the Universidad Complutense de Madrid. She has held scholarships at Calcografía Nazionale (1989), awarded by the Italian Government, at the Spanish Royal Academy in Rome (1990), and in Mexico City (1992), awarded by the Mexican Department of Foreign Affairs. Her distinctions include a 2014 Leonardo Grant from the BBVA Foundation and the 1999 National Print Prize. She is an elected member of the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

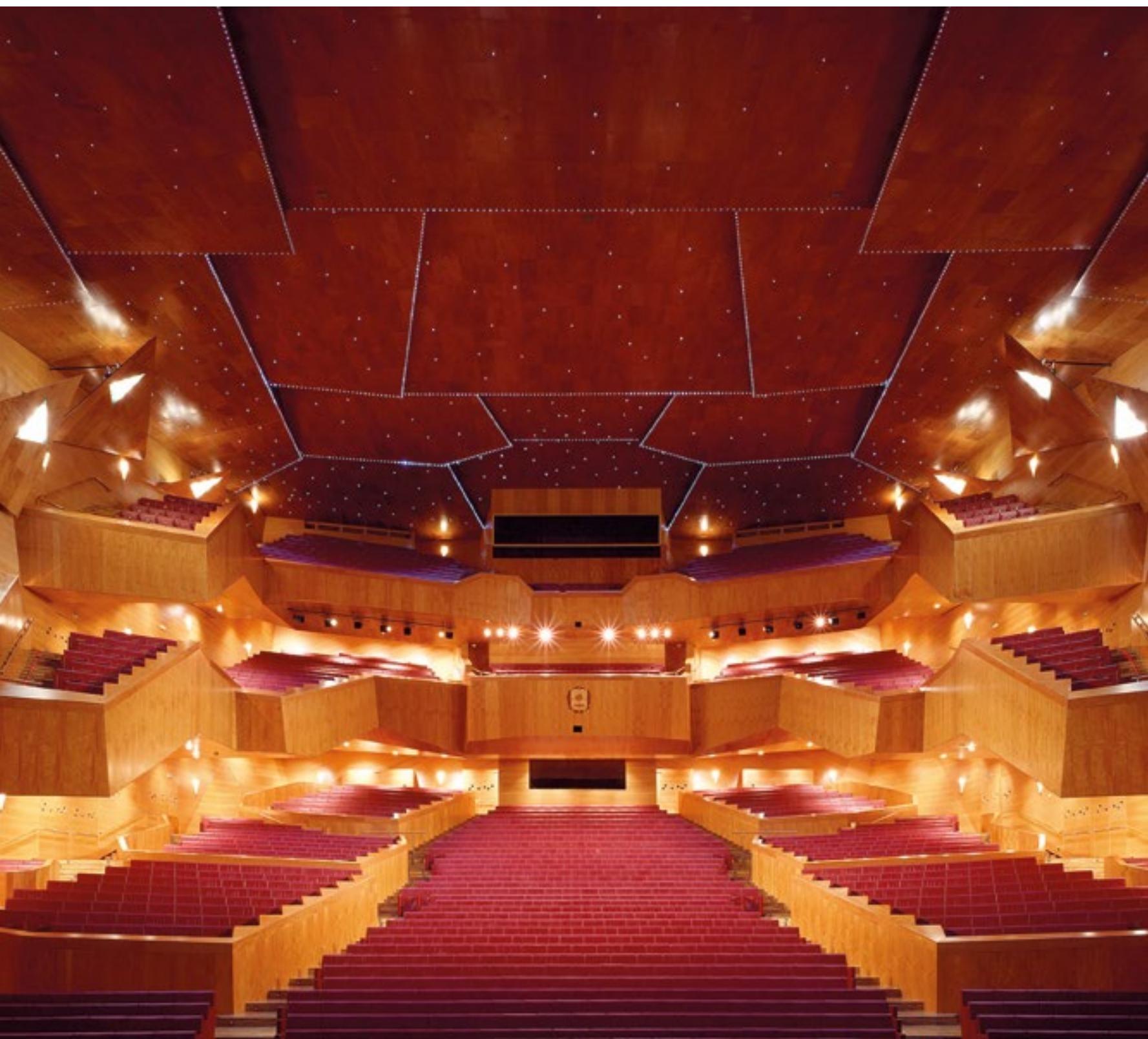
**Monumental sculpture:** Sculpture trio Gorgonas and *Lustral* fountain, Plaza de España, Madrid (2022); *Altiva*, Fundación Masaveu, Madrid (2019); *Talismán*, Banca March, Madrid (2016); *Géminis*, Torre Cepsa, architect Norman Foster, Madrid (2009); *Panta rei*, Málaga (2008); *Eclíptica*, Badajoz Exhibition Center (2006); *Perseidas II*, Parque de la Curva de Elorrieta, Bilbao (2004).

**Latest solo exhibitions:** *Acrobacias*, Galería Marlborough, Madrid (2022); *Vaívén*, Galería Marlborough, Madrid (2018); *Recapitulación*, Galería Marlborough, Barcelona (2016); *Tornasol*, Galería Marlborough, Madrid (2015); *De l'acier à l'or*, Galerie MiniMasterpiece, Paris (2013); *Circunnavegación 1990-2012*, Sala Alcalá 31, Madrid (2013); *Superficial*, Galería Marlborough, Madrid (2012); *Cueva de estrellas*, Sala La Gallera, Valencia (2010); *Joyas de Blanca Muñoz*, Joyería Grassy, Madrid (2010); *Blue Dance*, Marlborough Chelsea, New York (2009).

Her work has also been shown in the National Library of Spain, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía and the Prado Museum.

