

XII Edición
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
12th Edition

Fundación
BBVA

XII Edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

12th Edition

Carlos Torres Vila

Presidente
Fundación BBVA

President
BBVA Foundation

En un año marcado por la covid-19, que irrumpió en pleno proceso de deliberación de los jurados, es especialmente gratificante y un orgullo presentar la edición decimosegunda de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, unos galardones que reconocen el valor del conocimiento como elemento fundamental de nuestra sociedad.

La pandemia ha tenido graves consecuencias en el ámbito sanitario y social, y también un fuerte impacto en el ámbito económico, con la mayor caída del PIB desde el final de la Segunda Guerra Mundial.

Por otro lado, el confinamiento y distanciamiento social han acelerado tendencias preexistentes como la digitalización y la adopción de nuevas tecnologías.

En este entorno, como han puesto de relieve las premiadas en la categoría de Ciencias Sociales, Susan Fiske y Shelley Taylor, la tecnología ha jugado un papel clave al habernos permitido mantener la interacción que necesitamos como seres sociales.

Gracias a la tecnología hemos logrado permanecer en contacto con nuestras familias y amigos, teletrabajar y adaptarnos a nuevos entornos colaborativos, y también consumir de manera remota.

Las nuevas tecnologías como la inteligencia artificial, el *big data*, la robótica o la computación cuántica están teniendo ya un enorme impacto en la sociedad y en la economía, en todos los sectores, en todos los ámbitos de nuestra vida.

Son cambios radicales. Cambios que se producirán de manera exponencial y ante los que tenemos que prepararnos, invirtiendo, educando, reestructurando sectores del pasado y construyendo los del futuro, aquellos en los que las nuevas tecnologías y negocios serán fuente de empleo.

Un cambio que debe apoyarse en el mejor conocimiento, cuya generación requiere de un esfuerzo constante y continuado de las administraciones, las empresas y la sociedad en su conjunto. Los galardonados de esta familia de premios son un buen exponente: ellos

In a year marked by COVID-19, which struck just as the committees were in the midst of their deliberations, I feel especially proud to present the 12th edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards, which recognize the value of knowledge as an indispensable element in the functioning of our society.

The pandemic has had serious health and social consequences, as well as a strong economic impact, with the largest drop in GDP since the end of World War II.

At the same time, lockdown and social distancing have accelerated pre-existing trends such as digitalization and the adoption of new technologies.

In this environment, as highlighted by the award winners in the Social Sciences category, Susan Fiske and Shelley Taylor, technology has played a key role in allowing us to maintain the interactions that we need as social beings.

Thanks to technology, we have been able to stay in touch with our families and friends, to work from home and adapt to new collaborative environments, and to consume from home as well.

New technologies such as artificial intelligence, big data, robotics or quantum computing are already having a huge impact on society and the economy, in all sectors and in all areas of our lives.

These are radical changes. Changes that will happen exponentially and for which we have to prepare ourselves by investing, educating, and reshaping the sectors of the past. Also by building the sectors of the future, where new technologies and businesses will be a driver of employment.

This whole transformation must be based on the best knowledge, the generation of which requires a constant and ongoing effort by governments, companies and society as a whole. The winners of these awards are a good example: they followed in the footsteps of their teachers and, in turn, their best legacy is the teams and students they have trained who will carry on their work.



siguieron los pasos de sus maestros y, a su vez, su mejor legado son los equipos y alumnos que forman y que continuarán con sus contribuciones.

Gracias a las nominaciones procedentes de algunas de las principales instituciones académicas y de investigación de todo el mundo, y a la magnífica labor de los jurados de expertos independientes de primer nivel, cada año los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento son capaces de identificar y reconocer auténticos hitos en el proceso de generación continua del conocimiento.

Thanks to nominations from some of the world's leading academic and research institutions and the superb work of the committees formed by leading independent experts, each year the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards are able to identify and recognize authentic milestones in the ongoing process of knowledge generation.

Rosa Menéndez

Presidenta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

President

Spanish National Research Council

La resolución de la duodécima edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento sucede en paralelo con la llegada de la pandemia de la covid-19. Probablemente el suceso global con mayor impacto en nuestras vidas de los últimos ochenta años.

Al escribir este prólogo, casi un año más tarde, pues la pandemia ha aplazado también el acto de entrega de estos premios, es momento de reflexión desde la perspectiva de la ciencia.

Podemos formularnos preguntas como: ¿Ha respondido la ciencia ante este reto global?, ¿estábamos preparados?, ¿lo estaremos en el futuro?

Es quizás sencillo decir ahora que sí, con unas vacunas eficaces en el mercado y una parte significativa de la población vacunada. El desarrollo de estas vacunas hubiera sido simplemente imposible si la ciencia no hubiese contado con el conocimiento desarrollado a lo largo de los años en el campo biomédico. Detrás de estos avances, logrados principalmente desde laboratorios y fábricas del sector privado, está el trabajo previo de los laboratorios de los centros de investigación públicos. Quienes hemos tenido la oportunidad de vivir de cerca en estos meses esta cooperación necesaria —y lo complicado, pero a la vez crítico, que es establecerla y mantenerla— debemos reivindicar tanto el apoyo a esta ciencia de frontera como el refuerzo de esa colaboración que permite que los avances lleguen finalmente hasta nuestra sociedad.

Me gustaría conectar de esta forma con los premiados de la presente edición, pues es especialmente acertado el reconocimiento a los estudios sobre innovación, que justamente analizan la importancia en el progreso de la aparición de los avances tecnológico-científicos.

La pandemia de la covid-19 ha supuesto un nuevo reto computacional en muchos frentes. En el diseño de nuevos antivirales, las técnicas de computación aún deben avanzar tanto en el diseño químico de estos fármacos como en el logro de un verdadero sistema de *cribado* virtual. La computación cuántica puede ser clave para ello. Si hoy ya no nos parece ciencia ficción, es gracias a aportaciones como las premiadas en la categoría

The selection stage of the 12th edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards coincided in time with the onset of the COVID-19 pandemic. Probably the global event of the last eighty years that has most impacted our lives.

Writing this foreword around a year later, since the pandemic has also pushed back the presentation ceremony, it seems a good time to reflect on what all this has meant for science.

Among the questions we might ask are: has science risen to this global challenge? were we prepared? and will we be prepared in future?

It may seem easy now to answer in the affirmative, with effective vaccines on the market and a good part of the population vaccinated. Developing these vaccines would simply not have been possible had science not been equipped with the knowledge acquired over time in the biomedicine field. Behind these advances, most of them emerging from private-sector labs and manufacturing facilities, is the groundwork done in the laboratories of public research organizations. Those of us who have had the chance to observe this cooperative effort at close quarters – and know how hard but important it is to establish and maintain – must be strenuous in demanding support for this frontier science, as well as for the strengthening of the collaborative networks which ensure that its advances reach society.

These reflections bring me to the laureates in this edition, in particular the timeliness of the recognition given to scholarly work on innovation, analyzing the importance for progress of new techno-scientific advances.

The COVID-19 pandemic has brought new computational challenges on multiple fronts. In antiviral drug discovery, the next big steps for computing techniques are to advance in the chemical design of these agents, and in the achievement of a true virtual “screening” system. Quantum computation may hold the key. And if this no longer seems like science fiction, it is thanks to contributions like those distinguished in the Basic Sciences category, which promise real-world applications of widespread impact.



de Ciencias Básicas, que han propuesto aplicaciones reales de gran impacto.

En conexión de nuevo con la pandemia, el conocimiento de nuestro cuerpo en el nivel de nuestras células no deja de sorprendernos. Este año hemos descubierto con asombro el increíble funcionamiento de nuestro sistema inmune. El premio de esta edición a la regulación del metabolismo en las células nos abre otra ventana a uno de los misterios más perseguidos por la ciencia, que es cómo se mantiene la vida.

La pandemia nos ha hecho también reflexionar de nuevo sobre nuestra conexión con la naturaleza y con nuestro planeta. La creciente explotación de recursos naturales tiene un impacto directo en la biodiversidad, y por otra parte, el comercio con las especies y la explotación intensiva en la producción animal suponen cada vez un riesgo mayor. Por ello, es tan importante el reconocimiento a quienes han contribuido a que la sociedad conozca y valore la biodiversidad de los océanos. Los eventos extremos, cuyo estudio es reconocido por el premio en la categoría de Cambio Climático, nos recuerdan tristemente qué evolución podemos esperar en los próximos años para nuestro planeta si no implementamos ya las acciones que los expertos científicos no cesan de aconsejarnos.

Me quedan para el final los premiados con mayor carga emocional. Los trabajos en cognición social y especialmente su enlace con la salud, que han abierto una nueva perspectiva para entender la compleja sociedad global de nuestros días y, quizás, incluso ayudarnos ante las excepcionales circunstancias actuales. Qué mejor ayuda que reconciliarnos con el espíritu de la vida a través de la música. Les sugiero que mientras recorren estas páginas escuchen el *Da Pacem*, una de las obras del compositor premiado.

Returning to the pandemic, knowledge of our bodies at the cellular level never ceases to surprise us. This year we were awed to learn about the incredible workings of our immune system. The award in this edition to the discoverers of metabolism regulation in the cell opens another window to one of science's most elusive mysteries, that of how life is maintained.

The pandemic has also got us rethinking our relationship with nature and the Earth. The growing exploitation of natural resources hits directly at biodiversity, while species trafficking and intensive livestock farming pose an ever greater risk. Hence the importance of recognizing those who have taught society to understand and value marine biodiversity. Extreme events, whose study has been recognized in the Climate Change category, are a tough reminder of what our planet may go through in the coming years if we fail to take the actions that scientists are repeatedly urging.

Let me close now with the awardees whose work carries most emotional weight. Research on social cognition, particularly its link to health, has brought a new perspective to bear on our complex global society, and may even help us cope with today's extraordinary circumstances. And what better comfort than to reconcile ourselves with the spirit of life through music. I suggest that while reading these pages you listen to *Da Pacem*, composed by this year's music laureate.

Juan Mari Aburto

Alcalde
Ayuntamiento de Bilbao

Mayor
Bilbao City Council

Bilbao aspiraba a recordar el 2020 como el segundo año en que la Fundación BBVA le confiaba la organización de los prestigiosos Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, considerados la antesala de los Premios Nobel, que reconocen la labor de esas personas extraordinarias de todo el mundo, quienes, desde distintas perspectivas y desde distintas especialidades del saber, contribuyen al progreso global de la humanidad.

Sin embargo, la llegada de la covid-19 lo cambió todo para siempre. De repente, la vida tal como la conocíamos quedó confinada durante semanas, y todas las agendas y todos los proyectos públicos y privados quedaron suspendidos o resumidos a la mínima expresión, para orientar la totalidad de los esfuerzos hacia la lucha contra el coronavirus.

Probablemente, pocas veces en la historia nos hemos sentido tan vulnerables como personas y como especie, y muy pocas veces hemos tenido ocasión de experimentar de qué somos capaces como seres humanos cuando remamos todas y todos en la misma dirección.

Sin lugar a dudas, una de las poquísimas cosas buenas que ha traído la pandemia global de la covid-19 ha sido, precisamente, esa colaboración universal a todos los niveles en la guerra mundial contra el coronavirus, que ha permitido desarrollar vacunas efectivas en muy pocos meses, algo inédito en la historia de la medicina. Ello demuestra más que mil argumentos bien fundados la importancia de invertir en futuro, en investigación y en conocimiento para mejorar la vida de las generaciones actuales y venideras.

Por tanto, aunque sea con un año de retraso, Bilbao se convierte de nuevo en sede de los XII Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, lo que constituye una ocasión inmejorable para impulsar y vincular el nombre de la capital vizcaína a ese concepto de *ciudad del conocimiento* que desde las instituciones estamos tratando de asentar hace ya algunos años.

Bilbao es una ciudad fuertemente apegada a sus raíces, pero con una gran vocación de futuro, como ha tenido ocasión de demostrar repetidamente en sus 721 años de historia. Desde finales de la Edad Media,

Bilbao hoped to look back on 2020 as the second year in which the BBVA Foundation entrusted it with the organization of the prestigious BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards, considered a predictor of the Nobel Prize. These awards recognize the work of extraordinary people from around the world who from their diverse perspectives and branches of knowledge have contributed to the global advancement of humanity.

But the arrival of COVID-19 changed things forever. Suddenly life as we knew it was shut down for weeks on end, and all public and private plans and projects were put on hold or reduced to the barest expression, in order to direct all efforts to the fight against the coronavirus.

It may be said that rarely in history have we felt so vulnerable as individuals and as a species. And rarely have we had the chance to experience what we are capable of as human beings when we row together in the same direction.

Undoubtedly one of the few good things to come out of the global COVID-19 pandemic has been precisely the universal collaboration at all levels in the global war against the virus, which has delivered effective vaccines in just a few short months. This achievement, unprecedented in the history of medicine, is better testimony than a thousand reasoned arguments to the importance of investing in the future, in research and in knowledge to improve the lives of present and future generations.

So, though it is with a year's delay, Bilbao will again be home to the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards, in this 12th edition, offering an unrivaled opportunity to reinforce the link between the name of the Bizkaia capital and the "city of knowledge" concept that for some years now has enjoyed the backing of our civic institutions.

Bilbao is a city that cherishes its roots, yet does so while looking to the future, as it has shown time and time again in its 721 years of history. Since the end of the Middle Ages, the port of Bilbao, then located in the Arenal area, has served as a point of entry for the many



el puerto de Bilbao, que entonces se encontraba en la zona del Arenal, se convirtió en puerta de entrada para numerosos avances científicos, sociales y culturales procedentes del norte de Europa.

Desde entonces, en Bilbao nos hemos acostumbrado a hacer grandes cosas, y a hacerlas bien. Y ese gusto por el trabajo bien hecho, por la innovación y la excelencia, es parte esencial de nuestro ADN más profundo como ciudad y como sociedad.

Por todo ello, Bilbao apuesta por el futuro, y ese futuro lleno de esperanza se escribe con la tinta del conocimiento, el verdadero oro de este siglo XXI marcado por la incertidumbre y también por las oportunidades de futuro para el conjunto de la humanidad.

Como alcalde de Bilbao, es un gran orgullo dar de nuevo la bienvenida a este gran evento internacional de los Premios Fronteras del Conocimiento, que la Fundación BBVA ha vinculado para siempre con el futuro y con esta ciudad, que los recibe con los brazos abiertos.

scientific, social and cultural advances emerging in Northern Europe.

Since then the people of Bilbao have become accustomed to doing great things, and doing them well. And this taste for a job well done, for innovation and excellence, is imprinted deep in our DNA as a city and a society.

Bilbao, then, looks to the future, and that hopeful future is written in the ink of knowledge, the true gold of this 21st century marked by uncertainty but at the same time rich in opportunities for all world citizens.

As Mayor of Bilbao, it is with immense pride that I welcome back this great international event, the Frontiers of Knowledge Awards, which the BBVA Foundation has chosen to permanently associate with the future and with this city, which receives them with open arms.



La tradición innovadora de Bilbao

La vitalidad innovadora de Bilbao y su ría en los siglos XIX y XX se manifiesta en un potente impulso de innovación demográfica, económica y social. La crisis del Antiguo Régimen fuerza a los comerciantes del segundo tercio del XIX a buscar nuevas salidas empresariales. Lo hacen en el contexto de la nueva economía industrial capitalista y de la mano de una amplia oferta empresarial: siderurgia, actividad minera, infraestructuras ferroviarias, etc. Cuentan para ello con la creación de un nuevo sistema bancario; en 1856 se funda el Banco de Bilbao. Con ello se da el paso del capitalismo comercial al despertar del capitalismo industrial.

La siguiente generación de empresarios se caracteriza por una elevada cualificación tecnológica. Muchos han estudiado ingeniería en Europa o derecho en España, y este talante cosmopolita les lleva a aplicar las innovaciones del momento. Crean la moderna siderurgia española, impulsan la explotación minera, promueven una potente marina mercante y alientan el sistema bancario más sólido de España: Banco de Comercio (1891), Banco de Vizcaya (1901) y Crédito de la Unión Minera (1901). Hacen de la sociedad anónima el instrumento básico de financiación y expansión industrial.

The innovative tradition of Bilbao

The disruptive vitality of Bilbao and its river estuary in the 19th and 20th centuries gave rise to a powerful wave of demographic, economic and social innovation. The breakdown of Spain's *ancien régime* obliged the merchants of the mid-19th century to seek out new business horizons. They did so in the context of the new capitalist industrial economy through the growth of a large industrial base – iron and steel works, mining, railways, etc. – and with the support of a nascent banking system, including the 1856 foundation of Banco de Bilbao. The result was a shift away from the old mercantile capitalism to the emergent industrial capitalism.

The next generation of entrepreneurs stood out for their solid grounding in technology. Many had studied engineering in Europe or law in Spain, and this cosmopolitan mindset meant they were quick to apply the latest innovations. They created the modern Spanish steel industry, stepped up mining activity, promoted a powerful merchant navy, and lent their weight and custom to Spain's soundest banking system: Banco de Comercio (1891), Banco de Vizcaya (1901) and Crédito de la Unión Minera (1901). The public limited

La experiencia bilbaína llama la atención en Europa, donde se publican numerosos artículos en revistas de ingeniería y minería. Max Weber se desplaza a Bilbao para ser testigo directo de este cambio: «Sobre estos cimientos se está desarrollando el más moderno capitalismo con una furia extraordinaria».

El impulso continúa en el siglo XX y convierte a España en una potencia industrial de tipo medio. Lo protagoniza una ciudad —Bilbao— que en 1900 tiene tan solo 83.306 habitantes, pero que cuenta con un colectivo significativo de innovadores: empresarios, ingenieros, arquitectos, intelectuales, profesionales cualificados, obreros especialistas, entre otros.

Guipúzcoa opta por otro modelo: adapta el conocimiento de los oficios tradicionales a las recientes innovaciones. Crea pequeñas y medianas empresas de cuño familiar diseminadas a lo largo del territorio. Con el tiempo, su evolución conducirá a la creación del sistema cooperativo en el seno del sistema capitalista. Álava retrasa su incorporación. Lo hace a partir de 1950, con un diseño geográficamente centralizado en torno a su capital. Llodio y Amurrio, la excepción, se habían sumado al proceso en 1920 como uno de los ejes de expansión del modelo de la ría de Bilbao.

Este proceso es impensable, sin embargo, al margen del tejido social que lo hace posible. En la ría, el protagonismo recae sobre los inmigrantes, que contribuyen a crear una sociedad mixta. En 1930, los indicadores de



company was their instrument of choice for the raising of funds and industrial expansion. The experience of Bilbao became a talking point in Europe, the subject of numerous articles in engineering and mining journals. Max Weber traveled to Bilbao to see the changes with his own eyes: "On this basis, the most modern capitalism unfolds with tremendous energy."

The momentum continued into the 20th century, by which time Spain was established as a medium-strength industrial power. At its forefront, a city – Bilbao – which in 1900 had just 83,306 inhabitants, but could draw on a sizeable pool of forward-looking talent: entrepreneurs, engineers, architects, intellectuals, professionals, skilled workers, etc.

Gipuzko took a different course, adapting the knowledge embodied in traditional trades to the latest innovations. Soon the province was dotted with small and medium-sized family-owned firms, a network that would grow in time into a cooperative system lodged within the capitalist heartland. Araba was the last to join in the expansion. It did so as of 1950, with a model geographically centered on its capital city. An exception here were the towns of Llodio and Amurrio, which began to industrialize in 1920, benefitting from the extension of the Bilbao estuary model.

This process is inseparable, however, from the social fabric that made it possible. Along the estuary, the change was led by immigrant workers who helped





bienestar hablan de los logros alcanzados. La mortalidad se reduce sustancialmente. Entre 1890-1935 se duplica la esperanza de vida y la talla de los reclutas bilbaínos pasa de 1,64 a 1,68 m. Esta ganancia de casi un centímetro por década, en la media de los países industrializados de Europa, es producto de mejoras en nutrición, higiene, salud y educación.