*My idea for the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards artwork – says the artist – was to synthesize the eight categories addressed and, at the same time, to convey the ambition of all disciplines advancing together towards new terrains of knowledge. I chose the spiral for its symbolism in numerous cultures as an image of life, and because it is the optimal solution for growth in a limited space as well as the best way to represent continuity: the spiral expands endlessly outward from its point of origin. This, I think, brings the seven scientific disciplines harmoniously into play, to the rhythm of the eighth: contemporary music.*





## Concierto

## Gala concert

### Euskadiko Orkestra

Renaud Capuçon, violín

Robert Treviño, director

**Philip Glass\*** (1937)

*Concierto para violín y orquesta n.º 1* (30')

1.  $\text{♩} = 104$  —  $\text{♩} = 120$
2.  $\text{♩} = \text{ca. } 108$
3.  $\text{♩} = \text{ca. } 150$  — Coda: Poco meno  $\text{♩} = 104$

**Richard Strauss** (1864-1949)

*Una sinfonía alpina, op. 64* (51')

### Basque National Orchestra

Renaud Capuçon, violin

Robert Treviño, conductor

**Philip Glass\*** (1937)

*Concerto for Violin and Orchestra No. 1* (30')

1.  $\text{♩} = 104$  —  $\text{♩} = 120$
2.  $\text{♩} = \text{ca. } 108$
3.  $\text{♩} = \text{ca. } 150$  — Coda: Poco meno  $\text{♩} = 104$

**Richard Strauss** (1864-1949)

*An Alpine Symphony, op. 64* (51')

\* Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Música y Ópera

\* BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in Music and Opera

15 de junio de 2022  
19:30 horas  
Palacio Euskalduna  
Bilbao

June 15, 2022  
19:30  
Euskalduna Conference Centre  
Bilbao



### Inicio de la ceremonia

### Ceremony begins

### Bienvenida del Alcalde de Bilbao

### Welcome from the Mayor of Bilbao

### Acto de entrega de los Premios

### Awards presentation

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)  
Biología y Biomedicina  
Tecnologías de la Información y la Comunicación  
Ecología y Biología de la Conservación  
Cambio Climático  
Economía, Finanzas y Gestión de Empresas  
Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)  
Música y Ópera

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)  
Biology and Biomedicine  
Information and Communication Technologies  
Ecology and Conservation Biology  
Climate Change  
Economics, Finance and Management  
Humanities and Social Sciences (Social Sciences)  
Music and Opera

### Discurso de la Presidenta del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

### Speech by the President of the Spanish National Research Council

### Discurso del Presidente de la Fundación BBVA

### Speech by the President of the BBVA Foundation

### Discurso del Lehendakari

### Speech by the *Lehendakari* (President of the Basque Country)

### Cóctel en el Palacio Euskalduna

### Cocktail in the Euskalduna Conference Centre

16 de junio de 2022  
19:30 horas  
Palacio Euskalduna  
Bilbao

June 16, 2022  
19:30  
Euskalduna Conference Centre  
Bilbao

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

104

#### XIII Edición / 13th Edition 2020



##### A. Paul Alivisatos

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

##### Michael Grätzel

Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza)  
École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Switzerland)

#### XII Edición / 12th Edition 2019



##### Charles H. Bennett

IBM Research  
(Estados Unidos / United States)

##### Gilles Brassard

University of Montreal (Canada)  
Universidad de Montreal (Canada)

##### Peter Shor

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)  
(Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### XI Edición / 11th Edition 2018



##### Charles L. Kane Eugene Mele

Universidad de Pensilvania  
(Estados Unidos)  
University of Pennsylvania  
(United States)

#### X Edición / 10th Edition 2017



##### Omar Yaghi

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

#### IX Edición / 9th Edition 2016



##### David Cox

Universidad de Oxford  
(Reino Unido)  
University of Oxford  
(United Kingdom)

##### Bradley Efron

Universidad de Stanford  
(Estados Unidos)  
Stanford University  
(United States)

#### VIII Edición / 8th Edition 2015



##### Stephen Hawking

Universidad de Cambridge  
(Reino Unido)  
University of Cambridge  
(United Kingdom)

##### Viatcheslav Mukhanov

Universidad Ludwig Maximilian de Múnich (Alemania)  
Ludwig Maximilian University of Munich (Germany)

#### VII Edición / 7th Edition 2014



##### Stephen L. Buchwald

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### VI Edición / 6th Edition 2013



##### Maximilian Haider

Instituto Tecnológico de Karlsruhe (Alemania)  
Karlsruhe Institute of Technology (Germany)

##### Harald Rose

Universidad de Ulm (Alemania)  
Ulm University (Germany)

##### Knut Urban

Centro de Investigación de Jülich (Alemania)  
Juelich Research Center (Germany)

#### V Edición / 5th Edition 2012



##### Ingrid Daubechies

Universidad de Duke  
(Estados Unidos)  
Duke University (United States)

##### David B. Mumford

Universidad de Brown  
(Estados Unidos)  
Brown University (United States)

#### IV Edición / 4th Edition 2011



##### Michel G.E. Mayor Didier Queloz

Universidad de Ginebra (Suiza) /  
University of Geneva (Switzerland)-  
Premio Nobel de Física 2019 /  
Nobel Prize in Physics 2019

#### III Edición / 3rd Edition 2010



##### Gabor A. Somorjai

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

#### II Edición / 2nd Edition 2009



##### Richard N. Zare

Universidad de Stanford  
(Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

##### Michael E. Fisher

Universidad de Maryland  
(Estados Unidos)  
University of Maryland  
(United States)

#### I Edición / 1st Edition 2008



##### Ignacio Cirac

Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Alemania)  
Max Planck Institute of Quantum Optics (Germany)

##### Peter Zoller

Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica (Austria)  
Institute for Quantum Optics and Quantum Information (Austria)

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Biología y Biomedicina

#### XIII Edición / 13th Edition 2020



##### David Julius

Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos) · Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2021  
University of California, San Francisco (United States) · Nobel Prize in Physiology or Medicine 2021

##### Ardem Patapoutian

Instituto de Investigación Scripps (TSRI) (Estados Unidos) · Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2021  
The Scripps Research Institute (United States) · Nobel Prize in Physiology or Medicine 2021

#### XII Edición / 12th Edition 2019



##### Michael N. Hall

Universidad de Basilea (Suiza)  
University of Basel (Switzerland)

##### David M. Sabatini

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### XI Edición / 11th Edition 2018



##### Jeffrey I. Gordon

Escuela de Medicina de la Universidad de Washington en San Luis (Estados Unidos)  
Washington University School of Medicine in St. Louis (United States)

#### X Edición / 10th Edition 2017



##### James P. Allison

MD Anderson Cancer Center de la Universidad de Texas (Estados Unidos) · Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2018  
University of Texas MD Anderson Cancer Center (United States) · Nobel Prize in Physiology or Medicine 2018

\* El nombre de esta categoría fue «Biomedicina» en las diez primeras ediciones.

The name of this category was "Biomedicine" in the first ten editions.

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Biology and Biomedicine

#### IX Edición / 9th Edition 2016



##### Emmanuelle Charpentier

Universidad Humboldt de Berlín (Alemania) · Premio Nobel de Química 2020  
Humboldt University of Berlin (Germany) · Nobel Prize in Chemistry 2020

##### Jennifer Doudna

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos) · Premio Nobel de Química 2020  
University of California, Berkeley (United States) · Nobel Prize in Chemistry 2020

##### Francisco J. Martínez Mojica

Universidad de Alicante (España)  
University of Alicante (Spain)

#### VIII Edición / 8th Edition 2015



##### Edward S. Boyden III

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

##### Karl Deisseroth

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

##### Gero Miesenböck

Universidad de Oxford (Reino Unido)  
University of Oxford (United Kingdom)

#### VII Edición / 7th Edition 2014



##### Tony Hunter

Salk Institute for Biological Studies (Estados Unidos / United States)

##### Joseph Schlessinger

Universidad de Yale (Estados Unidos)  
Yale University (United States)

##### Charles L. Sawyers

Memorial Sloan Kettering Cancer Center (Estados Unidos / United States)

#### VI Edición / 6th Edition 2013



##### Adrian Bird

Universidad de Edimburgo (Reino Unido)  
University of Edinburgh (United Kingdom)

#### V Edición / 5th Edition 2012



##### Douglas L. Coleman

The Jackson Laboratory (Estados Unidos / United States)

##### Jeffrey M. Friedman

Howard Hughes Medical Institute (Estados Unidos / United States)

#### IV Edición / 4th Edition 2011



##### Alexander Varshavsky

Instituto de Tecnología de California (Estados Unidos)  
California Institute of Technology (United States)

#### III Edición / 3rd Edition 2010



##### Shinya Yamanaka

Universidad de Kioto (Japón)  
y Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos) · Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2012

Kyoto University (Japan)  
and University of California, San Francisco (United States) · Nobel Prize in Physiology or Medicine 2012

#### II Edición / 2nd Edition 2009



##### Robert J. Lefkowitz

Universidad de Duke (Estados Unidos) · Premio Nobel de Química 2012  
Duke University (United States) · Nobel Prize in Chemistry 2012

#### I Edición / 1st Edition 2008



##### Joan Massagué

Memorial Sloan Kettering Cancer Center (Estados Unidos / United States)

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Tecnologías de la Información y la Comunicación

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Information and Communication Technologies

106

#### XIII Edición / 13th Edition 2020



##### John L. Hennessy

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

##### David A. Patterson

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

#### XII Edición / 12th Edition 2019



##### Isabelle Guyon

Universidad Paris-Saclay (Francia)  
Université Paris-Saclay (France)

##### Bernhard Schölkopf

Instituto Max Planck para Sistemas Inteligentes (Alemania)  
Max Planck Institute for Intelligent Systems (Germany)

##### Vladimir N. Vapnik

Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Columbia University (United States)

#### XI Edición / 11th Edition 2018



##### Ivan Edward Sutherland

Universidad Estatal de Portland (Estados Unidos)  
Portland State University (United States)

#### X Edición / 10th Edition 2017



##### Shafi Goldwasser

##### Silvio Micali

##### Ronald L. Rivest

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

##### Adi Shamir

Instituto Weizmann de Ciencias (Israel)

Weizmann Institute of Science (Israel)

#### IX Edición / 9th Edition 2016



##### Geoffrey Hinton

Universidad de Toronto (Canadá)  
University of Toronto (Canada)

#### VIII Edición / 8th Edition 2015



##### Stephen A. Cook

Universidad de Toronto (Canadá)  
University of Toronto (Canada)

#### VII Edición / 7th Edition 2014



##### Leonard Kleinrock

Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos)  
University of California, Los Angeles (United States)

#### VI Edición / 6th Edition 2013



##### Marvin L. Minsky

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### V Edición / 5th Edition 2012



##### Lotfi A. Zadeh

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

#### IV Edición / 4th Edition 2011



##### Carver A. Mead

Instituto de Tecnología de California (Estados Unidos)  
California Institute of Technology (United States)

#### III Edición / 3rd Edition 2010



##### Donald E. Knuth

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### II Edición / 2nd Edition 2009



##### Thomas Kailath

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### I Edición / 1st Edition 2008



##### Jacob Ziv

Instituto Technion (Israel)  
Technion Institute (Israel)

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Ecología y Biología de la Conservación

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Ecology and Conservation Biology

#### XIII Edición / 13th Edition 2020



##### Sandra Díaz

Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

##### Sandra Lavorel

Laboratorio de Ecología Alpina, Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) (Francia)  
Laboratoire d'Écologie Alpine, Centre National de la Recherche Scientifique (France)

##### Mark Westoby

Universidad Macquarie (Australia)  
Macquarie University (Australia)

#### XII Edición / 12th Edition 2019



##### Carlos M. Duarte

Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdalá (Arabia Saudí)  
King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia)

##### Terence P. Hughes

Universidad James Cook (Australia)  
James Cook University (Australia)

##### Daniel Pauly

Universidad de Columbia Británica (Canadá)  
University of British Columbia (Canada)

#### XI Edición / 11th Edition 2018



##### Gretchen Cara Daily

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

##### Georgina Mace

University College de Londres (Reino Unido)  
University College London (United Kingdom)

#### X Edición / 10th Edition 2017



##### B. Rosemary Grant

##### Peter R. Grant

Universidad de Princeton (Estados Unidos)  
Princeton University (United States)

#### IX Edición / 9th Edition 2016



##### Gene E. Likens

Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas (Estados Unidos / United States)

##### Marten Scheffer

Universidad de Wageningen (Países Bajos)  
Wageningen University (Netherlands)

#### VIII Edición / 8th Edition 2015



##### Ilkka Hanski

Universidad de Helsinki (Finlandia)  
University of Helsinki (Finland)

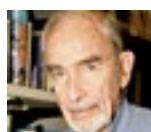
#### VII Edición / 7th Edition 2014



##### David Tilman

Universidad de Minnesota (Estados Unidos)  
University of Minnesota (United States)

#### VI Edición / 6th Edition 2013



##### Paul R. Ehrlich

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### V Edición / 5th Edition 2012



##### Jane Lubchenco

Universidad Estatal de Oregón (Estados Unidos)  
Oregon State University (United States)

#### IV Edición / 4th Edition 2011



##### Daniel H. Janzen

Universidad de Pensilvania (Estados Unidos)  
University of Pennsylvania (United States)