La sociedad vasca se convierte, junto con la madrileña, en la más alfabetizada de España: alcanza la alfabetización universal y una cuarta parte de los jóvenes continúa estudios secundarios y terciarios. Se abren con ello las posibilidades de ascenso social. La madre alfabetizada es la principal alentadora de este cambio al impulsar la alfabetización paritaria de hijos e hijas. Mejoran las escuelas públicas y municipales, en muchas de ellas se aplica el ideario de la Institución Libre de Enseñanza, y se crea un sistema sólido de enseñanza de Artes y Oficios en el que se involucran las grandes empresas.

Este marco sistémico y la capacidad innovadora de la sociedad de la ría de Bilbao se prolongan de algún modo hasta la actualidad. Múltiples proyectos ya materializados hablan de esa capacidad.

Manuel González Portilla

Catedrático emérito de Historia Contemporánea
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(UPV/EHU)

create a more diverse society. By 1930, welfare indicators attested to the progress made, including a large drop in mortality rates. In 1890-1935 life expectancy doubled and the height of Bilbao recruits jumped from 1.64 to 1.68 meters. This advance of almost a centimeter per decade, in line with the average of Europe's industrialized countries, stemmed from improvements in nutrition, hygiene, health and education.

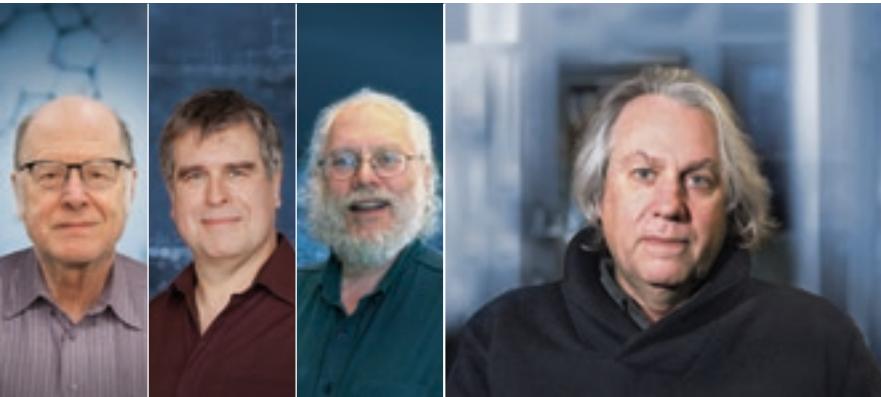
The Basque Country ranked first alongside Madrid in the national literacy table, with universal literacy and a quarter of young people continuing secondary and higher education. This opened up opportunities for social mobility. Literate mothers were the main agents of this change, demanding that their sons and daughters have equal access to basic education. State and municipal schools saw significant improvement, with many adopting the ideas of the pioneering Institución Libre de Enseñanza, while a well-developed system of arts and crafts training benefited from the involvement of large corporations.

This systemic framework has in some measure lasted to this day, as has the innovative capacity of the people of the Bilbao river estuary. Multiple projects taken to successful completion testify to this resourcefulness.

Manuel González Portilla

Emeritus Professor of Contemporary History
University of the Basque Country
(UPV/EHU)





Índice

Premios Awards	16	Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
	18	Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Charles H. Bennett, Gilles Brassard y Peter Shor
	26	Biología y Biomedicina Michael N. Hall y David M. Sabatini
	34	Tecnologías de la Información y la Comunicación Isabelle Guyon, Bernhard Schölkopf y Vladimir N. Vapnik
	42	Ecología y Biología de la Conservación Carlos M. Duarte, Terence P. Hughes y Daniel Pauly
	50	Cambio Climático Kerry A. Emanuel
	58	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Philippe Aghion y Peter Howitt
	70	Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales) Susan T. Fiske y Shelley E. Taylor
	78	Música y Ópera Arvo Pärt
	86	Comités técnicos de apoyo
	88	Símbolo artístico Fronteras del Conocimiento
	90	Concierto
	92	Ceremonia de entrega
	94	Galardonados en ediciones anteriores por categorías
	102	Galardonados en ediciones anteriores por años
	108	Créditos

Contents

About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics) Charles H. Bennett, Gilles Brassard and Peter Shor
Biology and Biomedicine Michael N. Hall and David M. Sabatini
Information and Communication Technologies Isabelle Guyon, Bernhard Schölkopf and Vladimir N. Vapnik
Ecology and Conservation Biology Carlos M. Duarte, Terence P. Hughes and Daniel Pauly
Climate Change Kerry A. Emanuel
Economics, Finance and Management Philippe Aghion and Peter Howitt
Humanities and Social Sciences (Social Sciences) Susan T. Fiske and Shelley E. Taylor
Music and Opera Arvo Pärt
Evaluation support panels
Frontiers of Knowledge artwork
Gala concert
Presentation ceremony
Laureates in previous editions by category
Laureates in previous editions by year
Credits

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. En la pasada 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 Medicina; 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 aceptar la posibilidad de hacer objeto del galardón 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, prizes contributions of broad impact for their originality and significance. The name of the scheme 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. In the previous 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 Medicine; 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 humanities and the social sciences, and furthermore

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 designa 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.

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.

«La computación cuántica es tan diferente a todo a lo que estamos acostumbrados que muy probablemente tendrá aplicaciones hoy inimaginables».

“Quantum computation is so different from what we are used to that it will likely have applications that we can’t even imagine today.”

Charles H. Bennett

«El siglo XXI será recordado como la era cuántica, la era en la que las tecnologías cuánticas desencadenaron los principales cambios en la sociedad».

“The 21st century will go down in history as the quantum age, the age in which quantum technologies dominate all the changes occurring in society.”

Gilles Brassard

«Los ordenadores cuánticos podrían servir para crear nuevos fármacos, ya que todas las moléculas son sistemas basados en la mecánica cuántica».

“Quantum computers could help us create new drugs, since all molecules are quantum mechanical systems.”

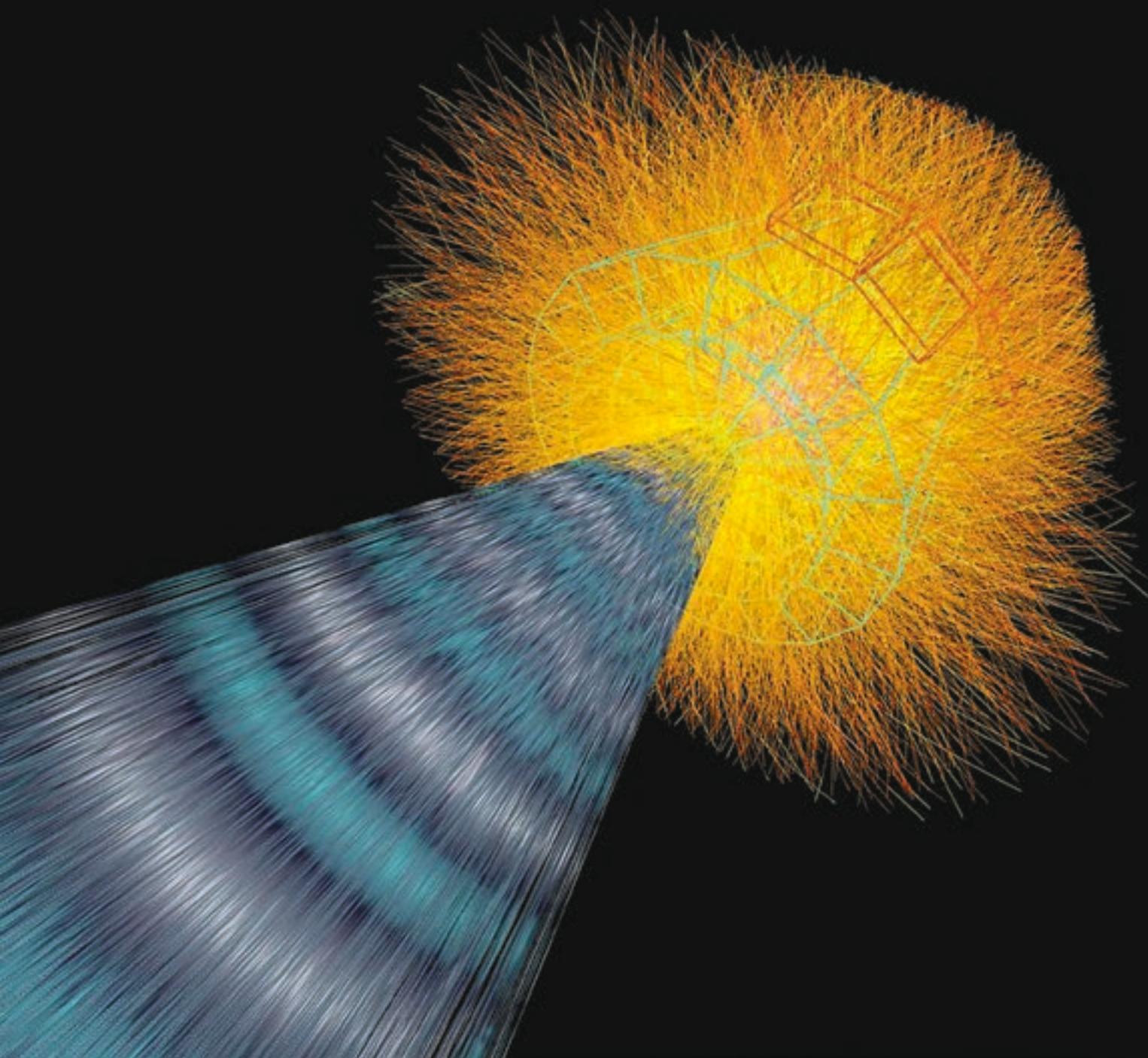
Peter Shor

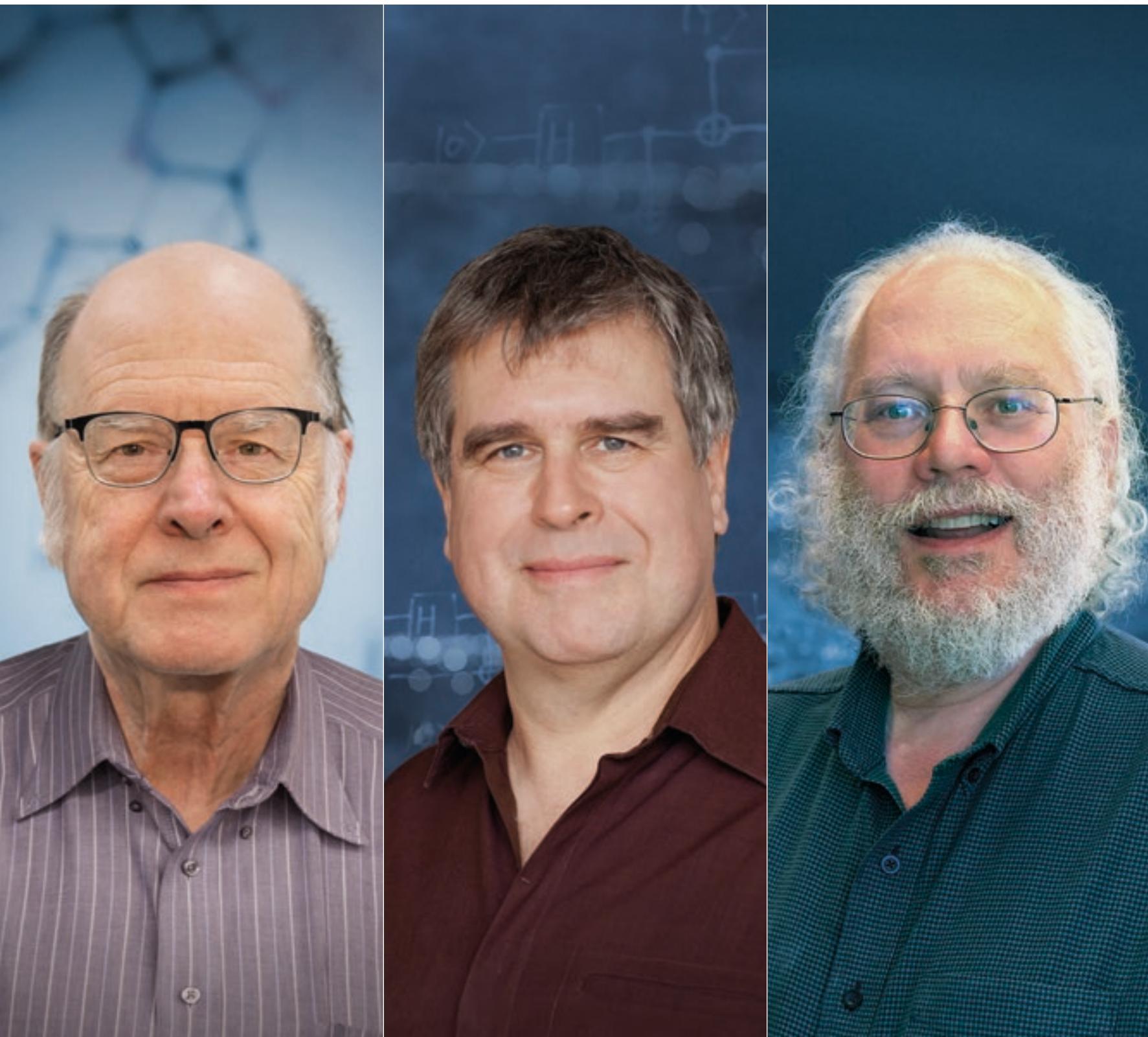
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas
(Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Basic Sciences
(Physics, Chemistry, Mathematics)





Charles H. Bennett Gilles Brassard Peter Shor

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

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

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

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

21

Los pilares de la revolución cuántica

Los fundamentos de la criptografía cuántica se fraguaron en la playa. Concretamente en una de San Juan de Puerto Rico, en octubre de 1979. Una tarde, Gilles Brassard estaba en el agua cuando vio, con asombro, a un hombre que se le aproximaba hablándole de una insólita idea sobre la posibilidad de aplicar la teoría cuántica a la fabricación de billetes imposibles de falsificar. Era Charles H. Bennett. Brassard —que conocía el trabajo de Bennett, pero no su aspecto— describe el momento como el «más extraño, y sin duda el más mágico,» de su vida profesional, y asegura que de las ideas discutidas entonces nació el primer trabajo en que se acuña la expresión criptografía cuántica.

La criptografía cuántica garantiza la absoluta inviolabilidad física de las comunicaciones. Existe oficialmente desde esa primera publicación de Bennett y Brassard, hoy famosa y conocida simplemente como BB84, por las iniciales de sus autores y el año de publicación. Al principio, no obstante, su trabajo pasó inadvertido: «La mayoría de la gente simplemente lo ignoró», ha comentado Brassard. La razón es que por entonces no hacía falta una criptografía más segura que la ya existente, motivada en el hecho de que hay problemas matemáticos irresolubles para los ordenadores actuales.

La entrada en escena en 1993 del matemático Peter Shor cambiaría drásticamente el panorama. Shor descubrió que precisamente el problema irresoluble en que se basa la criptografía clásica, la factorización de grandes números, sí estaría al alcance de un hipotético ordenador cuántico. Una máquina así convertiría en vulnerables todas las comunicaciones y transacciones que realizamos cada día en Internet. En palabras de Bennett: «El descubrimiento de Shor de que un ordenador cuántico derrotaría a los actuales sistemas criptográficos estimuló mucho la investigación: los

The pillars of the quantum revolution

The foundations of quantum cryptography were laid on a beach in San Juan, Puerto Rico, in October 1979. One afternoon, while swimming in the sea, Giles Brassard was surprised to be approached by a stranger who addressed him on the unlikely topic of how quantum theory might be applied to make banknotes that couldn't be faked. That stranger was Charles H. Bennett. Brassard – who was familiar with Bennett's work but not his appearance – describes this encounter as "the most bizarre, and certainly the most magical moment in my professional life," and relates that the ideas they discussed that day resulted in the first ever paper to feature the term quantum cryptography.

What quantum cryptography does is to guarantee the absolute physical inviolability of communications. It dates its official existence to that now famous paper by Bennett and Brassard, known simply as BB84 for the initials of its authors and its year of publication. At first, however, it made little impact, or as Brassard says more bluntly, "most people simply ignored it." The reason is that back then there was no need for a more secure cryptography than the existing standard, which rested on the fact that certain mathematical problems are intractable for modern computers.

This would change drastically in 1993 with the arrival on the scene of mathematician Peter Shor. For what Shor discovered was that the unsolvable problem underpinning classical cryptography, the factorization of large numbers, would be well within the capability of a hypothetical quantum computer. Such a machine, in other words, would render all our everyday Internet communications and transactions instantly vulnerable. "When Shor discovered that if you could build a quantum computer, it would defeat cryptographic systems in widespread use, that stimulated a lot more

Charles Bennett y Gilles Brassard crearon en 1984 la criptografía cuántica, que garantiza la absoluta inviolabilidad física de las comunicaciones. La importancia del trabajo se puso de manifiesto una década más tarde, cuando Peter Shor demostró que un hipotético ordenador, de construirse, convertiría en inútil la criptografía convencional.

It was 1984 when Charles Bennett and Gilles Brassard created quantum cryptography, which guarantees the absolute physical inviolability of communications. The importance of their work became evident ten years later, when Peter Shor showed that a hypothetical quantum computer, if built, would render standard cryptography obsolete.

criptógrafos querían desarrollar sistemas más seguros que ni siquiera un ordenador cuántico pudiera romper. Al mismo tiempo empezó a interesar la idea de desarrollar ordenadores cuánticos para averiguar qué utilidad podrían tener, aparte de descifrar códigos».

Ese impulso no solo no se ha frenado, sino que ha dado lugar a la actual explosión de la investigación en tecnologías cuánticas. Todo el sector se asienta, en gran medida, sobre las aportaciones pioneras de Bennett, Brassard y Shor. En palabras del jurado, «sus ideas están jugando un papel clave en el desarrollo de las tecnologías cuánticas para la comunicación y la computación».

Entre las tecnologías cuánticas en desarrollo, la criptografía es precisamente de las más avanzadas, con empresas en estos momentos que la comercializan. Existe ya una conexión entre Pekín y Shanghái que empieza a emplearse para aplicaciones comerciales, y en 2016 China lanzó un satélite con el fin de establecer un enlace experimental con Europa.

El sector se basa, en efecto, en las ideas de Bennett y Brassard, que supieron descubrir una utilidad práctica a uno de los extraños fenómenos que se dan en el mundo cuántico: la superposición. Esta aplicación consistía en «un sistema para enviar mensajes en el que el emisor y el receptor advertirían de inmediato si alguien hubiera escuchado el mensaje durante su transmisión —según lo describe Bennett—. Eso es en esencia la criptografía cuántica».

La superposición, dicho de manera simplificada, hace posible que una partícula esté en dos o más lugares a la vez. La teoría cuántica prevé que si alguien observa esta partícula, esta duplicidad se desvanece y la partícula aparece en una posición o en la otra. Si la partícula estuviera siendo transmitida, cualquier intento de jaqueo rompería la superposición y los interlocutores lo sabrían al instante.

Bennett y Brassard no solo idearon esta aplicación de la física cuántica, sino que decidieron demostrarla experimentalmente. En 1989 llevaron a cabo «la primera transmisión cuántica secreta de la historia, a través de la asombrosa distancia de 32,5 centímetros —relató

research,” says Bennett, “because the cryptographers wanted to find more secure systems that not even a quantum computer could break. And at the same time other people wanted to build a better quantum computer to see what it could be used for besides code breaking.”

Not only has this interest not waned, it has burgeoned into today’s vibrant quantum technology research landscape. And the whole sector is rooted strongly in the pioneering work of Bennett, Brassard and Shor, whose ideas, the committee says, “are playing a key role in the development of quantum technologies for communication and computation.”

Of the quantum technologies under development, cryptography is among the most advanced, with several firms now bringing it to market. A connection between Beijing and Shanghai is already in use for commercial applications, and in 2016 China launched a satellite to establish an experimental link with Europe.

If all this has come about it is because Bennett and Brassard found practical use for one of the oddities of the quantum world, a phenomenon known as superposition, which provided “a way of sending messages so that the sender and receiver could tell immediately whether anyone had listened to the message en route,” as Charles Bennett describes it. “And that, in essence, is quantum cryptography.”