#### III Edición / 3rd Edition 2010



##### Edward O. Wilson

Universidad de Harvard (Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

#### II Edición / 2nd Edition 2009



##### Peter B. Reich

Universidad de Minnesota (Estados Unidos)  
University of Minnesota (United States)

#### I Edición / 1st Edition 2008



##### Thomas E. Lovejoy William F. Laurance

Instituto Smithsoniano (Estados Unidos)  
Smithsonian Institution (United States)

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Cambio Climático

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Climate Change

108

#### XIII Edición / 13th Edition 2020



##### **Neil Adger**

Universidad de Exeter  
(Reino Unido)  
University of Exeter  
(United Kingdom)

##### **Ian Burton**

Universidad de Toronto (Canadá)  
University of Toronto (Canada)

##### **Karen O'Brien**

Universidad de Oslo (Noruega)  
University of Oslo (Norway)

#### XII Edición / 12th Edition 2019



##### **Kerry A. Emanuel**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)  
(Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### XI Edición / 11th Edition 2018



##### **Anny Cazenave**

Laboratorio de Estudios de Geofísica y Oceanografía Espaciales (Francia)  
Instituto Internacional de Ciencias Espaciales (ISSI) (Suiza)  
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (France)  
International Space Science Institute (Switzerland)

##### **John A. Church**

Universidad de Nueva Gales del Sur (Australia)  
University of New South Wales (Australia)

##### **Jonathan Gregory**

Universidad de Reading (Reino Unido)  
University of Reading (United Kingdom)

#### X Edición / 10th Edition 2017



##### **William Nordhaus**

Universidad de Yale (Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2018  
Yale University (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2018

#### IX Edición / 9th Edition 2016



##### **James E. Hansen**

Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Columbia University (United States)

##### **Syukuro Manabe**

Universidad de Princeton (Estados Unidos) · Premio Nobel de Física 2021  
Princeton University (United States) · Nobel Prize in Physics 2021

#### VIII Edición / 8th Edition 2015



##### **Veerabhadran Ramanathan**

Universidad de California en San Diego (Estados Unidos)  
University of California, San Diego (United States)

#### VII Edición / 7th Edition 2014



##### **Richard B. Alley**

Universidad Estatal de Pensilvania (Estados Unidos)  
Pennsylvania State University (United States)

#### VI Edición / 6th Edition 2013



##### **Christopher B. Field**

Carnegie Institution for Science y Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Carnegie Institution for Science and Stanford University (United States)

#### V Edición / 5th Edition 2012



##### **Susan Solomon**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### IV Edición / 4th Edition 2011



##### **Isaac Meyer Held**

Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica (Estados Unidos)  
National Oceanic and Atmospheric Administration (United States)

#### III Edición / 3rd Edition 2010



##### **Nicholas Stern**

The London School of Economics and Political Science (Reino Unido / United Kingdom)

#### II Edición / 2nd Edition 2009



##### **Klaus Hasselmann**

Instituto Max Planck de Meteorología (Alemania) · Premio Nobel de Física 2021  
Max Planck Institute for Meteorology (Germany) · Nobel Prize in Physics 2021

#### I Edición / 1st Edition 2008



##### **Wallace S. Broecker**

Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Columbia University (United States)

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Economics, Finance and Management

#### XIII Edición / 13th Edition 2020



##### **Ben S. Bernanke**

The Brookings Institution  
(Estados Unidos / United States)

##### **Mark Gertler**

Universidad de Nueva York  
(Estados Unidos)  
New York University (United States)

##### **Nobuhiro Kiyotaki**

Universidad de Princeton  
(Estados Unidos)  
Princeton University (United States)

##### **John Moore**

Universidad de Edimburgo  
(Reino Unido)  
University of Edinburgh  
(United Kingdom)

#### XII Edición / 12th Edition 2019



##### **Philippe Aghion**

Collège de France (Francia / France)

##### **Peter Howitt**

Universidad de Brown  
(Estados Unidos)  
Brown University (United States)

#### XI Edición / 11th Edition 2018



##### **Claudia Goldin**

Universidad de Harvard  
(Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

#### X Edición / 10th Edition 2017



##### **Tim Bresnahan**

Universidad de Stanford  
(Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

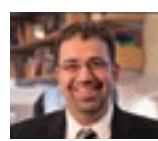
##### **Ariel Pakes**

Universidad de Harvard  
(Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

##### **Robert Porter**

Universidad Northwestern  
(Estados Unidos)  
Northwestern University  
(United States)

#### IX Edición / 9th Edition 2016



##### **Daron Acemoglu**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### VIII Edición / 8th Edition 2015



##### **Robert B. Wilson**

Universidad de Stanford  
(Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2020  
Stanford University (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2020

#### VII Edición / 7th Edition 2014



##### **Richard Blundell**

University College de Londres  
University College London  
(United Kingdom)

##### **David Card**

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2018  
University of California, Berkeley (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2021

#### VI Edición / 6th Edition 2013



##### **Elhanan Helpman**

Universidad de Harvard (Estados Unidos) e Instituto Canadiense de Investigación Avanzada (Canadá)  
Harvard University (United States) and Canadian Institute for Advanced Research (Canada)

#### V Edición / 5th Edition 2012



##### **Paul R. Milgrom**

Universidad de Stanford  
(Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2020  
Stanford University (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2020

#### IV Edición / 4th Edition 2011



##### **Angus Deaton**

Universidad de Princeton  
(Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2015  
Princeton University (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2015

#### III Edición / 3rd Edition 2010



##### **Lars Peter Hansen**

Universidad de Chicago  
(Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2013  
University of Chicago (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2013

#### II Edición / 2nd Edition 2009



##### **Andreu Mas-Colell**

Universitat Pompeu Fabra (España)  
Pompeu Fabra University (Spain)

##### **Hugo Sonnenschein**

Universidad de Chicago (Estados Unidos)  
University of Chicago (United States)

#### I Edición / 1st Edition 2008



##### **Jean Tirole**

Fundación Jean-Jacques Laffont (Francia) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2014  
Jean-Jacques Laffont Foundation (France) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2014

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Humanidades y Ciencias Sociales

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Humanities and Social Sciences

#### XIII Edición / 13th Edition

2020

(Humanidades / Humanities)



#### Gerald Holton

Universidad de Harvard  
(Estados Unidos)  
Harvard University  
(United States)

#### XII Edición / 12th Edition

2019

(Ciencias Sociales / Social Sciences)



#### Susan T. Fiske

Universidad de Princeton  
(Estados Unidos)  
Princeton University  
(United States)