Superposition, in simplified terms, makes it possible for a single particle to be in two or more places at once. Quantum theory holds that this dual state is lost as soon as somebody observes the particle, which will then appear in one position or the other. And if the same particle was in the midst of being transmitted, any attempted hack would collapse the superposition, alerting the interlocutors that same instant.

Bennett and Brassard not only came up with this quantum physics application, they also decided to put it to the test. In 1989, “precisely on the tenth anniversary of our meeting at the San Juan beach,” writes Brassard, “we established history’s first secret quantum transmission, over a staggering distance of 32.5 centimeters.”

Brassard—, precisamente en el décimo aniversario de nuestro encuentro en la playa».

El descubrimiento de Shor, poco después, del algoritmo que permitiría a un hipotético ordenador cuántico descomponer grandes números en factores primos —el llamado algoritmo de Shor— hizo que la criptografía cuántica pasara de curiosidad física a necesidad. Pero Shor no se quedó ahí. Meses después de inventar su algoritmo, obtuvo otro resultado esencial: la corrección de errores cuánticos, «un requisito esencial que permite la escalabilidad de los ordenadores cuánticos», señala el acta del jurado.

Los ordenadores cuánticos, por su propia naturaleza física, están expuestos a una gran cantidad de ruido, fuente de numerosos errores. Antes de que Shor demostrara la corrección de errores, no se creía tecnológicamente posible aislar los ordenadores cuánticos lo bastante como para eliminar estos fallos. Shor insufló esperanza en el área y propulsó su avance.

Hoy en día, no obstante, y mientras que la comercialización de la criptografía cuántica avanza con rapidez, el desarrollo de un auténtico ordenador cuántico se considera aún un logro a largo plazo. Para Shor, se tardará como mínimo una década en tener «un ordenador cuántico que pueda considerarse mínimamente útil». Eso sí, cuando llegue, las aplicaciones serán revolucionarias, por ejemplo, para la creación de nuevos fármacos: «Ahora mismo el comportamiento de las moléculas no se puede simular adecuadamente, pero los ordenadores cuánticos podrían lograrlo y ayudarnos a diseñar nuevos medicamentos».

«El siglo XIX fue la era de la máquina de vapor; el siglo XX, la de la información; y el siglo XXI será la era cuántica, la era en que las tecnologías cuánticas desencadenarán en la sociedad cambios que hoy no podemos prever», pronostica Brassard.

Shor's discovery, not long after, of the algorithm that would allow a hypothetical quantum computer to decompose large numbers into prime factors, or Shor's algorithm as it has come to be known, turned quantum cryptography from a physical curiosity to an absolute necessity. But Peter Shor did not stop there. Some months after devising his algorithm, he made another landmark contribution, known as quantum error correction; "an essential requirement," in the words of the committee, "for enabling and scaling quantum computations."

By their very nature, quantum computers are exposed to a large volume of noise, causing numerous errors. Before Shor arrived at error correction, it was not believed technically possible to isolate quantum computers to such an extent that errors could be eradicated. So Shor, in essence, gave hope to the field and propelled it forward.

But while the commercialization of quantum cryptography is rapidly expanding, the development of a true quantum computer is seen as very much a long-term prospect. Shor, for instance, believes that it will take a decade at least to achieve "a quantum computer that can do anything approaching useful." But the machines, when they come, will, he is convinced, deliver revolutionary applications, in biomedicine, for instance: "At the moment, it takes enormous amounts of computer time to simulate the behavior of molecules, but quantum computers could achieve that, and help design new drugs."

"The 19th century was the era of steam power, the 20th century was the era of information, and the 21st century will go down in history as the quantum age," Giles Brassard predicts, "the age in which quantum technologies dominate all the changes occurring in society, in a way we cannot yet foresee."



Más información:

Charles H. Bennett

Gilles Brassard

Peter Shor



More information:

Charles H. Bennett

Gilles Brassard

Peter Shor


Theodor W. Hänsch

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).

Ignacio Cirac

Secretario del jurado
Director de la División Teórica del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania), investiga en teoría cuántica de la información, en particular, en el desarrollo de un sistema de computación basado en mecánica cuántica que permitirá diseñar algoritmos más rápidos, facilitando comunicaciones más eficientes y seguras. Asimismo, trabaja en óptica cuántica y en sistemas cuánticos de muchos cuerpos. Es, entre otras distinciones, premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2008 en Ciencias Básicas y premio Micius Quantum 2018 (China).

Emmanuel Candès

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 Alan T. Waterman y el Premio George David Birkhoff.

Nigel Hitchin

Catedrático emérito Savilian de Geometría en la Universidad de Oxford (Reino Unido), sus líneas de investigación se centran 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. Además, ha establecido una colaboración formal con el Grupo de Geometría del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en Madrid, a través del Laboratorio Donaldson-Hitchin. 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.

Hongkun Park

Es titular de la Cátedra Mark Hyman Jr. de Química y catedrático de Física en la Universidad de Harvard (Estados Unidos) y ha sido miembro del Instituto Broad, una iniciativa de Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). 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. En 2018 fue incluido en el ranking Highly Cited Researchers de Clarivate Analytics.

Martin Quack

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

Director of the Theory Division at the Max Planck Institute of Quantum Optics (Garching, Germany), his research concerns the quantum theory of information, particularly the development of a quantum computing system which will enable the design of far faster algorithms, the key to more efficient and secure communications. He also works in quantum optics and quantum many-body systems. His distinctions include the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences and the 2018 Quantum Prize of the Micius Foundation (China).

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 international distinctions are the Alan T. Waterman Award and the George David Birkhoff Prize.

Emeritus Savilian Professor of Geometry at the University of Oxford (United Kingdom), his main research areas are differential and algebraic geometry and its links to theoretical physics. Among his notable discoveries is the Hitchin integrable system. He also has a formal collaboration with the Geometry Group at the Institute of Mathematical Sciences (ICMAT) in Madrid through the Donaldson-Hitchin Laboratory. His distinctions 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), and a former member of the Broad Institute launched as a partnership between Harvard and the Massachusetts Institute of Technology. His research focuses on nanoscale electrical, optical, and plasmonic devices that operate based upon quantum mechanical principles, and the development of new nano- and microelectronic tools that can interface with living cells, cell networks, and organisms. Selected as a Highly Cited Researcher by Clarivate Analytics in 2018.

Professor at ETH Zurich (Switzerland), where he leads the Molecular Kinetics and Spectroscopy Group. His research interests lie in high-resolution spectroscopy, molecular kinetics, fundamental symmetries in physics and chemistry and parity violation in chiral molecules. A former member of the Swiss National Research Council, his numerous honors include the Nernst Haber Bodenstein Prize of Germany's Bunsen Society for Physical Chemistry (DBG), of which he is a past president.



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). Ha dirigido la Red Nacional de Infraestructura para la Nanotecnología (NNIN) (Estados Unidos). Ha sido profesor invitado en las universidades de Michigan, Columbia y Harvard, y 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 of Engineering at Cornell University (United States). Formerly director of the U.S. National Nanotechnology Infrastructure Network and visiting professor at Michigan, Columbia and Harvard universities, he was among the founders of the journal *Transactions on Nanotechnology*. His research focuses on the questions that arise when connecting large scales (like those of massively integrated electronic systems) to nanoscales, applying knowledge from engineering, physics and computing.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas ha sido concedido en su duodécima edición a **Charles H. Bennett, Gilles Brassard y Peter Shor** por sus contribuciones sobresalientes a las áreas de la computación y la comunicación cuánticas.

Shor descubrió que los ordenadores cuánticos podrían factorizar números enteros mucho más rápido que cualquier superordenador, comprometiendo por tanto la seguridad de los sistemas criptográficos convencionales. También descubrió la corrección de errores cuánticos, un requisito primordial para hacer posible la escalabilidad de los ordenadores cuánticos.

Bennett y Brassard son premiados por inventar la criptografía cuántica, que permite codificar y transmitir mensajes usando las leyes de la física cuántica de manera que impide la escucha de terceros, incluso si dispusieran de recursos computacionales cuánticos.

El trabajo de los galardonados abarca múltiples disciplinas y aúna conceptos de matemáticas, física y ciencias de la computación. Sus ideas están jugando un papel clave en el desarrollo de las tecnologías cuánticas para la comunicación y la computación.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences goes, in this twelfth edition, to **Charles H. Bennett, Gilles Brassard, and Peter Shor** for their outstanding contributions to the field of quantum computation and communication.

Shor discovered that quantum computers could factorize integers much faster than any supercomputer, therefore compromising the security of conventional cryptographic schemes. He also discovered quantum error correction, an essential requirement for enabling and scaling quantum computations.

Bennett and Brassard are recognized for the invention of quantum cryptography. This allows encoding and transmitting messages using the laws of quantum physics in a way that makes them unreadable to eavesdroppers, even if they had quantum computational resources.

The work of the laureates spans multiple disciplines and brings together concepts from mathematics, physics, and computer science. Their ideas are playing a key role in the development of quantum technologies for communication and computation.

«Lo más importante de cara el futuro es que el conocimiento básico que hemos adquirido sobre la vía mTOR se traduzca en tratamientos».

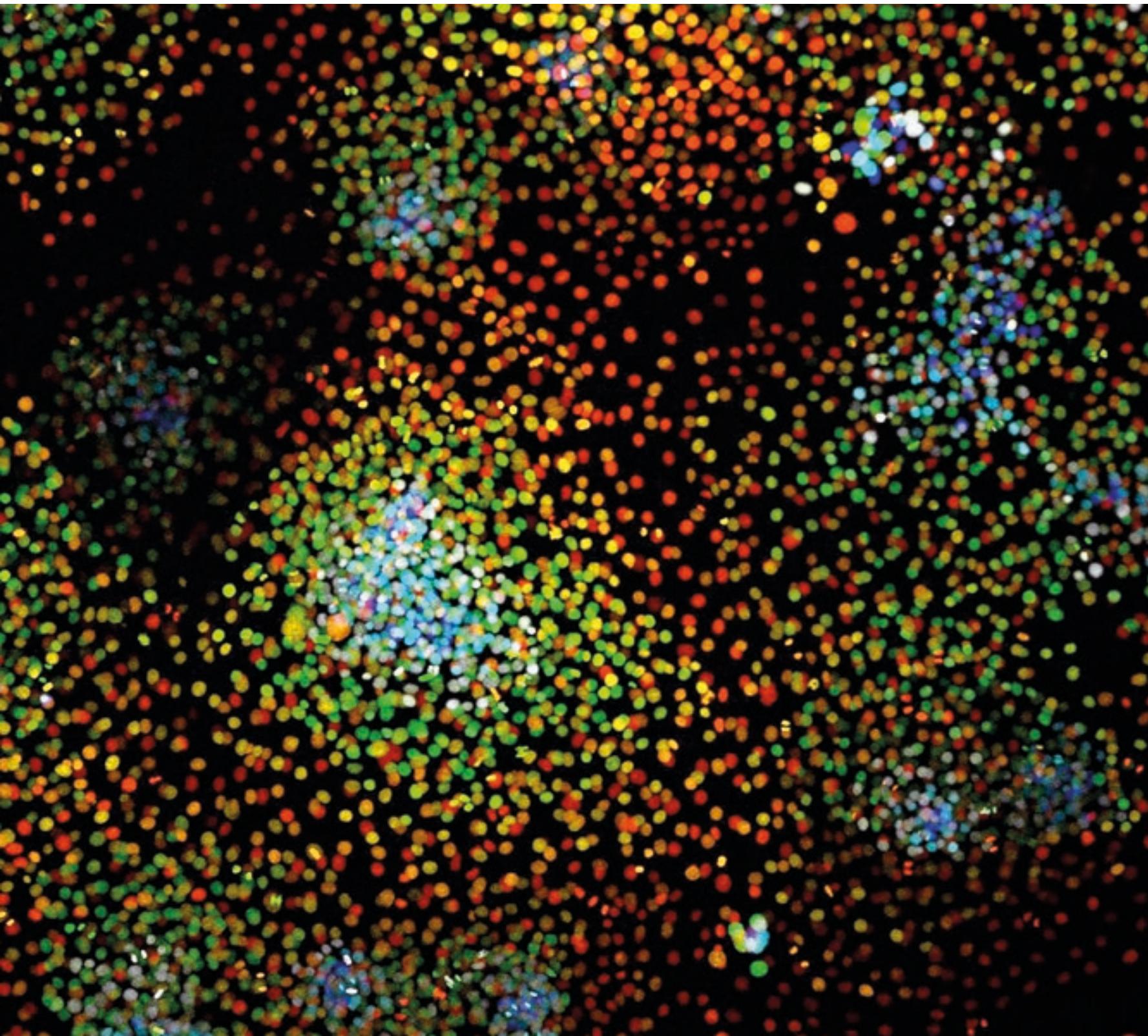
“The most important thing going forward is that what we know about the mTOR pathway’s basic biology is exploited to cure disease.”

Michael N. Hall

«Hay mucho interés por usar moduladores de la vía mTOR para tratar las enfermedades de la edad. Es un área de investigación con enorme potencial».

“There is tremendous excitement about using mTOR modulators to treat ageing-related diseases. It has become a hugely promising avenue of research.”

David M. Sabatini





Michael N. Hall

David M. Sabatini

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Biología y Biomedicina

El interruptor del crecimiento celular

En las milésimas de milímetro que separan la muralla exterior de la célula (la membrana) y su centro de mando (el núcleo) hay un tráfico constante de señales bioquímicas. Es un denso pero ordenado bosque de mensajes, en el que cada molécula habla con interlocutores bien definidos. Una de las conversaciones más importantes es la que mantienen las moléculas de la llamada vía mTOR. Lo que allí se dice regula nada menos que el crecimiento de la célula, y por ende el organismo en su conjunto. Lo descubrieron Michael Hall y David Sabatini de manera independiente en los años noventa, y desde entonces la importancia biomédica de la vía mTOR no ha dejado de crecer.

Hoy se sabe que mTOR está implicada, además de en el crecimiento, en un amplio abanico de patologías, incluyendo el cáncer, la diabetes y enfermedades neurodegenerativas. Al menos el sesenta por ciento de los tumores muestran alguna alteración en la vía mTOR. Por si fuera poco, esta ruta central de señalización también juega un papel clave en el envejecimiento. En modelos animales de numerosas especies —desde gusanos a primates—, se ha demostrado que es posible prolongar la vida saludable actuando sobre la vía mTOR.

Sin embargo, cuando mTOR fue descubierta era, en cierto modo, como una respuesta sin pregunta. Hall y Sabatini ni siquiera sospechaban su función central como regulador del crecimiento.

A principios de los noventa, una de las áreas más activas en la investigación biomédica internacional era la de los fármacos inmunosupresores. Prevenían el rechazo en los aún poco extendidos trasplantes de órganos —de ahí su enorme interés—, aunque se desconocía cómo actuaban. Michael N. Hall, un genetista experto en levaduras en el Centro de Ciencias

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Biology and Biomedicine

The master switch of cell growth

The thousandths of a millimeter separating the cell's outside wall, the membrane, from its command center, the nucleus, are traversed by a constant stream of biochemical signals. In this dense but organized forest of messages, each molecule speaks to a well-defined set of interlocutors. One of the most important of these conversations is led by the molecules of the so-called mTOR pathway, and what is "said" there regulates no less than the growth of the cell and therefore that of the organism as a whole. Michael Hall and David Sabatini came independently to its discovery in the 1990s, and in the intervening years its biomedical importance has become more and more apparent.

We now know that mTOR is implicated not only in growth, but also in a wide spectrum of pathologies including cancer, diabetes and neurodegenerative diseases. It is estimated, for instance, that at least 60 percent of tumors exhibit some alteration of the mTOR pathway. As if that wasn't enough, this central signalling route also plays a key role in ageing. In animal models of numerous species – from worms to primates – it has been shown that healthy lifespan can be extended by acting on the mTOR pathway.

Yet when mTOR was discovered it was like the answer to a question nobody had asked, with neither Hall nor Sabatini having any suspicion of its critical role as a growth regulator.

In the early 1990s, one of the most active areas in biomedical research was the development of immunosuppressant drugs. Though known to prevent rejection in the era's still infrequent organ transplants – hence the excitement – how they did so remained a mystery. It was then that Michael N. Hall, a yeast geneticist at the Biozentrum Center for Molecular Life Sciences at

La proteína mTOR alerta a la célula de la presencia de nutrientes y activa la maquinaria de crecimiento celular. Hasta su estudio por parte de Hall y Sabatini, los mecanismos moleculares que hacen crecer el organismo tras ingerir alimento eran desconocidos. Hoy en día muchas enfermedades, entre ellas el cáncer, se asocian a un mal funcionamiento de mTOR.

The mTOR protein alerts the cell to the presence of nutrients and activates the machinery of cell growth. Before the work done by Hall and Sabatini, the molecular mechanisms that translate food intake into organismal growth were unknown to science. Nowadays many diseases, including cancer, are associated with mTOR dysfunction.

de la Vida Molecular Biozentrum de la Universidad de Basilea (Suiza), empezó por entonces a investigar el mecanismo de acción de un potente fármaco inmunosupresor, la rapamicina, un compuesto antifúngico natural hallado en la Isla de Pascua.

En 1991, Hall y sus colaboradores lograron aislar en células de levadura la molécula sobre la que actúa la rapamicina, y la llamaron *diana de rapamicina* (TOR, por sus siglas en inglés). Advirtieron pronto la importancia de la proteína TOR para la célula, pero su primera hipótesis la situaba como un regulador de la división celular, no del crecimiento. Hall lo atribuye a que, en aquel momento, ni siquiera se sabía que el crecimiento de las células era un proceso fisiológico controlado activamente. Fue su grupo el que, al cabo de varios años y experimentos fallidos, demostró que el crecimiento y la división celular, si bien están relacionados, son fenómenos diferentes.

Mientras tanto, en 1994 David M. Sabatini —entonces un estudiante de doctorado también interesado en entender las propiedades de la rapamicina— aisló la proteína en ratones. TOR pasó a llamarse *mTOR*, con *m* de *mammalian* (mamífero). Dada su presencia en todas las células animales, no solo mamíferos, la *m* se lee hoy como *mechanistic*.

Hoy día está claro que mTOR actúa como sensor que alerta a la célula de la presencia de nutrientes, y pone en marcha la maquinaria de crecimiento. Como explica Sabatini, actualmente en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT): «mTOR es un interruptor que se activa cuando hay nutrientes para que el cuerpo pueda construir materiales [crecer] cuando hay alimento disponible». El *on/off* del interruptor mTOR controla la cascada de señales moleculares —centenares, no todas conocidas aún— que componen la vía mTOR. «mTOR es lo que hace nos hace crecer cuando comemos —explica Hall—. Cualquier situación en la que hay un crecimiento celular está regulado por mTOR en respuesta a la disponibilidad de nutrientes, también en contextos de enfermedad como el cáncer, que se debe al crecimiento de células que no deberían estar creciendo».

Además de como inmunosupresor, la rapamicina se usa en oncología y en el tratamiento de enfermedades

the University of Basel (Switzerland), began studying the mechanism of a powerful immunosuppressant known as rapamycin, a natural anti-fungal agent first found on Easter Island.

In 1991, Hall and his team managed to isolate the molecular target of rapamycin in yeast cells, which they named by its initials, TOR. Although they quickly realized the new protein's importance for the cell, they initially hypothesized its function as the control of cell division, rather than growth. For, as Hall explains, there was no inkling at the time that cell growth was an actively regulated physiological process. And it was only after several years of failed experiments that his team were able to prove that cell growth and cell division, though related, are in fact two different things.

David M. Sabatini was at this time a doctoral student investigating the properties of rapamycin, and it was in the course of this research, in 1994, that he isolated the protein in mice. TOR became known as mTOR, with the "m" standing for mammalian, but as it has since been found to be present in the cells of all animals, not only mammals, the "m" is currently taken to mean mechanistic.

The mTOR protein, it has since been confirmed, acts as a sensor that alerts the cell to the presence of nutrients, and activates the machinery of growth. Sabatini, now a professor at the Massachusetts Institute of Technology, describes it as "a switch that turns on in the presence of nutrients, so the body can build material [grow] when food is available." The on/off of the mTOR switch controls a cascade of hundreds of molecular signals – some of them still unknown to science. And it is this we are referring to when we talk about the mTOR molecular pathway. "mTOR is what makes us grow when we eat," adds Hall. "Any situation where there is cell growth is controlled by mTOR in response to the availability of nutrients, and this is also true in disease contexts like cancer, where cells that are not supposed to grow are growing."

Besides serving as an immunosuppressant, rapamycin is employed as an anti-cancer agent and in cardiovascular diseases. "It is rare that a drug is used in three major therapeutic areas," Hall points out, "but that just

cardiovasculares. «Es muy inusual que un fármaco se utilice para tres grandes áreas terapéuticas como estas, y esto refleja el papel fundamental de mTOR», afirma Hall. Sabatini menciona además su papel en enfermedades neurológicas como la epilepsia, y en alzhéimer y párkinson, patologías neurodegenerativas asociadas al envejecimiento.

La relación entre la vía mTOR y el envejecimiento es hoy día una de las áreas de estudio más activas. Son precisamente los hallazgos de Hall y Sabatini los que han permitido entender por qué el ayuno controlado o restricción calórica aumenta la longevidad, un fenómeno observado en numerosas especies desde el siglo pasado y demostrado en ratones en la última década.

«La base molecular de este fenómeno era un misterio —indica Hall—. Pero descubrimos que mTOR es un sensor de nutrientes, y que si lo bloqueas con rapamicina —en animales—, equivale a que coman menos: engañas a las células. Estas responden como si hubiera menos nutrientes y eso hace que prolonguen su longevidad».

Tanto Hall como Sabatini advierten de que aún no se sabe lo bastante como para iniciar una terapia contra el envejecimiento en humanos basada en estos hallazgos. Pero ambos consideran prometedora la idea de usar inhibidores de mTOR para prevenir enfermedades asociadas a la edad.

«No sé si viviremos ciento veinte años —apunta Sabatini—, pero confío en que esta vía tendrá beneficios sobre muchos sistemas fisiológicos, y estoy prácticamente seguro de que permitirá reducir los daños provocados por enfermedades vinculadas al envejecimiento». En realidad, recalca, «apenas estamos rasando la superficie» de posibles aplicaciones de mTOR. «Lo más importante para el futuro —concluye Hall— es que el conocimiento básico que hemos adquirido sobre la vía mTOR se traduzca en tratamientos eficaces».

underscores the centrality of mTOR." Sabatini, meanwhile, refers to the growing interest around its role in neurological disorders like epilepsy and in Alzheimer's and Parkinson's, neurodegenerative diseases associated with the ageing process.

Today, the mTOR pathway and its link with ageing is among the most active areas in research. And this is all due to Hall and Sabatini's findings, which have provided key insights into how dietary or caloric restriction can promote longevity, a phenomenon observed in numerous studies since the past century and demonstrated in mice in the last ten years.

Says Hall, "the molecular basis of this phenomenon was a mystery. Then we discovered that mTOR is a nutrient sensor, and if you inhibit it with rapamycin – in animals – it is equivalent to eating less. You 'trick' the cells, so they respond as if there were fewer nutrients and prolong their lifespan."

Hall and Sabatini warn that research is not yet at a stage where we can talk about an anti-ageing therapy in humans based on these findings. However both see promise in the use of mTOR inhibitors to prevent the diseases of age.

"I don't know if it will help us live to be 120," Sabatini admits, "but I think it will have beneficial effects on different physiological systems, and I am practically sure that it will ameliorate aspects of ageing-related diseases." In reality, he adds, "we are only just scratching the surface" of possible mTOR applications. "The most important thing going forward," Hall concurs, "is that what we know about the mTOR pathway's basic biology is exploited to cure disease."



Más información:



Michael N. Hall



David M. Sabatini



More information:



Michael N. Hall



David M. Sabatini

**Angelika Schnieke**

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.

Óscar Marín

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.

Dario Alessi

Es director de la Unidad 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). Investiga sobre transducción de señales relevantes para comprender el cáncer, la diabetes y los trastornos neurodegenerativos: las alteraciones de la fosforilación proteína aparece vinculada a este tipo de enfermedades. Autor de más de doscientas publicaciones, es fellow de la Royal Society además de Francis Crick Prize Lecture, y obtuvo la Medalla de Oro de la Organización Europea de Medicina Molecular (EMBO).

Lélia Delamarre

Es jefa de grupo 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.

Robin Lovell-Badge

Es director del Laboratorio de Biología de las Células Madre y Genética del Desarrollo del Instituto Francis Crick (Reino Unido). Investiga en las vías genéticas que inducen las diferencias hombre-mujer. Además estudia 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 fellow de la Royal Society y miembro del Consejo de Dirección de la Public Library of Science (PLOS), así como Comendador de la Orden del Imperio Británico.

Ursula Ravens

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 electrofisiología 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 unit in the College of Life Sciences at Dundee University (United Kingdom). The focus of his research is medical signal transduction of relevance to understanding cancer, diabetes and neurodegenerative disorders, where abnormal protein phosphorylation may be a cause or consequence. Author of over 200 papers, he is a Fellow of the Royal Society, which awarded him its Francis Crick Prize Lectureship, and holds the Gold Medal of the European Molecular Biology Organization.

Group leader 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. He is also interested in 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, he is a Fellow of the Royal Society, a member of the Board of Directors of the Public Library of Science, and a Commander of the Order of the British Empire.

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 director del Departamento de Bioquímica y Genética Molecular, titular de la Cátedra Robert Francis Furchtgott de Bioquímica y Pediatría, 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.

Chairman of the Department of Biochemistry and Molecular Genetics, Robert Francis Furchtgott Professor of Biochemistry and Pediatrics, 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 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 Biología y Biomedicina ha sido concedido en su duodécima edición a **Michael N. Hall** y **David M. Sabatini** por descubrir mTOR, el mecanismo molecular que actúa como principal regulador del crecimiento en células animales.

Los mecanismos moleculares que regulan el crecimiento de los organismos y lo coordinan con la disponibilidad de nutrientes eran del todo desconocidos hasta hace dos décadas. A partir del trabajo de Michael Hall y David Sabatini, ahora sabemos que la vía de señalización mTOR es el principal regulador del crecimiento de las células animales, y juega un papel central en la fisiología del organismo, el metabolismo, el cáncer y el envejecimiento.

El origen de la investigación sobre mTOR se remonta al aislamiento de la rapamicina, una molécula bacteriana descubierta en Rapa Nui (Isla de Pascua). La rapamicina resultó tener un potente efecto sobre el tamaño celular y el crecimiento, lo que llevó a tratar de identificar sus dianas moleculares. El trabajo de Hall en la levadura, primero, y el de Sabatini en células de mamífero, después, permitió descubrir que la rapamicina inhibe la actividad de una enzima a la que ahora denominamos mTOR.

El trabajo realizado por ambos de manera independiente ha revelado que mTOR es un componente central de la vía de señalización que controla el crecimiento celular. El mal funcionamiento de la vía de señalización de mTOR está relacionado con numerosas enfermedades, desde el cáncer a las enfermedades neurodegenerativas, y se han diseñado muchos abordajes clínicos dirigidos contra mTOR u otras moléculas en esta vía.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biology and Biomedicine goes, in this twelfth edition, to **Michael N. Hall** and **David M. Sabatini** for their work on the mechanistic target of rapamycin (mTOR) protein.

The molecular mechanisms that regulate the growth of organisms and coordinate it with the availability of nutrients were unknown until two decades ago. Based on the work of Michael Hall and David Sabatini, we now know that the mTOR pathway is the major regulator of growth in animal cells and plays a central role in physiology, metabolism, ageing and cancer.

The origin of the mTOR field can be traced to the isolation of rapamycin, a bacterial molecule discovered in Rapa Nui (Easter Island). Rapamycin was found to have a potent effect on cell size and growth, which triggered a quest for the identification of its molecular targets. The work of Hall in yeast and Sabatini in mammalian cells led to the discovery that rapamycin inhibits the activity of an enzyme which we now call mTOR.

Subsequent, independent work by both revealed that mTOR is a central component of the critical signaling pathway controlling how cell growth is regulated by nutrients and growth signals. Disruption of this signaling pathway is linked to numerous diseases, from cancer to neurodevelopmental disorders, and many clinical approaches have been designed to target mTOR or other molecules in the pathway.

³⁴

«El futuro de la inteligencia artificial solo está limitado por la imaginación de los ingenieros».

“The future of artificial intelligence is only bounded by the imagination of engineers.”

Isabelle Guyon

«La inteligencia artificial puede transformar el mercado laboral; deberíamos empezar a reflexionar sobre ello».

“Artificial intelligence has the power to transform the labor market, and that is something we should begin to reflect on.”

Bernhard Schölkopf

«La máquina ya ha sobrepasado al humano en reconocimiento de muchos patrones, pero la inteligencia es mucho más que eso».

“The machine can already do better than humans at recognizing many patterns, but intelligence is a whole lot more than that.”

Vladimir N. Vapnik

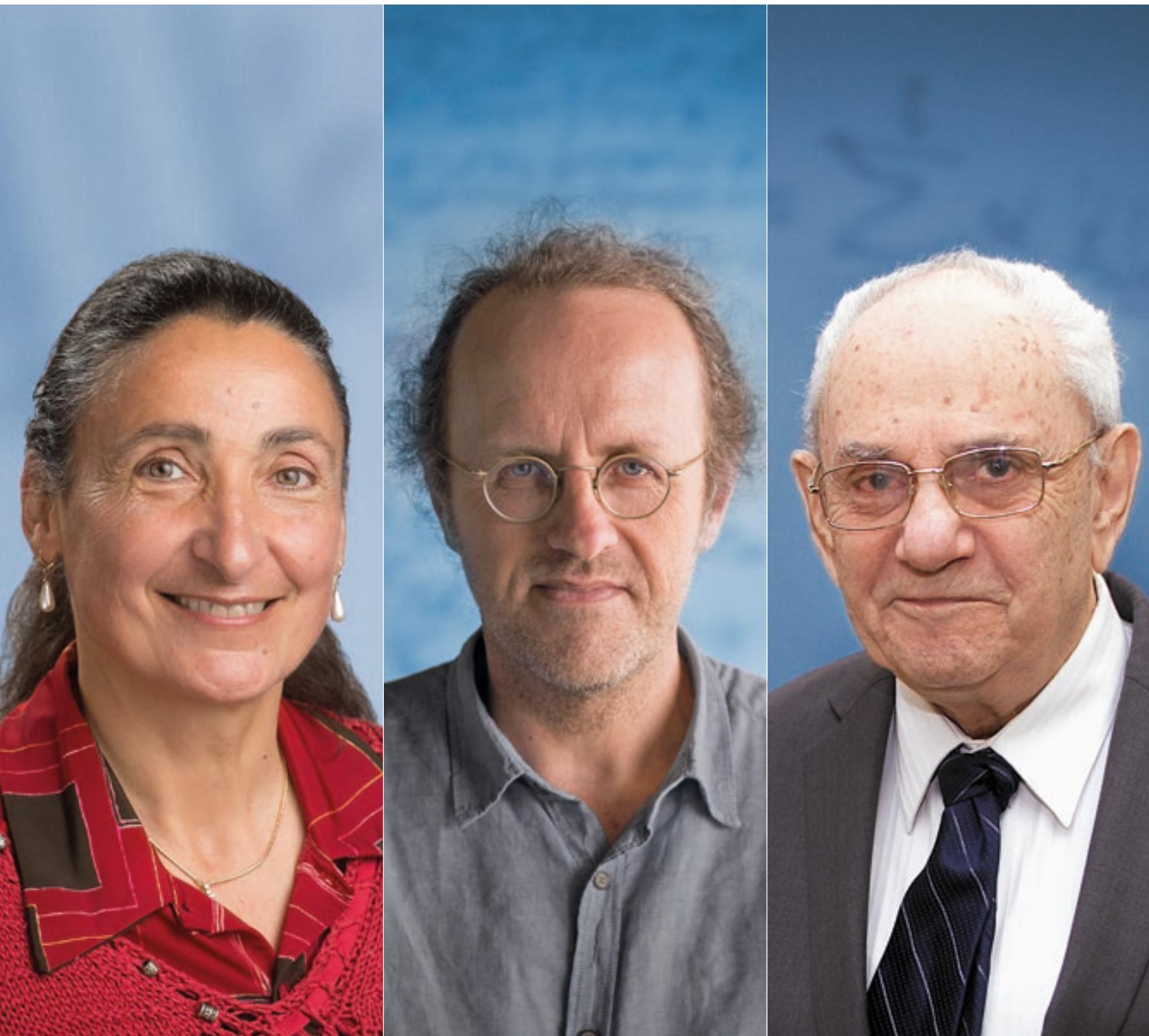
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Tecnologías de la Información
y la Comunicación**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

**Information and
Communication Technologies**





Isabelle Guyon Bernhard Schölkopf Vladimir N. Vapnik

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Information and Communication Technologies

Los inventores de las máquinas que aprenden

«¿Qué es la inteligencia? —se pregunta Vladimir N. Vapnik—. Para mí, inteligencia es comprender la vida real. ¿Qué es eso desde un punto de vista matemático?». Sus colegas Isabelle Guyon y Bernhard Schölkopf se han planteado un objetivo no menos ambicioso: describir matemáticamente la relación causa-efecto entre dos fenómenos. Quien piense que son cuestiones únicamente de interés básico, se equivoca.

Schölkopf, Guyon y Vapnik son pioneros en el área del aprendizaje automático. Su trabajo tiene, en efecto, profundas raíces en la investigación fundamental, pero a la vez ha transformado numerosos aspectos de la vida cotidiana—señala el acta del jurado—, «mejorando campos tan diversos como el diagnóstico médico, la visión por ordenador, el procesamiento del lenguaje natural y la vigilancia del cambio climático. No en vano Vapnik, que se describe a sí mismo como «un teórico», asegura que «no hay nada más práctico que una buena teoría».

Los galardonados han desarrollado métodos para que los ordenadores adquieran una habilidad humana crucial: reconocer patrones ocultos en grandes cantidades de datos y poder, así, clasificarlos en categorías. Es el primer paso de un proceso de aprendizaje basado en suministrar al sistema numerosos ejemplos.

Vapnik y Guyon crearon el primer método para categorizar datos de manera óptima, las llamadas máquinas de vectores soporte (SVM, por sus siglas en inglés). Schölkopf potenció aún más estas herramientas matemáticas, aplicando los denominados métodos de kernel, que permiten establecer categorías mucho más específicas y por tanto multiplican las aplicaciones.

Inventors of the learning machines

“What is intelligence?” asks Vladimir N. Vapnik. “For me, intelligence is an understanding of real life. But what is that from a mathematical point of view?” His colleagues Isabelle Guyon and Bernhard Schölkopf have set themselves a no less ambitious task: to mathematically describe the cause-effect relationship between two variables. And anyone who thinks such concerns are confined to purely basic science, needs to think again.

Guyon, Schölkopf and Vapnik are pioneers in the domain of machine learning. Although deeply rooted in fundamental research, their work has transformed multiple aspects of our everyday lives, “improving fields as diverse as medical diagnosis, computer vision, natural language processing, and the monitoring of climate change,” in the words of the committee’s citation. Not for nothing does Vapnik, who calls himself a “theoretician,” insist that “there is nothing more practical than a good theory.”

The awardees have developed methods to teach computers an essential human skill: how to recognize patterns hidden in large volumes of data so they can be sorted into categories. This is the first step in a learning process that rests on supplying the system with numerous examples.

Vapnik and Guyon co-invented the first method to optimally classify data, in the form of support vector machines (SVMs). And Schölkopf further extended the range of these machines through the use of kernel methods, which allow for the input of far more specific categories, thereby multiplying applications.

Thanks to SVMs and kernels, intelligent machines can now be trained to classify data sets with human

Guyon, Schölkopf y Vapnik son pioneros en aprendizaje automático. Gracias a su trabajo, las máquinas inteligentes aprenden a clasificar datos con una precisión incluso superior a la humana. Sus métodos se aplican en la actualidad, entre otras áreas, en la investigación del cáncer, la interpretación de imágenes médicas, la investigación del clima, la geofísica y la astrofísica.

Guyon, Schölkopf and Vapnik are pioneers in machine learning. Thanks to their work, intelligent machines can learn to classify data with, at times, greater-than-human precision. The methods they developed have found application in areas extending from cancer research and diagnostic imaging to climate research, geophysics and astrophysics.

Gracias a las SVM y los métodos kernel, las máquinas inteligentes pueden ser entrenadas para clasificar conjuntos de datos con una precisión humana o, en ocasiones, mayor. Así, logran reconocer desde la voz y la escritura hasta rostros, células cancerosas o el uso fraudulento de las tarjetas de crédito. En la actualidad se emplean en genómica, en investigación del cáncer y en la interpretación de imágenes médicas. También en la investigación del clima, en geofísica y en astrofísica.

Bernhard Schölkopf, director del Instituto Max Planck para Sistemas Inteligentes, en Túbingen (Alemania), ha aplicado estos métodos para analizar los datos del satélite de la NASA Kepler 2, lo que ha conducido al descubrimiento de 21 planetas extrasolares. Amante de la astronomía desde niño, Schölkopf no oculta su satisfacción: uno de esos exoplanetas es el primero cuya atmósfera muestra indicios de tener vapor de agua.

Los tres galardonados se conocieron en los Laboratorios Bell (Nueva Jersey, Estados Unidos) a principios de los años noventa. Sus bagajes eran muy distintos. Vladimir N. Vapnik había trabajado en el Instituto de Ciencias del Control en Moscú hasta 1990 y, junto con su alumno Alexey Chervonenkis (fallecido en 2014), había sentado las bases matemáticas de los métodos de reconocimiento automático de patrones. Isabelle Guyon lo conoció en 1991 siendo investigadora posdoctoral y juntos crearon las SVM. Schölkopf se unió a la colaboración en 1994, siendo estudiante de doctorado de Vapnik.

«El problema fundamental en inteligencia artificial es lograr que la máquina diferencie objetos —explica Vapnik—. La máquina debe aprender la regla para hacerlo, no se la puedes proporcionar. Las SVM se desarrollaron para conseguir eso. El objetivo de todos estos métodos en el aprendizaje automático es que una máquina aprenda a partir de ejemplos».

Aunque sus trayectorias se han separado, los tres han seguido colaborando. Guyon y Schölkopf investigan sobre uno de los problemas cruciales del área: identificar en un bosque de datos no solo las correlaciones estadísticas, sino las relaciones de causalidad. Avanzar en este terreno permitiría determinar, por ejemplo, si una mutación genética es causa de un cáncer o consecuencia.

precision, at times even better, enabling them to recognize everything from voices, handwriting or faces to cancer cells or the fraudulent use of credit cards. They are now being employed in genomics, cancer research, and diagnostic imaging, as well as finding applications in climate research, geophysics and astrophysics.

Bernhard Schölkopf, Director of the Max Planck Institute for Intelligent Systems in Tübingen (Germany), has used these methods to analyze data from the NASA satellite *Kepler 2*, contributing to the discovery of 21 extrasolar planets. A fan of astronomy since childhood, he admits to feeling thrilled to learn that one of these exoplanets was the first to have signs of water vapor detected in its atmosphere.

The three laureates coincided at Bell Laboratories (New Jersey, United States) in the early 1990s. Yet their backgrounds had little in common. Vladimir N. Vapnik had worked until 1990 at the Institute of Control Sciences in Moscow, where he and his then pupil Alexey Chervonenkis, who died in 2014, laid the mathematical foundations for machine pattern recognition methods. Isabelle Guyon met him in 1991 while conducting post-doctoral research, and together they came up with SVMs. Schölkopf, one of Vapnik's doctoral students, joined the collaboration in 1994.

“The main problem in artificial intelligence is how to get the machine to recognize things,” explains Vapnik. “And you cannot give the machine the rule, the machine has to learn it. SVMs were developed precisely to fulfill this condition. The aim of all these methods is simply so the machine can learn from examples.”

Although their paths have diverged, the three laureates have continued to collaborate. Guyon and Schölkopf are working on what is seen as one of the key problems in the area: how to identify not just statistical correlations in a forest of data but also relations of causality. Advances in this terrain could tell us, for instance, whether a genetic mutation is the cause or consequence of a cancerous process.