#### Shelley E. Taylor

Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos)  
University of California, Los Angeles (United States)

#### XI Edición / 11th Edition

2018

(Humanidades / Humanities)



#### Noam Chomsky

Instituto Tecnológico de Massachusetts y Universidad de Arizona (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology and University of Arizona (United States)

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

### Cooperación al desarrollo

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### Development Cooperation

#### X Edición / 10th Edition

2017



#### Nubia Muñoz

Instituto Nacional de Cancerología de Colombia (Colombia)  
National Cancer Institute of Colombia (Colombia)

#### IX Edición / 9th Edition

2016



#### Pedro L. Alonso

Organización Mundial de la Salud (Suiza)  
World Health Organization (Switzerland)

#### Peter J. Myler

Center for Infectious Disease Research  
(Estados Unidos / United States)

#### VIII Edición / 8th Edition

2015



#### Martin Ravallion

Universidad de Georgetown (Estados Unidos)  
Georgetown University (United States)

#### VII Edición / 7th Edition

2014



#### Helen Keller International

Estados Unidos  
United States

#### VI Edición / 6th Edition

2013



#### Pratham

India

#### V Edición / 5th Edition

2012



#### DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative)

Suiza  
Switzerland

#### IV Edición / 4th Edition

2011



#### Ciro de Quadros

Sabin Vaccine Institute  
(Estados Unidos / United States)

#### III Edición / 3rd Edition

2010



#### International Rice Research Institute (IRRI)

Filipinas  
The Philippines

#### II Edición / 2nd Edition

2009



#### Development Research Institute (DRI)

Universidad de Nueva York (Estados Unidos)  
New York University (United States)

#### I Edición / 1st Edition

2008



#### Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL)

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

## Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento  
**Música y Ópera**

## Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards  
**Music and Opera**

### XIII Edición / 13th Edition

2020



#### Peter Eötvös

Compositor (Hungria)  
Composer (Hungary)

### XII Edición / 12th Edition

2019



#### Arvo Pärt

Compositor (Estonia)  
Composer (Estonia)

### XI Edición / 11th Edition

2018



#### John Adams

Compositor y director  
(Estados Unidos)  
Composer and conductor  
(United States)

### X Edición / 10th Edition

2017



#### Kaija Saariaho

Compositora (Finlandia)  
Composer (Finland)

### IX Edición / 9th Edition

2016



#### Sofia Gubaidulina

Compositora  
(Federación de Rusia)  
Composer (Russian Federation)

### VIII Edición / 8th Edition

2015



#### Georges Aperghis

Compositor (Grecia)  
Composer (Greece)

### VII Edición / 7th Edition

2014



#### György Kurtág

Compositor (Hungria)  
Composer (Hungary)

### VI Edición / 6th Edition

2013



#### Steve Reich

Compositor (Estados Unidos)  
Composer (United States)

### V Edición / 5th Edition

2012



#### Pierre Boulez

Compositor y director (Francia)  
Composer and conductor (France)



#### Salvatore Sciarrino

Compositor (Italia)  
Composer (Italy)

### IV Edición / 4th Edition

2011



#### Helmut Lachenmann

Compositor (Alemania)  
Composer (Germany)

### III Edición / 3rd Edition

2010



#### Cristóbal Halffter

Compositor y director (España)  
Composer and conductor (Spain)

### II Edición / 2nd Edition

2009

\* El nombre de esta categoría fue «Música Contemporánea»

en las diez primeras ediciones.

The name of this category was "Contemporary Music"

in the first ten editions.

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## Artes (Música, Pintura, Escultura, Arquitectura)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

## Arts (Music, Painting, Sculpture, Architecture)

### I Edición / 1st Edition

2008



#### Steven Holl

Arquitecto. Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Architect. Columbia  
University (United States)

## Galardonados en ediciones anteriores por año

## Laureates in previous editions by year

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

## XIII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

## 13th Edition

2020

---

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

**A. Paul Alivisatos**

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

**Michael Grätzel**

Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza)  
École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Switzerland)

---

**Biología y Biomedicina**  
Biology and Biomedicine

**David Julius**

Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos) · Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2021  
University of California, San Francisco (United States) · Nobel Prize in Physiology or Medicine 2021

**Ardem Patapoutian**

Instituto de Investigación Scripps (TSRI) (Estados Unidos)  
The Scripps Research Institute (United States)

---

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

**John L. Hennessy**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

**David A. Patterson**

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

---

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

**Sandra Díaz**

Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

**Sandra Lavorel**

Laboratorio de Ecología Alpina, Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) (Francia)  
Laboratoire d'Ecologie Alpine, Centre National de la Recherche Scientifique (France)

**Mark Westoby**

Universidad Macquarie (Australia)  
Macquarie University (Australia)

---

**Cambio Climático**  
Climate Change

**Neil Adger**

Universidad de Exeter (Reino Unido) / University of Exeter (United Kingdom)

**Ian Burton**

Universidad de Toronto (Canadá) / University of Toronto (Canada)

**Karen O'Brien**

Universidad de Oslo (Noruega) / University of Oslo (Norway)

---

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

**Ben S. Bernanke**

The Brookings Institution (Estados Unidos / United States)

**Mark Gertler**

Universidad de Nueva York (Estados Unidos) / New York University (United States)

**Nobuhiro Kiyotaki**

Universidad de Princeton (Estados Unidos) / Princeton University (United States)

**John Moore**

Universidad de Edimburgo (Reino Unido) / University of Edinburgh (United Kingdom)

---

**Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)**  
Humanities and Social Sciences (Humanities)

**Gerald Holton**

Universidad de Harvard (Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

---

**Música y Ópera**

Music and Opera

**Peter Eötvös**

Compositor y director (Hungria)  
Composer and conductor (Hungary)

## XII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 12th Edition

2019

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### **Charles H. Bennett**

IBM Research (Estados Unidos / United States)

#### **Gilles Brassard**

University of Montreal (Canada)  
Universidad de Montreal (Canada)

#### **Peter Shor**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### **Biología y Biomedicina**

Biology and Biomedicine

#### **Michael N. Hall**

Universidad de Basilea (Suiza)  
University of Basel (Switzerland)

#### **David M. Sabatini**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### **Isabelle Guyon**

Universidad París-Saclay (Francia)  
Université Paris-Saclay (France)

#### **Bernhard Schölkopf**

Instituto Max Planck para Sistemas Inteligentes (Alemania)  
Max Planck Institute for Intelligent Systems (Germany)