For Guyon, it is this last area that is proving richest in applications: “What we see progressing rapidly today are applications to decision-making problems related

Para Guyon, esta área es la que más aplicaciones está impulsando: «Hoy vemos progresar rápidamente aplicaciones para la toma de decisiones en problemas relacionados con el razonamiento causal. En estos problemas hay que desentrañar el proceso subyacente a la generación de los datos hasta el punto de que sea posible predecir las relaciones causa-efecto».

Fue precisamente el estudio de las relaciones de causalidad lo que condujo al hallazgo de los exoplanetas. Se trataba de un modelo causal que distinguía entre las señales de la estrella y las producidas por el propio instrumento, lo que permitió eliminar el ruido procedente de este último.

Guyon, por su parte, es autora de trabajos de gran impacto en biomedicina relacionados con la búsqueda de biomarcadores de cáncer. También ha creado ChaLearn, una organización sin ánimo de lucro que desde 2003 organiza competiciones de aprendizaje automático con fines educativos.

Los tres galardonados coinciden en afirmar que la transformación impulsada por la inteligencia artificial no ha hecho más que empezar, lo que no implica que las máquinas vayan a acabar siendo más inteligentes que las personas. «La máquina ya ha sobrepasado al humano en el reconocimiento de muchos patrones; por ejemplo, en numerosos casos de diagnóstico médico o en el reconocimiento de rostros —afirma Vapnik—. Pero la inteligencia es mucho más que eso».

«Lo interesante de nuestra inteligencia —recalca Schölkopf— es que podemos jugar al Go y después levantarnos a hacer la cena; una máquina no puede hacer eso». En su opinión, no obstante, sí «hay que empezar a reflexionar» sobre la transformación que supone para el mercado laboral la irrupción de la inteligencia artificial. El futuro del área, dice Guyon, «solo está limitado por la imaginación de los ingenieros».

to causal reasoning. In such problems, it is necessary to disentangle the process underlying the generation of data samples to the extent that one can predict cause-effect relationships."

The study of causality relations was indeed the key to the aforesaid discovery of exoplanets, with a causal model used to distinguish between the signals coming from the star and those produced by the telescope, allowing the latter to be filtered out.

Guyon, meantime, has published papers of wide impact in biomedicine relative to the search for cancer biomarkers. She also set up ChaLearn, a non-profit organization which since 2003 has been working to educate the public through machine learning competitions.

The three laureates are convinced that the AI-led transformation of society is only just beginning. Which is not to say that machines will actually surpass us in intelligence. "The machine can already do better than humans at recognizing things, for example, in cases of medical diagnosis or facial recognition," says Vapnik. "But intelligence is a whole lot more than that."

"What is interesting about our intelligence," Schölkopf continues, "is that we can play Go then get up from the table and make dinner, which a machine cannot do." He is convinced nonetheless that, as a society, "we must begin to reflect" on how the rise of AI will transform the labor market. For, as Guyon points out, the future of the field "is only bounded by the imagination of engineers."



Más información:

Isabelle Guyon

Bernhard Schölkopf

Vladimir N. Vapnik



More information:

Isabelle Guyon



Bernhard Schölkopf



Vladimir N. Vapnik



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. Es fellow del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE).

Ron Ho

Secretario del jurado
Es director de Ingeniería de Silicio en Facebook, puesto al que llegó tras haber sido director senior de Ingeniería en Intel. Empezó su carrera en 1993, construyendo microprocesadores en Intel. Seguidamente se incorporó como *Distinguished Engineer* a Sun Microsystems y en 2010 se convirtió en el primer arquitecto de hardware de Oracle. En ambas compañías trabajó en sistemas de comunicación capacitivos ópticos acoplados, memorias de capas tridimensionales y análisis de *big data*. Investiga, además, en realidad virtual y aumentada. Es titular de sesenta patentes y autor de más de cien artículos sobre circuitos y sistemas.

Liz Burd

Es vicerrectora adjunta de Aprendizaje y Enseñanza en la Universidad de Newcastle (Australia), institución a la que se incorporó tras ser profesora en la Universidad de Durham (Reino Unido) durante dos décadas. Experta en ciencias de la computación, entre 2010 y 2012 fue vicepresidenta de Actividades Educativas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), un puesto que le ha permitido promover internacionalmente la enseñanza en las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería. Es receptora de un premio National Teaching Fellowship, y del galardón 2008 IEEE Computer Science and Engineering Undergraduate Teaching Award.

Georg Gottlob

Es catedrático de Informática en la Universidad de Oxford (Reino Unido) y en la Universidad Tecnológica de Viena (Austria). Investiga en algoritmos, teoría de bases de datos, inteligencia artificial y procesamiento de datos web, y particularmente en sus aplicaciones en optimización de búsquedas, teoría de juegos y comercio electrónico. 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.

Oussama Khatib

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.

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).

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 centers on mathematical system theory and its applications, circuit theory, control and optimization, signal processing and neural networks. He is a Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Committee secretary

Director of Silicon Engineering at Facebook, which he joined from the post of Senior Director of Engineering at Intel Corporation. He started his career at Intel in 1993. He next joined Sun Microsystems as a Distinguished Engineer, and in 2010 became the first Hardware Architect at Oracle. At both firms he worked on capacitive and optically coupled communication systems, 3D-stacked memories, and Big Data analytics. His current research interests also extend to virtual and augmented reality. He holds more than 60 patents and has published over 100 papers on circuits and systems.

Pro Vice-Chancellor in Learning and Teaching at the University of Newcastle (Australia), which she joined after two decades teaching at Durham University (United Kingdom). An expert in computer science, she has been Vice-President of Educational Activities for the IEEE Computer Society (2010-2012), a role that gave her the opportunity to influence the development of international education within the science, technology and engineering disciplines. Her distinctions include a National Teaching Fellowship and the 2008 IEEE Computer Science and Engineering Undergraduate Teaching Award.

Professor of Informatics at the University of Oxford (United Kingdom) and Vienna University of Technology (Austria). His research interests lie in algorithms, database theory, artificial intelligence and web data processing, with applications in query optimization, game theory and e-commerce. 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 the Academia Europaea.

Professor of Computer Science and Director of the Robotics Laboratory at Stanford University (United States). His research focuses on human-centered robotics, encompassing humanoid control architectures, human motion synthesis, interactive dynamic simulation and human-friendly robot design. He is President of the International Foundation of Robotics Research and a Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers, which has distinguished him with its George Saridis Leadership, Distinguished Service and Robotics and Automation Pioneer awards.

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, 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, 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 Tecnologías de la Información y la Comunicación ha sido concedido en su duodécima edición a **Isabelle Guyon, Bernhard Schölkopf y Vladimir N. Vapnik** por sus contribuciones fundamentales al aprendizaje automático, específicamente en la teoría y aplicaciones de las máquinas de vectores soporte (SVM) y los métodos de núcleo (kernel).

El aprendizaje automático está transformando el mundo cotidiano, mejorando campos tan diversos como el diagnóstico médico, la visión por ordenador, el procesamiento del lenguaje natural y la vigilancia del cambio climático. Mediante esta herramienta, los ordenadores infieren relaciones de causalidad y patrones a partir de datos del mundo real, pero para hacerlo con fiabilidad y precisión necesitan un método que clasifique correctamente conjuntos de datos. Este problema se resolvió a partir de la teoría e implementación de las SVM, desarrolladas por Vapnik y Guyon, y potenciadas mediante elegantes métodos kernel concebidos por Schölkopf.

Vapnik fue uno de los pioneros de la teoría del aprendizaje estadístico en el Instituto de Ciencias del Control de Moscú, donde con el fallecido Alexey Chervonenkis definió la dimensión Vapnik-Chervonenkis, una medida muy potente de la capacidad de aprendizaje. A comienzos de la década de 1990 se trasladó a los Laboratorios Bell estadounidenses y allí colaboró con Isabelle Guyon en métodos para encontrar la mejor clasificación lineal de datos. Las SVM aportaron, por primera vez, un fundamento formal al aprendizaje óptimo a partir de datos para su generalización a nuevas muestras. Schölkopf trabajó con Vapnik para mostrar que las SVM se podían extender a clasificaciones no lineales y al análisis no lineal de componentes principales a través de funciones matemáticas kernel. Esto hizo posible simplificaciones enormes en las SVM mediante el mapeo de datos complejos a un espacio de características de dimensión mayor. Schölkopf y Guyon, además, han impulsado la ciencia de la causalidad, descubriendo relaciones de causa-efecto en bosques de datos, un reto considerado por muchos irresoluble.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Information and Communication Technologies goes, in this twelfth edition, to **Isabelle Guyon, Bernhard Schölkopf** and **Vladimir N. Vapnik** for their fundamental contributions to machine learning, specifically in the theory and applications of support vector machines (SVMs) and kernel methods.

Machine learning is transforming the everyday world, improving fields as diverse as medical diagnosis, computer vision, natural language processing, and the monitoring of climate change. This powerful tool teaches computers to infer relationships and patterns from real world data, but doing this accurately and reliably requires a method to separate data points into distinct classes. This problem was solved by the theory and implementation of SVMs, originally developed by Vapnik and Guyon, and made efficient through elegant kernel methods conceived by Schölkopf.

Vapnik pioneered the field of statistical learning theory while at the Institute of Control Sciences in Moscow, where, with his late student, he conceived the Vapnik-Chervonenkis dimension, a powerful measure of the complexity of learnability. Moving to Bell Labs in the early 1990s, Vapnik collaborated with Guyon on methods to find the best linear data classification. These SVMs showed, for the first time, a formal foundation for optimal learning from data and generalizing to unseen data. Schölkopf worked with Vapnik to show that SVMs could be extended to a broader set of nonlinear classifications and nonlinear principal component analysis via mathematical kernel functions. These enabled enormous simplifications in SVMs by mapping complex data sets into higher-dimensional representations. Schölkopf and Guyon have also advanced the science of causal discovery, uncovering cause-and-effect relationships in observed data, a problem considered by many to be unsolvable.

«Una hectárea de pradera de posidonia retira el mismo carbono atmosférico que 17 hectáreas de bosque prístino de la Amazonia».

“One hectare of seagrass meadow removes as much carbon from the atmosphere as 17 hectares of pristine Amazon rainforest.”

Carlos M. Duarte

«La ventana de oportunidad para salvar los arrecifes de coral sigue abierta, aunque se está cerrando rápidamente. No hay tiempo que perder».

“The window of opportunity to save coral reefs remains open, but it is closing rapidly. There is no time to lose.”

Terence P. Hughes

«La degradación de los ecosistemas marinos es grave. Estamos provocando que los océanos pierdan la capacidad de suministrarnos alimento».

“The degradation of marine ecosystems is extremely serious. We are losing the oceans’ ability to supply us with food.”

Daniel Pauly





Carlos M. Duarte

Terence P. Hughes

Daniel Pauly

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Ecología y Biología de la Conservación

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Ecology and Conservation Biology

45

Los guardianes de los océanos

En el azul de los océanos tienen lugar fenómenos cruciales para el funcionamiento de todo el planeta. Y su estudio, entrado el siglo XXI, sigue deparando sorpresas como que la costa está ribeteada por bosques submarinos que absorben de la atmósfera mucho más carbono que los ecosistemas terrestres. «Una hectárea de pradera de posidonia retira el mismo carbono atmosférico que 17 hectáreas de bosque prístino de la Amazonía», explica Carlos M. Duarte, el biólogo marino español descubridor de este dato. «En Baleares, Alicante o Valencia tenemos un bosque amazónico en el mar».

El hallazgo ha puesto el foco de la conservación en las praderas submarinas, los manglares y las marismas marinas, hábitats costeros hoy gravemente amenazados. Pero además ha abierto nuevas vías para mitigar la que Duarte considera una de las mayores amenazas —si no la mayor— para los ecosistemas oceánicos: el cambio climático.

Sus colegas Terence P. Hughes y Daniel Pauly coinciden en el diagnóstico. Hughes, referente mundial en el estudio de la ecología de los corales, lanzó hace años la voz de alarma por el impacto devastador que tiene el calentamiento global sobre los arrecifes de coral. Pauly, por su parte, ha dedicado su extensa carrera a documentar el declive de las poblaciones de peces a escala mundial por efecto de la sobre pesca y a apoyar herramientas para lograr la sostenibilidad de las pesquerías.

Los tres ecólogos marinos comparten este año el Premio Fronteras del Conocimiento «porque realmente no es posible resolver estos retos por separado», ha señalado la presidenta del jurado, Emily Bernhardt, catedrática de Biología de la Universidad Duke (Estados Unidos). El trabajo de los tres galardonados, añade

Guardians of the oceans

In the blue of the oceans, processes unfold that are vital to the functioning of the entire planet. And their study, even in this 21st century, can still hold surprises, like the fact that the underwater forests bordering our coasts capture substantially more carbon from the atmosphere than terrestrial ecosystems. "One hectare of seagrass meadow removes as much atmospheric carbon as 17 hectares of pristine Amazon rainforest," explains Carlos M. Duarte, the Spanish marine biologist who identified this capacity. "In the Balearic Islands, Alicante or Valencia, we have an Amazonia in our sea."

His discovery has focused attention on the conservation of seagrass meadows, mangroves and tidal wetlands, coastal habitats that are now seriously at risk. But it has also yielded new opportunities to mitigate what Duarte considers to be one of the great, if not the greatest, threats to oceanic ecosystems, the advance of climate change.

His colleagues Terence P. Hughes and Daniel Pauly concur with this diagnosis. Hughes, a world leader in the study of coral ecology, raised the alarm years ago about how global warming is destroying coral reefs. Pauly, meantime, has spent his long career documenting the decline in global fish stocks due to overexploitation, and developing tools to achieve sustainability in fisheries.

The three marine ecologists share this year's Frontiers of Knowledge Award "because there is no way to deal with these challenges separately," in the words of committee chair Emily Bernhardt. For this Professor of Biology at Duke University (United States), the work of the co-laureates "is multidisciplinary and without borders. It does not confine itself to certifying

La investigación de Duarte, Hughes y Pauly ha transformado la visión del océano, revelando su potencial como gran sumidero de carbono del planeta, alertando sobre el frágil estado de salud de los arrecifes de coral y proporcionado herramientas cruciales para alcanzar la sostenibilidad de las pesquerías.

The research done by Duarte, Hughes and Pauly has transformed our view of the ocean, revealing its potential as the planet's largest carbon sink, raising awareness of the fragile state of coral reefs, and providing vital tools for the achievement of sustainable fisheries.

Bernhardt, «es multidisciplinar, sin fronteras y no se limita a levantar acta de los daños, sino que busca y propone soluciones».

Carlos Duarte ha desarrollado parte de su carrera en España —en el Instituto de Ciencias del Mar en Barcelona, en el Centro de Estudios Avanzados de Blanes y en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados en Mallorca (CSIC)— e investiga en la actualidad en la Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdalá (Arabia Saudí). En los noventa, su investigación desveló que hay ecosistemas submarinos costeros que absorben gran cantidad de CO₂ atmosférico mediante la fotosíntesis y lo entierran en sedimentos del fondo. Demostró que, aunque estos sumideros representan solo el 0,2 por ciento del área de los océanos, son responsables del 50 por ciento del carbono en el suelo marino.

Ese resultado llevó a Duarte a acuñar en 2005 la expresión carbono azul (*blue carbon*) para los bosques submarinos. «Cuando nos dimos cuenta de que son los sumideros de carbono más potentes de la biosfera, consideramos necesario redirigir el debate público hacia su restauración como estrategia para mitigar el cambio climático», explica. Su esfuerzo en esta línea quedó plasmado en un informe de Naciones Unidas que ha dado pie al programa internacional Blue Carbon Initiative para conservar los bosques submarinos.

Sus efectos empiezan a notarse. Durante el siglo XX se perdieron la mitad de los manglares y praderas submarinas del planeta, y un porcentaje aún mayor de marismas, aunque en la última década, sin embargo, la destrucción se ha ralentizado.

La buena salud de los bosques azules revertirá, sin duda, en los arrecifes de coral. Como testigo del efecto del cambio climático sobre la Gran Barrera de Coral australiana, Hughes asegura que «las emisiones de gases de efecto invernadero son la mayor amenaza para los arrecifes de coral en todo el mundo».

El cambio climático calienta y acidifica el agua, lo que provoca en los corales un intenso estrés. Estos animales reaccionan expulsando de su interior al protozoos que les provee de alimento y del que adquieren el tono rojizo. La investigación de Hughes, director del Centro

the damage done, but pushes through to find and present solutions.”

Carlos Duarte spent part of his career in Spain – at the Marine Sciences Institute in Barcelona, the Blanes Center for Advanced Studies and the Mediterranean Institute for Advanced Studies in Mallorca (CSIC) – and is currently researching at the King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia). In the 1990s, his studies showed that some underwater coastal ecosystems absorb large quantities of atmospheric CO₂ via photosynthesis and bury it in sea-floor sediments. So efficient are these sinks, he proved, that despite representing just 0.2 percent of the oceans, they are responsible for 50 percent of seabed carbon storage.

It was this finding that led Duarte to coin the term Blue Carbon in 2005, in reference to underwater forests. “When we realized that they were the biosphere’s most powerful carbon sinks, we knew we had to redirect public debate toward their restoration as a mitigating strategy against climate change,” he explains. These efforts were documented in a United Nations report that would inspire the Blue Carbon Initiative aimed at conserving vegetated coastal habitats.

Some of the effects are now showing through. True, the 20th century saw the loss of half the world’s mangroves and seagrass meadows, and an even higher percentage of its wetlands, but in the last ten years the destruction has slowed.

Healthy blue forests would certainly provide a lifeline to coral reefs. From his vantage point as a long-term observer of the impact of climate change on Australia’s Great Barrier Reef, Hughes has no doubt that “greenhouse gas emissions are the biggest threat by far to the world’s coral reefs.”

Ocean warming and acidification due to climate change are a cause of severe stress in corals. These living animals react by expelling the protozoans that provide them with food and give them their distinctive reddish hue. The research done by Hughes, Director of the Centre of Excellence for Coral Reef Studies at James Cook University in Australia, has shown that episodes of mass

de Excelencia para el Estudio del Arrecife de Coral de la Universidad James Cook, en Australia, ha demostrado que en las últimas décadas estos episodios de blanqueamiento masivo de corales se han convertido en la norma. «El blanqueamiento de los corales no es una amenaza futura, ya está aquí», advierte el galardonado.

Hughes colabora con economistas e investigadores en ciencias sociales para combatir el deterioro. Además de por su biodiversidad, explica Hughes, «los arrecifes de coral son muy importantes para la seguridad alimentaria de las personas. En los trópicos hay 400 millones de personas que dependen de corales saludables». Su discurso, no obstante, dista de ser catastrofista: «La ventana de oportunidad para salvar los arrecifes de coral sigue abierta, aunque se está cerrando rápidamente».

Daniel Pauly lanza un mensaje similar en relación a las pesquerías: «La degradación de los ecosistemas marinos es extremadamente grave; estamos provocando que los océanos pierdan su capacidad para suministrarnos alimento. Pero sí, estamos a tiempo de actuar».

Pauly, catedrático y fundador del proyecto Sea Around Us de la Universidad de Columbia Británica, en Canadá, ha desarrollado un método para obtener información detallada sobre pesquerías globales, poniendo así de manifiesto el problema de la sobrepesca mundial. «La investigación de Pauly demuestra las interdependencias entre la ciencia de las pesquerías, la ecología marina y la conservación en todo el mundo», ha señalado el jurado.

En 1990 Pauly creó FishBase, la mayor base de datos digital sobre peces. Hoy día se ha convertido en una herramienta ecológica consultada y citada por investigadores en todo el mundo, con información sobre unas 35.000 especies marinas. Además, Pauly ha liderado el desarrollo de ecuaciones y modelos con el fin de evaluar los niveles de explotación en las poblaciones de peces.

coral bleaching have become something of a norm in the last few decades. Indeed bleaching, he warns, "is not a future threat, it is happening here and now."

Hughes is working alongside economists and researchers in the social sciences to try and halt this deterioration. For it is not just reef biodiversity that is at stake. "Coral reefs," he explains, "are an important resource for human food security. Around 400 million people throughout the tropics depend on healthy corals." His discourse, however, steers clear of catastrophism: "The window of opportunity to save reefs remains open, though it is closing rapidly."

Daniel Pauly issues a similar message in regard to fisheries: "The degradation of marine ecosystems is extremely serious, and we are causing the oceans to lose their ability to supply us with food. But, yes, there is still time to react."

Pauly, a professor at the University of British Columbia, in Canada, and founder of its Sea Around Us project, developed a method to gather detailed information on global fisheries, in the process bringing to light the full extent of the overfishing problem. His research, says the award committee, "demonstrates the interdependencies between fisheries science, marine ecology and conservation around the world."

In 1990 Pauly set up the largest finfish database in existence, FishBase; an ecological resource setting out information on some 35,000 species that is consulted and cited by researchers everywhere. Not only that, he has led the development of equations and models to assess the levels of exploitation of fish populations.



Más información:

Carlos M. Duarte

Terence P. Hughes

Daniel Pauly



Carlos M. Duarte

Terence P. Hughes

Daniel Pauly

**Emily S. Bernhardt**

Presidenta del jurado
Es titular de la Cátedra James B. Duke en el Departamento de Biología en la Universidad de Duke (Estados Unidos) y trabaja en biogeoquímica, ecología del ecosistema, ecología acuática, ecología urbana y restauración científica. Lidera, además, la investigación del Programa de Macrosistemas «Definición de biomas de corrientes para comprender y pronosticar el cambio de ecosistemas», que impulsa la Fundación Nacional para la Ciencia (Estados Unidos). Ha sido presidenta de la Sociedad para la Ciencia del Agua Dulce y ha recibido el Premio Mercer de la Sociedad Americana de Ecología, entre otras distinciones.

Committee chair

James B. Duke Professor in the Department of Biology at Duke University (United States), where she works in biogeochemistry, ecosystem ecology, aquatic ecology, urban ecology and restoration science. She is also Lead Principal Investigator on the Macrosystems Program "Defining Stream Biomes to Understand and Forecast Ecosystem Change," supported by the U.S. National Science Foundation. A past president of the Society for Freshwater Science, her honors include the Mercer Award of the Ecological Society of America.

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.

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.

Paul M. Brakefield

Es director del Museo Universitario de Zoología y catedrático en el Departamento de Zoología de la Universidad de Cambridge (Reino Unido). Especializado en biología evolutiva, su trabajo se centra en *Bicyclus anynana*, una mariposa africana que emplea para estudiar 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.

Professor of Zoology and Director of the Museum of Zoology at the University of Cambridge (United Kingdom). An evolutionary biologist, he has specialized in *Bicyclus anynana*, an African butterfly which he uses to study the genes that regulate developmental mechanisms, how the way in which development builds morphologies can contribute to shaping evolutionary trajectories, and the roles of metabolic, physiological and morphological traits in ecological adaptation. Past president of the Linnean Society of London, a Fellow of the Royal Society and a Foreign Fellow of the Royal Dutch Academy of Arts and Sciences.

Anna-Liisa Laine

Es catedrática de Ecología en el Departamento de Biología Evolutiva y Estudios Medioambientales de la Universidad de Zúrich (Suiza), y catedrática visitante y directora del Centro de Investigación del Cambio Ecológico del Programa de Investigación en Biología Evolutiva y de los Organismos 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, miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Finlandia.

Professor of Ecology in the Department of Evolutionary Biology and Environmental Studies at the University of Zurich (Switzerland), and Visiting Professor and Director of the Research Centre for Ecological Change within the Research Program in Organismal and Evolutionary Biology 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, she is also a member of the Finnish National Academy of Sciences.

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.

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.

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 IV Informe del IPCC que recibió el Premio Nobel de la Paz en 2007.

Professor and Director of the Environmental Systems Analysis Group at Wageningen University (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 Ecología y Biología de la Conservación ha sido concedido en su duodécima edición a **Carlos M. Duarte, Terence P. Hughes y Daniel Pauly** por sus contribuciones seminales al conocimiento de los océanos y sus esfuerzos por proteger y conservar la biodiversidad marina y los servicios de los ecosistemas oceánicos en un mundo en constante cambio. Los tres investigadores están en la vanguardia de la ciencia de la ecología marina y en la aplicación de ese conocimiento como guía para la gestión y conservación efectiva de hábitats oceánicos críticos y pesquerías.

La investigación de Carlos Duarte ha demostrado la crucial importancia de ecosistemas costeros como las praderas oceánicas y los manglares en la absorción de carbono de la atmósfera. Su trabajo ha dado lugar a la Iniciativa Carbono Azul, un programa global que aspira a mitigar el cambio climático mediante la conservación y restauración de estos hábitats.

A Terence Hughes se le reconoce por sus esfuerzos por describir los daños que sufren a escala global los frágiles ecosistemas coralinos a consecuencia del calentamiento del planeta, la acidificación de los océanos, la contaminación y las enfermedades. Ha desempeñado un papel de alcance internacional en la aplicación de estrategias interdisciplinares para la conservación y restauración de los arrecifes de coral. Sus trabajos recientes sobre la situación de estos ecosistemas en el Antropoceno constituyen una síntesis cabal de ecología, proyecciones climáticas, ciencias sociales y modelización socioecológica.

Daniel Pauly ha documentado el declive de las poblaciones de peces a escala mundial. Entre sus contribuciones figuran una ecuación para predecir la mortalidad natural de los peces, un método computacional de uso generalizado para estimar la dinámica de sus poblaciones y una demostración de las migraciones de los peces a consecuencia del cambio climático. Su investigación hace patentes las interdependencias entre la ciencia de las pesquerías, la ecología marina y la conservación en todo el mundo.

Excerpt from award citation

49

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology goes, in this twelfth edition, to **Carlos M. Duarte, Terence P. Hughes** and **Daniel Pauly** for their seminal contributions to our understanding of the world's oceans, and their efforts to protect and conserve marine biodiversity and oceanic ecosystem services in a rapidly changing world. All three scientists are at the forefront in developing our fundamental understanding of marine ecology and in applying that knowledge to guide effective conservation and management of critical marine habitats and fisheries.

Carlos Duarte's research has established the critical importance of seagrass meadows and mangroves in coastal carbon sequestration. His work catalyzed the Blue Carbon Initiative, a global program focused on mitigating climate change through the conservation and restoration of these habitats.

Terence Hughes is recognized for his efforts to describe and draw attention to the global loss of fragile coral ecosystems as a result of widespread warming, ocean acidification, pollution and disease. He has been an international leader in the application of cross-disciplinary approaches to the conservation and restoration of coral reefs. His recent work on the situation of coral reefs in the Anthropocene is a sound synthesis of ecology, climate projections, social science and social-ecological modeling.

Daniel Pauly has documented the decline in global fisheries. Among his contributions are an equation predicting natural mortality in fishes, a widely-used computer-based method estimating the population dynamics of fishes, and a demonstration of climate change-induced fish migrations. His research evidences the interdependencies between fisheries science, marine ecology and conservation around the world.

«Los huracanes son devastadores. Es nuestra responsabilidad hacer todo lo que esté en nuestras manos para reducir este riesgo».

“Hurricanes are devastating. It is our responsibility to do everything reasonable that we can to reduce the risk.”

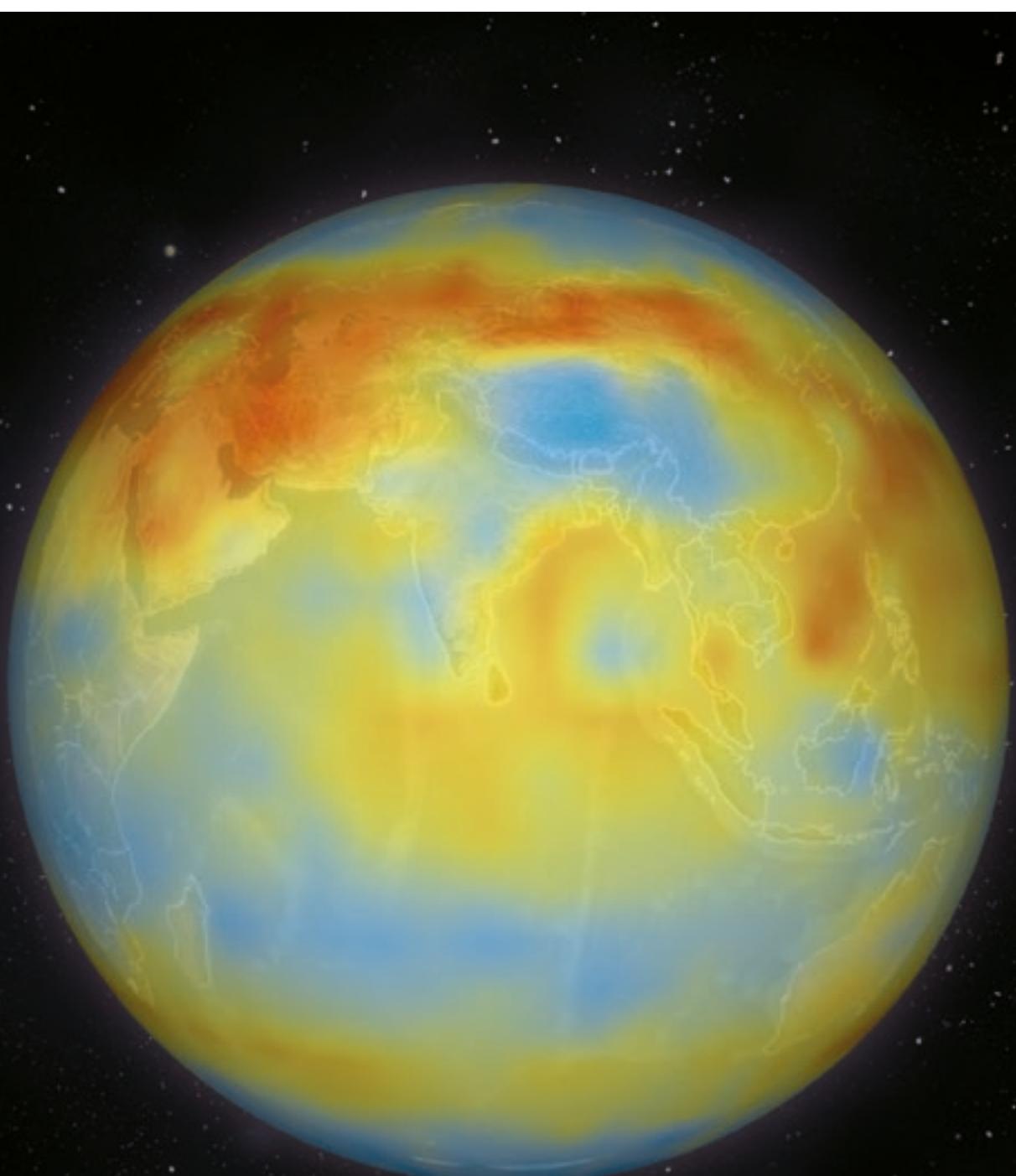
Kerry A. Emanuel

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Climate Change





Kerry A. Emanuel

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

El explorador de los huracanes

Estar en el ojo de un huracán es comparable a «estar en el centro de un coliseo romano de 30 kilómetros de diámetro con muros giratorios que se elevan 15 kilómetros hacia el cielo y de los que caen cascadas de cristales de hielo, formando una superficie blanca y brillante», describe Kerry A. Emanuel, ganador de la duodécima edición del Premio Fronteras del Conocimiento en la categoría de Cambio Climático.

Pero reconocer la «asombrosa belleza» de los huracanes no ha impedido a este catedrático del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) convertirse en la voz científica que alerta, desde hace décadas, de que los huracanes se volverán considerablemente más intensos por efecto del cambio climático.

Los ciclones tropicales —el fenómeno que en el Atlántico se conoce como huracán y en el Pacífico como tifón— son, junto con los terremotos, los fenómenos naturales que más muertes y pérdidas económicas provocan. Según Emanuel, desde principios de los años setenta —y solo estimando daños económicos— han provocado pérdidas que superan los 700.000 millones de dólares anuales. Son cifras abocadas a crecer. En las últimas cuatro décadas, por el aumento demográfico en las costas, «la población global expuesta a los huracanes se ha triplicado», señala el galardonado.

En este escenario, las aportaciones de Emanuel son más que relevantes. La primera, catalogable como básica, consiste ni más ni menos que en explicar la causa y el funcionamiento de los ciclones tropicales.

Pese a su gran impacto en la vida de las personas, cuando Emanuel empezó a estudiarlos, su física estaba llena de incógnitas. «Para los científicos de la atmósfera los huracanes son un objeto de gran belleza

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Climate Change

The hurricane explorer

The sensation of being in the eye of a hurricane is comparable to “standing at the center of a Roman coliseum that is 20 miles across, with walls that soar 10 miles into the sky, towering walls with cascades of ice crystals falling along their brilliantly white surface.” These evocative words belong to Kerry A. Emanuel, winner in the 12th edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards in the category of Climate Change.

But despite his delight in the “awesome beauty” of hurricanes, this Massachusetts Institute of Technology professor would, for decades, be the scientific voice insisting to the world that hurricanes would grow increasingly violent as a consequence of climate change.

Tropical cyclones – known in the Atlantic as hurricanes and in the Pacific as typhoons – rank with earthquakes as the natural events causing most deaths and the steepest economic losses. According to Emanuel, factoring economic damages alone, they have cost the world over 700 billion dollars annually since the early 1970s. And the toll, he warns, will go on rising. In the last forty years, with the demographic surge in coastal zones, “the global population exposed to hurricanes has tripled.”

In this scenario, the new laureate’s contributions are of pivotal importance. The first, in the realm of basic science, consists simply of understanding the causes and inner workings of tropical cyclones.

For despite their devastating effects on people’s lives, at the time Emanuel began to study hurricanes the science still had major gaps. “To the atmospheric scientist, the hurricane is a thing of great beauty and mystery (...). Despite decades of intensive research, many aspects of hurricanes remain enigmatic, and

Además de explicar la causa y el funcionamiento de los huracanes, Kerry Emanuel ha sido el primero en relacionar estos fenómenos con el cambio climático. Sus modelos predicen un considerable aumento del poder destructivo de los ciclones tropicales si la temperatura sigue subiendo como hasta ahora.

As well as explaining the cause and inner workings of hurricanes, Kerry Emanuel was the first to draw a connection between them and climate change. His models predict a sizeable leap in the destructiveness of tropical cyclones if temperatures go on rising at current rates.

y misterio (...). Tras décadas de intensa investigación científica, muchos aspectos de los huracanes siguen siendo un enigma, y la controversia acerca de su física persiste», escribía Emanuel a finales de los años ochenta. Propuso por entonces un modelo físico que aclaró la situación, y que está hoy unánimemente aceptado.

Su propuesta partió de los trabajos de uno de los padres de la termodinámica, el físico francés del siglo xix Sadi Carnot, que investigaba en gran medida para construir máquinas de vapor más eficaces. Carnot demostró que una máquina solo puede convertir calor en energía mecánica si ese calor fluye desde un reservorio de alta temperatura a otro de baja. Difícilmente este científico de la primera revolución industrial podía imaginar que esa explicación aclararía el funcionamiento de huracanes y tifones.

Porque, según descubrió Emanuel, lo que origina y alimenta estos fenómenos es la gran diferencia de temperatura entre el aire en la superficie del mar, a entre 26 y 30 °C, y en la base de la estratosfera, a unos -80 °C. «Los ciclones tropicales son un ejemplo de libro de una máquina de Carnot», escribió en 1987 el galardonado en un muy citado artículo publicado en la revista *Nature*.

En ese mismo trabajo seminal, Emanuel se convirtió también en el primero en relacionar la intensidad de los huracanes con el cambio climático. En la actualidad, sus modelos predicen el aumento de un 15 por ciento en la intensidad de los huracanes a finales de este siglo, estimando que para entonces la temperatura media global habrá subido unos tres grados.

Puede no parecer demasiado, pero hay que tener en cuenta que la fuerza destructiva de los huracanes se calcula multiplicando al cubo la velocidad del viento, de manera que tres grados más de temperatura supondrán huracanes un 45 por ciento más capaces de provocar daños.

«Los huracanes más intensos hoy pueden tener una velocidad del viento en la superficie de 85 metros por segundo, pero para finales de este siglo, si no reducimos las emisiones de gases de efecto invernadero, podríamos ver un aumento de hasta 90-92 metros por segundo —explica Emanuel—. Dado que el poder destructivo de

controversy about their physics persists," he wrote in the late 1980s. His response was to propose a physical model that elucidated the process, and has since won general acceptance.

This proposal drew on the work of 19th-century French physicist Sadi Carnot, a pioneer in the field of thermodynamics whose main concern was the search for more efficient steam engines. Carnot demonstrated that a machine can only convert heat into mechanical energy if it flows from a high-temperature to a low-temperature reservoir. And this scientist of the Industrial Revolution would no doubt be surprised to find that his theory has also helped to explain the formation of hurricanes and typhoons.

Because, as Emanuel discovered, what creates and feeds these storms is the huge contrast between sea-surface air temperatures, at between 26° and 30°C, and those at the base of the stratosphere, at around -80°C. "Tropical cyclones are a textbook example of a Carnot engine," wrote the climate scientist in 1987 in a highly-cited paper published in *Nature*.

Emanuel would also be the first, in this same seminal paper, to draw a connection between hurricane intensity and climate change. His models currently predict a 15 percent increase in the wind speed of hurricanes at the end of this century, assuming that global temperatures will by then have risen by approximately three degrees.

That may not seem a lot, but if we consider that the destructiveness of hurricanes increases with the cube of wind speed, then with this three-degree rise their power to wreak damage would be amplified by around 45 percent."

"Today's fiercest hurricanes may have a wind speed at the surface of 85 meters per second, but by the end of this century, unless we curb greenhouse gas emissions, we could start to see speeds of up to 90-92 meters per second," Emanuel clarifies. "And as it is wind speed that determines hurricanes' destructive potential, we are talking about a considerable leap."

For decades there was no way Emanuel's groundbreaking predictions could be tested, largely, he

un huracán está determinado por la velocidad del viento, este aumentará de forma muy considerable».

Durante décadas ha sido imposible confirmar las predicciones pioneras de Emanuel, en gran medida porque, según él mismo reconoce, los datos de calidad sobre huracanes a escala global eran prácticamente inexistentes hasta la década de los setenta. En los últimos años, no obstante, este vacío lo han cubierto las observaciones de satélite, y los pronósticos se van confirmando.

«La evidencia apoya la hipótesis de que el aumento de la temperatura incrementa la intensidad de los huracanes —expone Emanuel—. Nada en la ciencia es cién por cien seguro, pero los modelos lo muestran claramente; los datos también están empezando a reflejarlo, y esperamos poder verificarlo en los próximos años conforme obtengamos más observaciones».

Otra predicción de Emanuel que empieza a ser respaldada por los datos es que los huracanes se expandirán a más zonas del planeta. En el Mediterráneo serán más intensos los llamados *medicanes*, que Emanuel estudió durante un año sabático en la Universidad de las Islas Baleares (Mallorca) en 2005. «Hemos comprobado que, en efecto, conforme el Mediterráneo se calienta, podemos esperar una mayor incidencia de estos huracanes».

Además, con el cambio climático los huracanes evolucionarán más rápidamente, es decir, se volverán más intensos con mayor rapidez. Esto dificultará aún más, advierte Emanuel, el pronóstico de huracanes, un área ya muy compleja en la actualidad.

«Los huracanes son devastadores. Es nuestra responsabilidad hacer todo lo que esté en nuestras manos para reducir este riesgo. Debemos dejar de hacer caso a las voces negacionistas y escuchar a nuestros hijos, que nos están reclamando que actuemos, y a mí me avergüenza que no lo estemos haciendo», concluye.

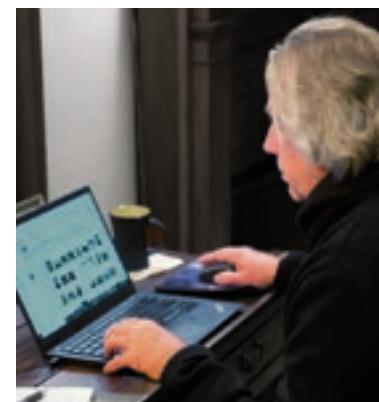
admits, because reliable global data were virtually non-existent until the 1970s. More recently, however, this gap has been filled by satellite observations, with the result that his predictions are increasingly being borne out.