#### **Vladimir N. Vapnik**

Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Columbia University (United States)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### **Carlos M. Duarte**

Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdalá (Arabia Saudí)  
King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia)

#### **Terence P. Hughes**

Universidad James Cook (Australia)  
James Cook University (Australia)

#### **Daniel Pauly**

Universidad de Columbia Británica (Canadá)  
University of British Columbia (Canada)

**Cambio Climático**  
Climate Change

#### **Kerry A. Emanuel**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### **Philippe Aghion**

Collège de France (Francia / France)

#### **Peter Howitt**

Universidad de Brown (Estados Unidos) / Brown University (United States)

**Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)**  
Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

#### **Susan T. Fiske**

Universidad de Princeton (Estados Unidos)  
Princeton University (United States)

#### **Shelley E. Taylor**

Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos)  
University of California, Los Angeles (United States)

**Música y Ópera**  
Music and Opera

#### **Arvo Pärt**

Compositor (Estonia) / Composer (Estonia)

## XI Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 11th Edition

2018

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### **Charles L. Kane**

#### **Eugene Mele**

Universidad de Pensilvania (Estados Unidos)  
University of Pennsylvania (United States)

**Biología y Biomedicina**

Biology and Biomedicine

#### **Jeffrey I. Gordon**

Centro Familia Edison de Ciencias del Genoma y Biología de Sistemas,  
Escuela de Medicina de la Universidad de Washington en San Luis (Estados Unidos)  
The Edison Family Center for Genome Sciences & Systems Biology,  
Washington University School of Medicine in St. Louis (United States)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### **Ivan Edward Sutherland**

Universidad Estatal de Portland (Estados Unidos)  
Portland State University (United States)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### **Gretchen Cara Daily**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### **Georgina Mace**

Universidad College de Londres (Reino Unido)  
University College London (United Kingdom)

**Cambio Climático**  
Climate Change

#### **Anny Cazenave**

Laboratorio de Estudios de Geofísica y Oceanografía Espaciales (LEGOS) (Francia)  
Instituto Internacional de Ciencias Espaciales (Suiza)  
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (France)  
International Space Science Institute (Switzerland)

#### **John A. Church**

Universidad de Nueva Gales del Sur (Australia)  
University of New South Wales (Australia)

#### **Jonathan Gregory**

Universidad de Reading (Reino Unido)  
University of Reading (United Kingdom)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### **Claudia Goldin**

Universidad de Harvard (Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

**Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)**  
Humanities and Social Sciences (Humanities)

#### **Noam Chomsky**

Instituto Tecnológico de Massachusetts y Universidad de Arizona (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology and University of Arizona (United States)

**Música y Ópera**

Music and Opera

#### **John Adams**

Compositor y director (Estados Unidos)  
Composer and conductor (United States)

## X Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 10th Edition

2017

#### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

##### Omar Yaghi

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

#### Biomedicina Biomedicine

##### James P. Allison

MD Anderson Cancer Center, Universidad de Texas (Estados Unidos)  
Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2018  
University of Texas MD Anderson Cancer Center (United States)  
Nobel Prize in Physiology or Medicine 2018

#### Tecnologías de la Información y la Comunicación Information and Communication Technologies

##### Shafi Goldwasser

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

##### Silvio Micali

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

##### Ronald L. Rivest

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

##### Adi Shamir

Instituto Weizmann de Ciencias (Israel)  
Weizmann Institute of Science (Israel)

#### Ecología y Biología de la Conservación Ecology and Conservation Biology

##### B. Rosemary Grant

##### Peter R. Grant

Universidad de Princeton (Estados Unidos)  
Princeton University (United States)

#### Cambio Climático Climate Change

##### William Nordhaus

Universidad de Yale (Estados Unidos)  
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2018  
Yale University (United States)  
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2018

#### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Economics, Finance and Management

##### Tim Bresnahan

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

##### Ariel Pakes

Universidad de Harvard (Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

##### Robert Porter

Universidad Northwestern (Estados Unidos)  
Northwestern University (United States)

#### Cooperación al Desarrollo Development Cooperation

##### Nubia Muñoz

Instituto Nacional de Cancerología de Colombia (Colombia)  
National Cancer Institute of Colombia (Colombia)

#### Música Contemporánea Contemporary Music

##### Kaija Saariaho

Compositora (Finlandia)  
Composer (Finland)

## IX Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 9th Edition

2016

#### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

##### David Cox

Universidad de Oxford (Reino Unido)  
University of Oxford (United Kingdom)

##### Bradley Efron

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### Biomedicina Biomedicine

##### Emmanuelle Charpentier

Universidad Humboldt de Berlín (Alemania)  
Humboldt University of Berlin (Germany)

##### Jennifer Doudna

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

##### Francisco J. Martínez Mojica

Universidad de Alicante (España)  
University of Alicante (Spain)

#### Tecnologías de la Información y la Comunicación Information and Communication Technologies

##### Geoffrey Hinton

Universidad de Toronto (Canadá)  
University of Toronto (Canada)

#### Ecología y Biología de la Conservación Ecology and Conservation Biology

##### Gene E. Likens

Cary Institute of Ecosystem Studies (Estados Unidos / United States)

##### Marten Scheffer

Universidad de Wageningen (Países Bajos)  
Wageningen University (Netherlands)

#### Cambio Climático Climate Change

##### James E. Hansen

Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Columbia University (United States)

##### Syukuro Manabe

Universidad de Princeton (Estados Unidos)  
Premio Nobel de Física 2021  
Princeton University (United States)  
Nobel Prize in Physics 2021

#### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Economics, Finance and Management

##### Daron Acemoglu

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### Cooperación al Desarrollo Development Cooperation

##### Pedro L. Alonso

Organización Mundial de la Salud (Suiza)  
World Health Organization (Switzerland)

##### Peter J. Myler

Center for Infectious Disease Research (Estados Unidos / United States)

#### Música Contemporánea Contemporary Music

##### Sofia Gubaidulina

Compositora (Federación de Rusia)  
Composer (Russian Federation)

## VIII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 8th Edition

2015

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### **Stephen Hawking**

Universidad de Cambridge (Reino Unido)  
University of Cambridge (United Kingdom)

#### **Viatcheslav Mukhanov**

Universidad Ludwig Maximilian de Múnich (Alemania)  
Ludwig Maximilian University of Munich (Germany)