“The weight of evidence supports the hypothesis that higher temperatures ramp up hurricane intensity,” he affirms in this respect. “Nothing in science is bullet proof, but the models show it, the data are beginning to show it, and we hope to be able to prove it in the next few years as more observations come in.”

Another of Emanuel's predictions now being confirmed by the data is that hurricanes will form across more regions of the planet. In the Mediterranean, this will mean an increase in the “medicanes” that Emanuel studied in 2005 during a sabbatical year at the University of the Balearic Islands (Mallorca). “What we found there, in effect, was that as the Mediterranean warms up, we can expect a higher incidence of this type of storm.”

Not only that, a changing climate means hurricanes will develop more rapidly, becoming faster and more violent. And this, Emanuel warns, will complicate the already tough task of making accurate forecasts.

“Hurricanes are devastating. It is our responsibility to do everything reasonable that we can to reduce this risk. We need to stop listening to the voices of denial out there, and instead listen to our own children, who are crying out for us to act. To me it is shameful that so little is being done.”



**Bjorn Stevens**

Presidente del jurado
Es director del Instituto Max Planck de Meteorología (Hamburgo, Alemania), donde dirige el Departamento La Atmósfera en el Sistema Terrestre. Su investigación se centra en el comportamiento agregado de las nubes para deducir cómo podría cambiar en el futuro a consecuencia del calentamiento o cómo ha contribuido en el pasado al cambio climático. 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 titular de la Cátedra Tarek Ahmed Juffali en Ecología del Mar Rojo en la Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdalá (Arabia Saudí) y catedrático del Departamento de Biociencia de la Universidad de Aarhus (Dinamarca). Su investigación se centra en comprender los impactos del cambio global en los ecosistemas marinos, abordando todos sus componentes: desde los microbios a la megafauna. Entre otros, ha recibido el Premio Nacional de Investigación Alejandro Malaspina y el Premio de la Excelencia del Consejo Internacional para la Exploración del Océano (ICES).

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 Océano de la Universidad de Barcelona. Investiga los efectos del cambio climático en la dinámica y el ecosistema marinos, en particular la transferencia de la señal del cambio global hacia el océano profundo mediante procesos naturales de alta energía. Ha sido director asociado de investigación del Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) y experto evaluador de la Comisión Europea, la Fundación Europea de la Ciencia o la Fundación Nacional de la Ciencia de Estados Unidos.

Martin Heimann

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.

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.

Committee chair

Director of the Max Planck Institute for Meteorology (Hamburg, Germany), where he heads the Atmosphere in the Earth System Department. His research focuses on the aggregate behavior of Earth's clouds, trying to deduce how such behavior might change in the future due to warming and how it has contributed to past climate change. He holds the Clarence Leroy Meisinger Award of the American Meteorological Society and served as a lead author on the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Committee secretary

Holder of the Tarek Ahmed Juffali Research Chair in Red Sea Ecology at King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia) and a professor in the Department of Bioscience at Aarhus University (Denmark). His research focuses on understanding the impacts of global change in marine ecosystems, addressing all components from microbes to megafauna. Among other honors, he has received the Alejandro Malaspina National Research Award and the Prix d'Excellence of the International Council for the Exploration of the Sea.

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 concerns the effects of climate change on ocean dynamics and marine ecosystems, focusing on the transfer of the global change signal to the deep ocean by high-energy natural processes. A former Research Associate Director with the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), he has served as an expert evaluator for the European Commission, the European Science Foundation and the U.S. National Science Foundation.

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.

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.



Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

Julie A. Winkler

Es catedrática de Geografía en el Departamento de Geografía, Medio Ambiente y Ciencia Espacial en la Universidad Estatal de Míchigan (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 Premio Charles Franklin Brooks de la Sociedad Meteorológica Americana.

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 Charles Franklin Brooks Award of the American Meteorological Society.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático ha sido concedido en su duodécima edición a **Kerry A. Emanuel** por sus contribuciones fundamentales a la comprensión de la física de los ciclones tropicales (huracanes y tifones) y cómo se ve afectada por el cambio climático.

Gracias a la comprensión de la física básica de la convección atmosférica, Emanuel ha desvelado el comportamiento de los ciclones tropicales a medida que cambia el clima. Sus teorías predicen la intensificación de los huracanes y tifones con el calentamiento global, algo que ya se ha observado. Su investigación ha abierto nuevas vías para estimar el riesgo asociado a fenómenos climáticos extremos.

Además de sus contribuciones pioneras en el ámbito teórico, Emanuel destaca por ser muy activo y extraordinariamente eficaz a la hora de comunicar la ciencia del cambio climático al público y a los responsables políticos.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Climate Change

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Climate Change goes, in this twelfth edition, to **Kerry A. Emanuel** for fundamental contributions to understanding of tropical cyclones (hurricanes and typhoons) and how they are affected by climate change.

By understanding the essential physics of atmospheric convection, he has unraveled the behavior of tropical cyclones as climate changes. His theories predict the observed intensification of hurricanes and typhoons with global warming. This research has opened new approaches for assessing risks from weather extremes.

In addition to his pioneering theoretical contribution, Emanuel is very active and extraordinarily effective in communicating the science of climate change to the public and policy makers.

«Necesitábamos desarrollar un marco integrado para comprender no solo la estructura macroeconómica del crecimiento, sino también las numerosas cuestiones microeconómicas que interactúan con él».

“We felt the need to develop an integrated framework for understanding not only the macroeconomic structure of growth but also the many microeconomic issues that interact with it.”

Philippe Aghion

«Las nuevas tecnologías generan grandes beneficios, pero a la vez convierten en obsoletas a las viejas y, por tanto, a los conocimientos y habilidades de sus trabajadores. Hay ganadores y perdedores».

“New technologies not only generate lots of benefits, they also render old technologies obsolete, along with the knowledge and skills of the human capital employed. There are losers as well as winners.”

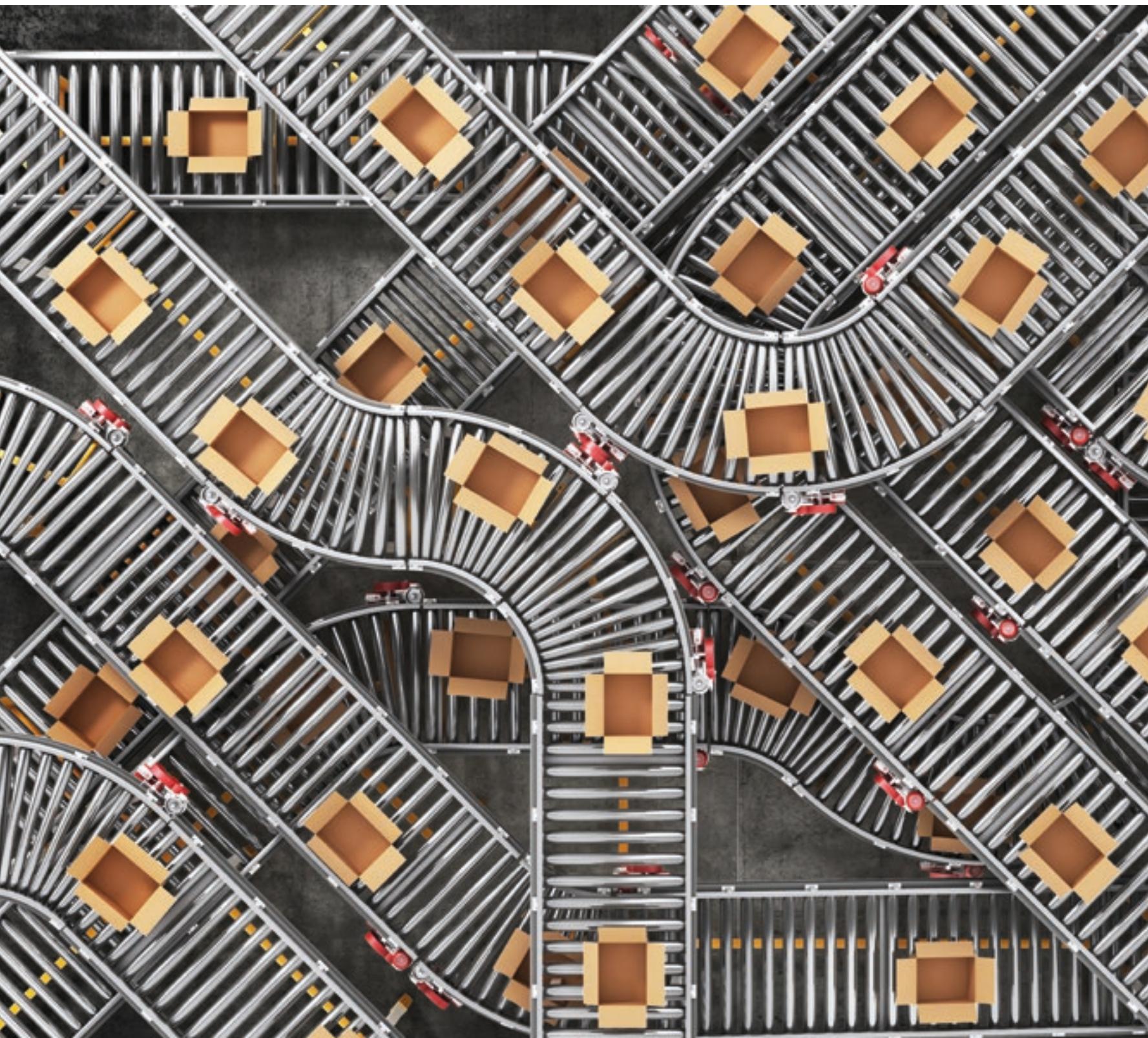
Peter Howitt

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Economía, Finanzas y
Gestión de Empresas**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

**Economics, Finance
and Management**





Philippe Aghion Peter Howitt

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

La destrucción creativa como motor del crecimiento económico

En 1942, el economista austriaco Josep Schumpeter explicó en su libro *Capitalismo, socialismo y democracia* la existencia de un impulso que «revoluciona de modo incesante la estructura económica desde dentro, destruyendo de modo incesante la antigua, creando de modo incesante una nueva. Este proceso de destrucción creativa es el hecho esencial del capitalismo». Cincuenta años después, Philippe Aghion y Peter Howitt elaboraron un modelo que sitúa esta dinámica como motor del crecimiento económico. En él recuperan, desarrollan en el marco de la teoría económica moderna y validan empíricamente la idea de Schumpeter. Por ello, el jurado ha decidido concederles *ex aequo* el Premio Fronteras del Conocimiento de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas en su XII edición.

En 1987, Philippe Aghion llegaba como profesor asistente al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), preguntándose si esa *schumpeteriana* noción de la destrucción creativa podría convertirse, dentro de un modelo teórico, en la causa subyacente del crecimiento económico. Comenzaban a conocerse los primeros modelos de crecimiento endógeno en los que, a diferencia de los neoclásicos, la causa del crecimiento era un elemento medido y explicado dentro del sistema económico analizado, y no factores externos al funcionamiento de la economía.

Aghion acababa de obtener el doctorado en Harvard con una tesis sobre microeconomía aplicada, en la que exploraba los fundamentos de la organización industrial y la competencia imperfecta, y los aplicaba sobre la teoría del crecimiento. En los pasillos del Departamento de Economía del MIT conoció a Peter Howitt, profesor visitante en año sabático y catedrático en excedencia de la Universidad de Western Ontario

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Economics, Finance and Management

Creative destruction as a motor of growth

In 1942, Austrian economist Josep Schumpeter wrote in his book *Capitalism, Socialism and Democracy* about a force that “incessantly revolutionizes the economic structure from within, incessantly destroying the old one, incessantly creating a new one. This process of Creative Destruction is the essential fact about capitalism.” Fifty years later, Philippe Aghion and Peter Howitt devised a model that places this dynamic center stage as the motor of economic growth. They thus revived, developed in the framework of modern economic theory, and validated empirically Schumpeter’s idea. It is for this achievement that the committee has distinguished them with the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management in its 12th edition.

When Philippe Aghion took up an assistant professorship at the Massachusetts Institute of Technology in 1987, he was already wondering whether the Schumpeterian notion of creative destruction might be theoretically proven to be the underlying source of economic growth. These were the years of the first endogenous growth models, which dissented from the neo-classical approach in holding that the cause of growth was something measured and explained in the economic system analyzed, rather than factors external to the functioning of the economy.

Aghion had just earned his PhD from Harvard with a thesis on applied microeconomics, in which he explored the foundations of industrial organization and imperfect competition and their application to growth theory. It was there in the corridors of the Economics Department that he ran into Peter Howitt, a visiting professor on a year’s sabbatical leave from the University of Western Ontario, and an expert in

Aghion y Howitt desarrollaron, en el marco de la teoría económica moderna, un modelo en que el concepto de *destrucción creativa* de Schumpeter es el motor del crecimiento, impulsado por las innovaciones que reestructuran el mercado y obligan a todos sus agentes a reposicionarse o desaparecer, en un proceso de continua transformación.

Aghion and Howitt developed a model in the framework of modern economic theory in which Schumpeter's idea of creative destruction becomes the motor of growth, fuelled by innovations that reshape the market and oblige participating agents to reposition or die, in a process of ceaseless transformation.

en Canadá, que dominaba el funcionamiento de los mercados con fricciones de búsqueda e información asimétrica. Howitt asegura que en esa época su pensamiento estaba influenciado por la investigación econométrica que se estaba llevando a cabo en la década de los ochenta, que mostraba cómo los shocks macroeconómicos a corto plazo tienden a tener efectos a largo plazo y, por tanto, hipotéticamente, también podrían tenerlos en el crecimiento.

Enseguida se dieron cuenta de que ambos estaban trabajando en ideas convergentes desde distintos ángulos. Pusieron, de ese modo, un mismo objeto —el crecimiento económico y sus causas— bajo la lupa de dos especializaciones: «Necesitábamos desarrollar un marco integrado para comprender no solo la estructura macroeconómica del crecimiento, sino también las numerosas cuestiones microeconómicas relacionadas con incentivos, políticas y organizaciones que interactúan con el crecimiento», explica Aghion, actualmente titular de la Cátedra de Instituciones, Innovación y Crecimiento en el Collège de France, en París, y *Centennial Professor of Economics* en la London School of Economics. Se complementaron a la perfección desde el primer momento, y en menos de un año habían desarrollado y escrito su modelo de crecimiento económico a través de la destrucción creativa.

Se trata de un sencillo sistema en el que asumen la idea de Schumpeter de que la innovación generada por un solo agente —empresa, emprendedor— es suficientemente importante como para modificar el sistema en su conjunto. Esa innovación produce una situación de monopolio —el innovador se sitúa como líder en el mercado—, y las rentas que el innovador percibe por esa situación dominante son su recompensa por la innovación. En cierto modo, se hace necesaria la situación de monopolio con el fin de que las rentas que genera sean los incentivos para que los demás agentes inviertan en innovación. La siguiente innovación en ese sector —realizada por un nuevo competidor que quiere obtener esas rentas monopolísticas— convertirá en obsoleta la anterior y obligará a los agentes existentes a reposicionarse (innovar) o desaparecer. El crecimiento económico entendido como un proceso de continua transformación.

the functioning of markets in the presence of search frictions and asymmetric information. Howitt recalls that his thinking at the time was influenced by the econometric research taking place in the 1980s, which showed that short-run macroeconomic shocks tend to have long-run effects, so could, in theory, also alter rates of growth.

They soon realized that they were working on converging ideas from different angles, so were in a position to examine the same topic – economic growth and its drivers – in the light of their two specialist fields: “We felt the need to develop an integrated framework for understanding not only the macroeconomic structure of growth but also the many microeconomic issues regarding incentives, policies and organizations that interact with growth,” explains Aghion, currently Chair of the Economics of Institutions, Innovation and Growth at Collège de France in Paris, and Centennial Professor of Economics at the London School of Economics. The two complemented each other perfectly and in less than a year had developed and put into writing their model of growth through creative destruction.

The result is a simple framework resting on Schumpeter's idea that innovation by a single agent, be it a firm or entrepreneur, can suffice to shake up the entire system. The result of such innovation is a situation of monopoly with the innovator as market leader, and the rents derived from this position of dominance are the innovator's reward. A monopoly is in some respects necessary if the rents accruing are to provide sufficient incentive for other agents to invest in innovation. The next innovation in the sector – introduced by a new competitor pursuing these monopoly rents – will render its predecessor obsolete, and oblige remaining agents to reposition themselves (innovate) or die. This is economic growth construed as an ongoing process of transformation.

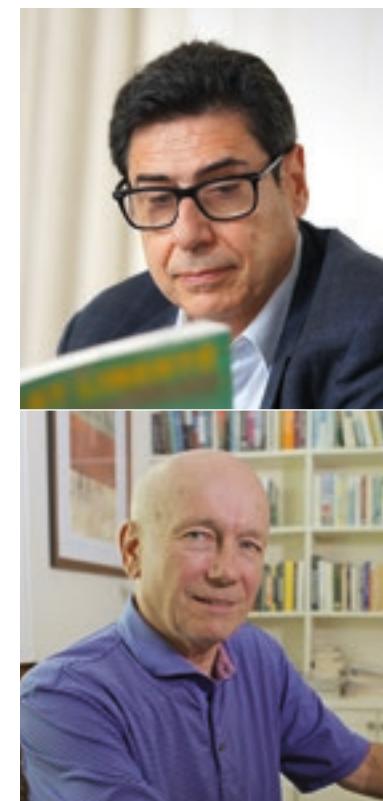
The Neo-Schumpeterian model had its first outing in Aghion and Howitt's seminal paper “A Model of Growth through Creative Destruction,” published in *Econometrica* in 1992, and quickly proved itself a powerful tool for a wide variety of applications, some of them developed by the authors themselves. Among the first, drawing on Peter Howitt's expertise in the

El modelo neoschumpeteriano cristalizó en su artículo seminal «A model of growth through creative destruction», publicado en *Econometrica* en 1992, y supuso una poderosa herramienta para un amplio rango de aplicaciones, algunas de ellas desarrolladas por los propios Aghion y Howitt. En primer lugar, y apoyados en la especialización de Howitt en teoría de búsqueda y emparejamiento con fricciones, exploraron en 1994 cómo se comportaba en su modelo el desempleo de larga duración cuando el motor del crecimiento económico es la introducción de nuevas tecnologías que implican la redistribución de puestos de trabajo y de mano de obra. Como explica Peter Howitt —catedrático emérito de Economía y de Ciencias Sociales de la Universidad de Brown (Estados Unidos)—, en todo proceso de cambio tecnológico «hay tanto ganadores como perdedores, ya que las nuevas tecnologías generan no solo grandes beneficios, sino que a la vez convierten en obsoletas a las viejas tecnologías y, por tanto, a los conocimientos y habilidades de sus trabajadores».

El mercado financiero, el deterioro medioambiental, las diferencias salariales, el cambio tecnológico, la organización industrial, la dinámica empresarial... son algunas de las materias en las que su modelo ha tenido aplicaciones. También en la identificación de políticas públicas eficaces para fomentar el crecimiento económico basado en la innovación, en lo que ambos han trabajado de manera independiente: Howitt ha realizado varios monográficos sobre la economía y el mercado laboral canadienses; Aghion fue uno de los ideólogos del programa económico que llevó a Emmanuel Macron al Elíseo en las presidenciales de 2017.

theory of search and matching frictions, was their 1994 study into how long-term unemployment behaved under their model in cases where growth is driven by the advent of new technologies that lead to the redistribution of jobs and labor. In the words of Howitt himself, Professor Emeritus of Economics at Brown University (United States), in any process of change “there are losers as well as winners, since new technologies not only generate lots of benefits, they also render old technologies obsolete, along with the knowledge and skills of the human capital employed.”