**Biomedicina**  
Biomedicine

#### **Edward S. Boyden III**

Instituto Tecnológico de Massachusetts  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

#### **Karl Deisseroth**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### **Gero Miesenböck**

Universidad de Oxford (Reino Unido)  
University of Oxford (United Kingdom)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### **Stephen A. Cook**

Universidad de Toronto (Canadá)  
University of Toronto (Canada)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### **Ilkka Hanski**

Universidad de Helsinki (Finlandia)  
University of Helsinki (Finland)

**Cambio Climático**  
Climate Change

#### **Veerabhadran Ramanathan**

Universidad de California en San Diego (Estados Unidos)  
University of California, San Diego (United States)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### **Robert B. Wilson**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2020  
Stanford University (United States)  
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2020

**Cooperación al Desarrollo**  
Development Cooperation

#### **Martin Ravallion**

Universidad de Georgetown(Estados Unidos)  
Georgetown University (United States)

**Música Contemporánea**  
Contemporary Music

#### **Georges Aperghis**

Compositor (Grecia)  
Composer (Greece)

## VII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 7th Edition

2014

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### **Stephen L. Buchwald**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

**Biomedicina**  
Biomedicine

#### **Tony Hunter**

Salk Institute for Biological Studies (Estados Unidos / United States)

#### **Joseph Schlessinger**

Universidad de Yale (Estados Unidos)

Yale University (United States)

#### **Charles L. Sawyers**

Memorial Sloan Kettering Cancer Center (Estados Unidos / United States)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### **Leonard Kleinrock**

Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos)  
University of California, Los Angeles (United States)

**Ecología y Biología de la Conservación**

Ecology and Conservation Biology

#### **David Tilman**

Universidad de Minnesota (Estados Unidos)

University of Minnesota (United States)

**Cambio Climático**

Climate Change

#### **Richard B. Alley**

Universidad Estatal de Pensilvania (Estados Unidos)

Pennsylvania State University (United States)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**

Economics, Finance and Management

#### **Richard Blundell**

University College de Londres

University College London (United Kingdom)

#### **David Card**

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)

Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2021

University of California, Berkeley (United States)

Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2021

**Cooperación al Desarrollo**

Development Cooperation

#### **Helen Keller International**

Estados Unidos

United States

**Música Contemporánea**

Contemporary Music

#### **György Kurtág**

Compositor (Hungria)  
Composer (Hungary)

## VI Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 6th Edition

2013

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### **Maximilian Haider**

Instituto Tecnológico de Karlsruhe (Alemania)  
Karlsruhe Institute of Technology (Germany)

#### **Harald Rose**

Universidad de Ulm (Alemania)  
Ulm University (Germany)

#### **Knut Urban**

Centro de Investigación de Jülich (Alemania)  
Juelich Research Center (Germany)

#### **Biomedicina**

Biomedicine

#### **Adrian Bird**

Universidad de Edimburgo (Reino Unido)  
University of Edinburgh (United Kingdom)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### **Marvin L. Minsky**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### **Paul R. Ehrlich**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

**Cambio Climático**  
Climate Change

#### **Christopher B. Field**

Carnegie Institution for Science y Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Carnegie Institution for Science and Stanford University (United States)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### **Elhanan Helpman**

Universidad de Harvard (Estados Unidos) e Instituto Canadiense de Investigación Avanzada (Canadá)  
Harvard University (United States) and Canadian Institute for Advanced Research (Canada)

**Cooperación al Desarrollo**  
Development Cooperation

#### **Pratham**

India

**Música Contemporánea**  
Contemporary Music

#### **Steve Reich**

Compositor (Estados Unidos)  
Composer (United States)

## V Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 5th Edition

2012

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### **Ingrid Daubechies**

Universidad de Duke (Estados Unidos)  
Duke University (United States)

#### **David B. Mumford**

Universidad de Brown (Estados Unidos)  
Brown University (United States)

#### **Biomedicina**

Biomedicine

#### **Douglas L. Coleman**

The Jackson Laboratory (Estados Unidos / United States)

#### **Jeffrey M. Friedman**

Howard Hughes Medical Institute (Estados Unidos / United States)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### **Lotfi A. Zadeh**

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### **Jane Lubchenco**

Universidad Estatal de Oregon (Estados Unidos)  
Oregon State University (United States)

#### **Cambio Climático**

Climate Change

#### **Susan Solomon**

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### **Paul R. Milgrom**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2020  
Stanford University (United States)  
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2020

**Cooperación al Desarrollo**  
Development Cooperation

#### **DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative)**

Suiza  
Switzerland

**Música Contemporánea**  
Contemporary Music

#### **Pierre Boulez**

Compositor y director (Francia)  
Composer and conductor (France)

## IV Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 4th Edition

2011

#### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

##### **Michel G.E. Mayor**

Universidad de Ginebra (Suiza)  
Premio Nobel de Física 2019  
University of Geneva (Switzerland)  
Nobel Prize in Physics 2019

##### **Didier Queloz**

Universidad de Ginebra (Suiza)  
Premio Nobel de Física 2019  
University of Geneva (Switzerland)  
Nobel Prize in Physics 2019

#### Biomedicina

#### Biomedicine

##### **Alexander Varshavsky**

Instituto de Tecnología de California (Estados Unidos)  
California Institute of Technology (United States)

#### Tecnologías de la Información y la Comunicación Information and Communication Technologies

##### **Carver A. Mead**

Instituto de Tecnología de California (Estados Unidos)  
California Institute of Technology (United States)

#### Ecología y Biología de la Conservación

#### Ecology and Conservation Biology

##### **Daniel H. Janzen**

Universidad de Pensilvania (Estados Unidos)  
University of Pennsylvania (United States)

#### Cambio Climático

#### Climate Change

##### **Isaac Meyer Held**

Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica (Estados Unidos)  
National Oceanic and Atmospheric Administration (United States)

#### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

#### Economics, Finance and Management

##### **Angus Deaton**

Universidad de Princeton (Estados Unidos)  
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2015  
Princeton University (United States)  
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2015

#### Cooperación al Desarrollo

#### Development Cooperation

##### **Ciro de Quadros**

Sabin Vaccine Institute (Estados Unidos / United States)

#### Música Contemporánea

#### Contemporary Music

##### **Salvatore Sciarrino**

Compositor (Italia)  
Composer (Italy)

## III Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 3rd Edition

2010

#### Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

##### **Gabor A. Somorjai**

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)  
University of California, Berkeley (United States)

#### Biomedicina

#### Biomedicine

##### **Shinya Yamanaka**

Universidad de Kioto (Japón) y Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos)  
Premio Nobel en Fisiología y Medicina 2012  
Kyoto University (Japan) and University of California, San Francisco (United States)  
Nobel Prize in Physiology or Medicine 2012

#### Tecnologías de la Información y la Comunicación

#### Information and Communication Technologies

##### **Donald E. Knuth**

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### Ecología y Biología de la Conservación

#### Ecology and Conservation Biology

##### **Edward O. Wilson**

Universidad de Harvard (Estados Unidos)  
Harvard University (United States)

#### Cambio Climático

#### Climate Change

##### **Nicholas Stern**

The London School of Economics and Political Science (Reino Unido / United Kingdom)

#### Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

#### Economics, Finance and Management

##### **Lars Peter Hansen**

Universidad de Chicago (Estados Unidos)  
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2013  
University of Chicago (United States)  
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2013

#### Cooperación al Desarrollo

#### Development Cooperation

##### **International Rice Research Institute (IRRI)**

Filipinas  
The Philippines

#### Música Contemporánea

#### Contemporary Music

##### **Helmut Lachenmann**

Compositor (Alemania)  
Composer (Germany)

## II Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 2nd Edition

2009

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### Richard N. Zare

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

#### Michael E. Fisher

Universidad de Maryland (Estados Unidos)  
University of Maryland (United States)

**Biomedicina**  
Biomedicine

#### Robert J. Lefkowitz

Universidad de Duke (Estados Unidos) · Premio Nobel de Química 2012  
Duke University (United States) · Nobel Prize in Chemistry 2012

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### Thomas Kailath

Universidad de Stanford (Estados Unidos)  
Stanford University (United States)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### Peter B. Reich

Universidad de Minnesota (Estados Unidos)  
University of Minnesota (United States)

**Cambio Climático**  
Climate Change

#### Klaus Hasselmann

Instituto Max Planck de Meteorología (Alemania)  
Premio Nobel de Física 2021  
Max Planck Institute for Meteorology (Germany)  
Nobel Prize in Physics 2021

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### Andreu Mas-Colell

Universitat Pompeu Fabra (España)  
Pompeu Fabra University (Spain)

#### Hugo Sonnenschein

Universidad de Chicago (Estados Unidos)  
University of Chicago (United States)

**Cooperación al desarrollo**  
Development Cooperation

#### Development Research Institute (DRI)

Universidad de Nueva York (Estados Unidos)  
New York University (United States)

**Música Contemporánea**  
Contemporary Music

#### Cristóbal Halffter

Compositor y director (España)  
Composer and conductor (Spain)

## I Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

### 1st Edition

2008

**Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)**  
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

#### Ignacio Cirac

Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Alemania)  
Max Planck Institute of Quantum Optics (Germany)

#### Peter Zoller

Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica (Austria)  
Institute for Quantum Optics and Quantum Information (Austria)

**Biomedicina**  
Biomedicine

#### Joan Massagué

Memorial Sloan Kettering Cancer Center (Estados Unidos / United States)

**Tecnologías de la Información y la Comunicación**  
Information and Communication Technologies

#### Jacob Ziv

Instituto Technion (Israel)  
Technion Institute (Israel)

**Ecología y Biología de la Conservación**  
Ecology and Conservation Biology

#### Thomas E. Lovejoy

#### William F. Laurance

Instituto Smithsonian (Estados Unidos)  
Smithsonian Institution (United States)

**Cambio Climático**  
Climate Change

#### Wallace S. Broecker

Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Columbia University (United States)

**Economía, Finanzas y Gestión de Empresas**  
Economics, Finance and Management

#### Jean Tirole

Fundación Jean-Jacques Laffont (Francia)  
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2014  
Jean-Jacques Laffont Foundation (France)  
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2014

**Cooperación al desarrollo**  
Development Cooperation

#### Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL)

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)  
Massachusetts Institute of Technology (United States)

**Artes (Música, Pintura, Escultura, Arquitectura)**  
Arts (Music, Painting, Sculpture, Architecture)

#### Steven Holl

Arquitecto. Universidad de Columbia (Estados Unidos)  
Architect. Columbia University (United States)

## Créditos Credits

119

### Fundación BBVA

Edificio de San Nicolás · Plaza de San Nicolás, 4 · 48005 Bilbao  
Palacio del Marqués de Salamanca · Paseo de Recoletos, 10 · 28001 Madrid  
España / Spain  
[www.fbbva.es](http://www.fbbva.es)

### Texto (categoría Música y Ópera) / Text (Music and Opera category)

César Coca

### Traducción / Translations

Karen Welch: todos los textos, a excepción de las páginas 4-5 / all texts except pages 4-5

### Créditos fotográficos / Photo credits

Todas las fotos Fundación BBVA excepto / All photos Fundación BBVA except:

- 6 Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / Spanish National Research Council (CSIC)
- 8 Ayuntamiento de Bilbao / Bilbao City Council
- 15 CERN. CMS Collaboration; Thomas McCauley; Dominick John Olivito; Giovanni Zevi Della Porta
- 19 (Charles Fefferman) ICMAT
- 25 Yaron Fuchs, Samara Brown y Hermann Steller, Rockefeller University
- 26 (Robert S. Langer) Queen Elizabeth Prize for Engineering Foundation
- 35 Shutterstock
- 45 Gettyimages
- 46 (Simon Asher Levin) Brian Wilson, Universidad de Princeton / Princeton University
- 56 NASA, ESA, Brian Welch (JHU), Dan Coe (STScI), Alyssa Pagan (STScI)
- 59 Gettyimages
- 63 (Ellen Mosley-Thompson) Universidad Estatal de Ohio / The Ohio State University
- 69 NASDAQ Stock Market
- 73 Santa Fe Institute (SFI)
- 79 Shutterstock
- 89 Cortesía de / Courtesy of: Dunvagen Music
- 93 Lelli e Masotti · MITO SettembreMusica
- 100 Aitor Ortiz, Palacio Euskalduna / Euskalduna Conference Centre
- 102 Enrique Moreno Esquibel, Palacio Euskalduna / Euskalduna Conference Centre

### Diseño gráfico / Graphic design nu comunicación

### Impresión / Printed by Gráficas Ingugom

Depósito Legal / Legal deposit: BI 00309-2022

Impreso en España / Printed in Spain

Impreso en papel ecológico / Printed on environmentally responsible paper