Financial markets, environmental degradation, wage inequalities, technological change, industrial organization and firm dynamics are just some of the areas where their framework has found applications. And both have worked independently to identify policies capable of fostering innovation-led growth. Howitt has published a number of monographs on the Canadian economy and labor market, while Aghion was among the architects of the economic program that took Emmanuel Macron to the Elysée Palace in the 2017 presidential elections.



Más información:



Philippe Aghion



Peter Howitt



Philippe Aghion



Peter Howitt

More information:



Eric S. Maskin

Presidente del Jurado
Es Adams University Professor en 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 at Harvard University (United States), where he researches into game theory, political economics, 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 past 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 Universidad de Oxford y la London School of Economics. En 2013 fue presidente de la Asociación Europea de Economía (EEA) y en 2014 de la Sociedad de Econometría. Ha realizado 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*. Es miembro del Consejo Científico del Consejo Europeo de Investigación.

Committee secretary

Professor of Economics at the Center for Monetary and Financial Studies (CEMFI) of Banco de España (Spain), he previously taught at the University of Oxford and the London School of Economics. In 2013 he served as president of the European Economic Association, and in 2014 held the same office in the Econometric Society. A former editor of the *Review of Economic Studies* and co-editor of the *Journal of Applied Econometrics*, he currently serves on the Scientific Council of the European Research Council.

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 excedencia por nombramiento público) en la Universidad de Yale (Estados Unidos) y economista jefe del Banco Mundial. Su investigación se centra en los efectos de la liberalización del comercio en el crecimiento económico y la distribución de los ingresos, los efectos de la aplicación de los derechos de propiedad intelectual en los países en desarrollo, y los determinantes de los tipos de cambio. Presidenta electa de la Sociedad de Econometría, ha sido editora jefe de la *American Economic Review* y es miembro del Comité Ejecutivo de la Sociedad de Econometría.

Elihu Professor of Economics (on public service leave) at Yale University (United States) and Chief Economist of the World Bank Group. Her research examines the effects of trade liberalization on growth and income distribution, the effects of intellectual property rights enforcement in developing countries, and the determinants of incomplete exchange rate pass-through. President-Elect of the Econometric Society, she has also served as editor-in-chief of *American Economic Review*.

Andreu Mas-Colell

Es catedrático de Economía (en situación de excedencia) en la Universidad 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 of la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2009. 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. 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, business cycles and monetary policy. She has 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 institutions, and has been honored with the Birgit Grodal Award of the European Economic Association and the Isaac Kerstenetzky Scholarly Achievement Award.



Jean Tirole



Fabrizio Zilibotti

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.

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.

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 coeditor de la revista *Econometrica* y es premio Yrjö Jahnsson de la Asociación Económica Europea, entre otros galardones.

Tuntex Professor of International and Development Economics at Yale University (United States). His research focuses on economic growth and development, political economy, macroeconomics, and the economic development of China. A past president of the European Economic Association, he is also a Fellow of the Econometric Society and the Center for Economic and Policy Research. He has served as co-editor of *Econometrica* and holds the Yrjö Jahnsson Award of the European Economic Association, among other distinctions.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas ha sido concedido en su duodécima edición a **Philippe Aghion** y **Peter Howitt** por sus contribuciones fundamentales al estudio de la innovación, el cambio tecnológico y la política de competencia.

Su trabajo conjunto ha desarrollado, en el marco de la teoría económica moderna, y validado empíricamente la idea de Schumpeter de que el crecimiento de la productividad a nivel macroeconómico es el resultado de un proceso de destrucción creativa. Su contribución seminal se plasma en el artículo «A model of growth through creative destruction», publicado en *Econometrica* en 1992. Este texto proporciona un nuevo marco teórico que está en la base de nuevas ideas importantes tanto de tipo positivo como normativo, e identifica políticas que pueden aumentar o disminuir la innovación y el crecimiento, así como las condiciones en las que la innovación y el crecimiento pueden alcanzar un nivel subóptimo demasiado alto o demasiado bajo.

Este marco neoschumpeteriano se ha convertido rápidamente en una herramienta poderosa para una amplia variedad de aplicaciones, algunas de ellas desarrolladas por ellos mismos. Por ejemplo, en «Growth and unemployment» (*Review of Economic Studies*, 1994), vinculan la innovación a los procesos de creación y destrucción de empleo en un modelo de mercado de trabajo con fricciones. Y en «Competition and innovation: An inverted-U relationship» (*Quarterly Journal of Economics*, 2005, con Nick Bloom, Richard Blundell y Rachel Griffith) estudian la relación entre competencia e innovación para encontrar que la relación entre ambos parámetros tiene

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management goes, in this twelfth edition, to **Philippe Aghion** and **Peter Howitt** for their fundamental contributions to the study of innovation, technical change, and competition policy.

In their joint writings they have revived, developed in the framework of modern economic theory, and validated empirically Schumpeter's idea that innovation is a process of creative destruction. The seminal contribution in this literature is "A Model of Growth through Creative Destruction," published in *Econometrica* in 1992. This article provides a new theoretical framework which is the basis for important positive and normative new insights. It identifies policies that can increase or decrease innovation and growth, and the conditions under which innovation and growth can be either suboptimally too high or too low.

The neo-Schumpeterian framework has proven a powerful tool for a variety of applications, some of them developed by Aghion and Howitt themselves. For instance, in "Growth and Unemployment" (*Review of Economic Studies*, 1994) they link innovation to the process of job creation and job destruction in a model of the labor market with search frictions. And in "Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship" (*Quarterly Journal of Economics*, 2005, with Nick Bloom, Richard Blundell and Rachel Griffith), they study the relationship between product market competition and innovation, which they find to be hump shaped, with both very high and very low competition deterring innovation.

Aghion and Howitt's work has also been highly influential for a number of ongoing areas

forma de joroba: tanto la competencia muy alta como la muy baja disuaden la innovación.

El trabajo de Aghion y Howitt ha sido, además, enormemente influyente en áreas de investigación actual como la relación entre innovación y degradación medioambiental, el desarrollo financiero y crecimiento, y el efecto de las instituciones en el desarrollo económico.

of research, among them, the relationship between innovation and environmental degradation, financial development and growth, and the effect of institutions on economic development.

Imagen teñida de una célula (verde) infectada con partículas virales de SARS-CoV-2 (naranja), aislada de la muestra de un paciente. Se ha obtenido con un microscopio electrónico de barrido en el NIAID Integrated Research Facility (IRF) en Fort Detrick, Maryland (Estados Unidos).

Colorized scanning electron micrograph of a cell (teal) infected with SARS-CoV-2 virus particles (orange), isolated from a patient sample. Image captured at the NIAID Integrated Research Facility (IRF) in Fort Detrick, Maryland (United States).

La lección es cuánto
no sabemos todavía

The lesson is how much
we still don't know



El mundo ha cambiado en los menos de dos años transcurridos desde que la Organización Mundial de la Salud (OMS) convocó la primera rueda de prensa para anunciar la aparición de un nuevo patógeno en enero de 2020. Un periodista formuló entonces la pregunta «¿Debemos preocuparnos?». No lo dudó Michael Ryan, director ejecutivo de la OMS: «Por supuesto. Hay un nuevo virus que infecta a humanos y contra el que no tenemos tratamiento ni vacuna».

Pero la globalización, tan eficaz en otros ámbitos, no lo ha sido en la percepción del riesgo. Mientras el planeta debatía cuánto y cuándo alarmarse, el nuevo coronavirus cruzaba fronteras. El virus es una amenaza «real, pero invisible», señala el periodista científico Ed Yong, premio Pulitzer por sus artículos sobre la pandemia: «Cuando golpean un huracán o un terremoto, el peligro es evidente y las consecuencias, visibles. Es obvio cuándo buscar refugio y cuándo salir. Pero los virus están bajo el umbral de los sentidos. No está clara la amenaza ni cómo evitarla».

Quizás cabría esperar, en pleno siglo XXI, que la humanidad contara con las herramientas adecuadas para superar las limitaciones de su percepción sensorial directa. El término *pandemia* devuelve ahora 400 millones de resultados en Google, pero en la era de la edición genética de precisión, del control de la nanoescala, de la inteligencia artificial, en una época de descubrimientos y desarrollo tecnológico acelerado, esta palabra sigue sonando distópica.

Es cierto que, en efecto, la comunidad internacional de conocimiento sí reaccionó de inmediato. La inteligencia artificial, de hecho, se adelantó incluso a la OMS en dar la voz de alarma. La agencia sanitaria de la ONU anunció la existencia del nuevo patógeno el 9 de enero, pero ya a finales de diciembre varios programas de minería de datos e IA (HealthMap y BlueDot) alertaron del riesgo tras detectar mensajes sobre pacientes en estado crítico por una nueva neumonía en Wuhan.

Advertida la amenaza, el primer objetivo—además de atender a los afectados—fue identificar el patógeno. Y en este punto la ciencia no tiene motivos para ser modesta. Ya el 11 de enero, científicos chinos publicaron el genoma del SARS-CoV-2 (entonces llamado 2019-nCoV) en bases de datos de libre acceso para la comunidad científica internacional.

La rapidez con que se obtuvo la secuencia, y el hecho de que cualquier investigador pudiera acceder a ella desde cualquier lugar del planeta, es un hito de la ciencia y la colaboración humana. Supuso el disparo de salida para que laboratorios en todo el mundo, públicos y privados, empezaran el desarrollo de test diagnósticos y de vacunas.

Fue, también, el inicio de la vigilancia genómica global, un esfuerzo que por primera vez en la historia ha permitido seguir en directo la colonización de la humanidad por parte de un patógeno, y advertir en tiempo real cómo va mutando.

Mientras los virólogos, inmunólogos, bioinformáticos, microbiólogos y biólogos en general se adentraban en la microescala para estudiar la relación entre el nuevo enemigo y las células humanas, otros expertos en una gran diversidad de áreas investigaban su impacto a la escala de individuo y de grupo. Matemáticos y físicos empezaron a simular la evolución de la pandemia; sociólogos y psicólogos, a diseñar medidas adaptadas al comportamiento humano; economistas, a pensar en estrategias salvavidas para un sistema económico global que no contaba con una pandemia.

Con todo, el esfuerzo no ha bastado para evitar la distopía. El Global Preparedness Monitoring Board (GPMB)—Comité para la Vigilancia de la Preparación Global—, un organismo creado en 2017 por el Banco Mundial y la OMS, concluyó en su informe de 2020 que «la pandemia de la covid-19 ha puesto de manifiesto un fallo colectivo a la hora de tomar en serio la prevención y preparación de la respuesta ante una pandemia».

«Más allá de la ciencia y la tecnología, la crisis de la covid-19 plantea cuestiones tan fundamentales como el papel del Estado en la economía, la organización del trabajo y el valor de la proximidad—señala el *Science Report 2021* de la Unesco—. La pandemia ha transformado radicalmente nuestro modo de vida».

Sí, el conocimiento ha proporcionado herramientas, armas de un poder indiscutible. Pero casi dos años de convivencia con la covid-19 han dejado claro que, simplemente, el grado de complejidad del reto es solo comparable al de los mayores desafíos globales. «¿Cómo hemos llegado a esto?», se pregunta Yong; un planeta «de rodillas» por un virus «mil veces más pequeño que una mota de polvo».

Solo queda aprender. Como en la lucha contra el cambio climático, como en el esfuerzo por preservar la biodiversidad, vencer la pandemia exige integrar el conocimiento de áreas muy diversas, desde las ciencias básicas a las ingenierías; desde las ciencias de la vida al arte, a las tecnologías de la información o a las ciencias sociales.

La lección, esta vez, es admitir qué poco sabemos todavía; lo mucho que falta por aprender. Y celebrar, como lo hacen los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, que el esfuerzo humano por saber más siempre es el punto de partida.



The world has changed in the less than two years since the World Health Organization (WHO) called a press conference in January 2020 to announce the emergence of a new pathogen. A journalist at the event asked: "Should we be worried?" And the WHO's Executive Director Michael Ryan, shot back straight away: "Of course we should. There's a new virus out there that infects humans. We don't have a therapy and we don't have a vaccine."

But globalization, so efficient in other domains, was less so in awakening to the risk. While the world debated when and how much to worry, the new virus was crossing borders. Science journalist Ed Yong, winner of a Pulitzer Prize for his writing on the pandemic, describes the virus as a "real but invisible" threat: "When a hurricane or an earthquake hits, the danger is evident, the risk self-explanatory, and the aftermath visible. It is obvious when to take shelter, and when it's safe to come out. But viruses lie below the threshold of the senses. Neither peril nor safety is clear."

We might like to think that in the midst of the 21st century humanity would have the tools in place to overcome the limitations of our direct sensory perception. Searching the term "pandemic" in Google now gives over 400 million results, but in the age of precision gene editing, nanoscale control and artificial intelligence, at a time of rapidly succeeding discoveries and breakneck technological development, the word still has a dystopian feel.

It is true that the international knowledge community reacted immediately. In fact artificial intelligence was ahead of the WHO in raising the alarm. The UN's health agency announced the new pathogen's existence on January 9, but by late December certain data mining and AI programs (HealthMap and BlueDot) had already alerted to the risk, after picking up messages about patients in Wuhan in a critical condition due to a new kind of pneumonia.

Once the threat was identified, the first objective – besides caring for those affected – was to identify the pathogen. And here science need have no false modesty. By as early as January 11, Chinese scientists had published the SARS-CoV-2 genome, or 2019-nCoV as it was then known, in open access databases available to the worldwide scientific community.

The speed with which the sequence was achieved, and the fact that researchers could access it from any corner of the planet stands as a milestone in science and in human cooperation. As

well as sounding the starting gun for laboratories everywhere, public and private, to begin developing diagnostic tests and vaccines, it also marked the start of global genomic surveillance, a campaign that for the first time in history has enabled live monitoring of human beings' colonization by a pathogen and real-time tracking of how it is mutating.

While virologists, immunologists, bioinformaticians, microbiologists and biologists delved into the microscale to study the relationship between the new enemy and human cells, other experts from a wide range of fields began exploring its impact at the individual and group level. Mathematicians and physicists set out to simulate the pandemic's progression; sociologists and psychologists, to design measures adapted to human behavior; and economists, to devise shielding strategies for a global economic system unprepared for a pandemic.

Yet all this effort was not enough to stave off dystopia. In its 2020 report, the Global Preparedness Monitoring Board, co-launched in 2017 by the World Bank Group and WHO, concluded that "the COVID-19 pandemic has revealed a collective failure to take pandemic prevention, preparedness and response seriously."

"Beyond science and technology, the COVID-19 crisis raises fundamental questions with regard to the role of the state in the economy, the organization of work or the value of proximity," said UNESCO in its *Science Report 2021*. "The pandemic has radically transformed our way of life."

So, yes, knowledge has given us tools, weapons of undeniable power. Yet almost two years of living with COVID-19 have made it starkly clear that the complexity of the task is only comparable to that of the greatest global challenges. "How did it come to this?" Yong asks. A whole planet "brought to its knees" by a virus "a thousand times smaller than a dust mote."

All that remains is to learn. As in the fight to contain climate change or preserve biodiversity, defeating the pandemic will require us to draw on knowledge from the most diverse areas, from the basic sciences to engineering; from the life sciences to art, information technologies or the social sciences.

This time round, the lesson is to admit how much we still don't know, and still have to learn. And to celebrate the fact, as these BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards do, that the human spirit of inquiry is the eternal starting point.

«Si personas de diferentes categorías trabajan juntas sabiendo que conseguir un objetivo las beneficiará, ¡es impresionante lo rápido que superan los estereotipos!».

“If you get people of different categories and tell them their bonus depends on them working together, it’s amazing how fast they get over their prejudices!”

Susan T. Fiske

«Sería una exageración decir que una actitud positiva puede curar una enfermedad, pero sí se ha demostrado que reduce el estrés, lo que ayuda a combatir la ansiedad y refuerza el sistema inmune».

“It would be an overstatement to suggest that a positive attitude can cure people. However it has been shown to reduce stress, which helps combat anxiety and strengthens the immune system.”

Shelley E. Taylor

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

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

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

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





Susan T. Fiske Shelley E. Taylor

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)

Sesgos y estereotipos: percepción parcial de la realidad como herramienta de supervivencia

Muchos cerebros juntos forman una sociedad. Y, en este caso, las partes y el todo mantienen una relación de influencia mutua: la forma en que el cerebro humano percibe a los demás determina la sociedad, pero también viceversa. Hay un área del conocimiento que investiga esta interacción: la cognición social. Sus impulsoras, las psicólogas Susan Fiske y Shelley Taylor, son las ganadoras del Premio Fronteras del Conocimiento en Ciencias Sociales.

Hace ya 35 años que Fiske y Taylor publicaron *Social cognition: From brains to culture*, una obra seminal que sigue siendo el clásico de referencia sobre los procesos cognitivos que determinan la relación con los demás, algo así como la *mente social*.

Las «sorprendentes aportaciones» de Fiske y Taylor —como califica el jurado en su acta— inducen a contemplar con un enfoque del todo nuevo la propia manera de percibir la realidad. Pese a lo que queramos creer, no nos formamos juicios acerca de los demás de manera racional, sino con atajos perceptivos, con automatismos. Con sesgos y estereotipos. Más aún, esos atajos no son un fallo cognitivo, sino más bien una ventaja evolutiva propia de la especie humana.

Las galardonadas proponían en su obra un «modelo rompedor» —explica el acta— basado en dos velocidades de procesamiento de la información: una rápida, relativamente superficial y que percibe características que describen todo un grupo, y una segunda, más lenta y precisa, centrada en la información de cada individuo. En el procesamiento rápido «las personas a menudo forman un juicio acerca de la vida social basado en lo que su atención capta en ese momento, en lugar de hacer un análisis sistemático de toda la información disponible».

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

Biases and stereotypes: the partial perception of reality as a survival tool

Many brains together make up a society, with the whole and the parts permanently engaged in a mutually reinforcing relationship. Not only does the human brain's way of perceiving others determine the shape of our society, but the reverse is also true. The knowledge area that studies this interaction goes by the name of social cognition. And its architects, psychologists Susan Fiske and Shelley Taylor, are the winners of the Frontiers of Knowledge Award in Social Sciences.

It was 35 years ago that Fiske and Taylor published *Social Cognition: From Brains to Culture*, a seminal work which remains the classic account of the “social mind,” the set of cognitive processes that guide our relations with others.

The “amazing insights,” in the words of the committee, offered by Fiske and Taylor’s work have opened up an entire new angle from which to view our perceptions of reality. For, like it or not, we do not form our judgments of others in a rational manner but via perceptive shortcuts, deploying automatic mechanisms. By recourse, in sum, to biases and stereotypes. Such shortcuts, moreover, should be seen not as a cognitive failure but as an evolutionary advantage proper to the human species.

In their book, the laureates propose a “groundbreaking model,” the citation says, that posits two speeds of information processing: the first fast and relatively superficial, working on the basis of what are presumed to be group characteristics; the second slower and more considered, attentive to individuated features. In the fast mode, “people often make judgments about social life based on whatever happens to catch their attention at the time, rather than systematically processing all the available information.”

Fiske y Taylor son autoras de la obra seminal *Social cognition*, que describe los sesgos y los estereotipos como atajos en los procesos mentales implicados en la formación de juicios de valor. Una muestra es el *avaro cognitivo*, un tipo de sesgo que inclina la percepción hacia la información que confirma las propias creencias, reduciendo así el esfuerzo mental de procesarla.

Fiske and Taylor are authors of the landmark publication *Social Cognition*, which characterizes biases and stereotypes as shortcuts in the mental processes involved in forming a judgment. One example is the "cognitive miser," referring to the perceptual bias towards information that confirms a person's own beliefs, thus saving on the mental effort employed in its processing.

Las galardonadas se conocieron en la Universidad de Harvard a principios de los años setenta. Por entonces, la psicología cognitiva abordaba la cuestión de cómo el cerebro procesa la información, estudiando la atención o el aprendizaje (la interacción con los demás era territorio exclusivo de la psicología social). La irrupción en escena de Fiske y Taylor contribuyó a hibridar ambos campos.

Shelley E. Taylor, *Distinguished Research Professor* de la Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos), ha contado el inicio de su carrera conjunta: «Susan era alumna en su último año de licenciatura. Un día alguien tocó en mi puerta y era ella preguntándome si podía trabajar conmigo. Desde entonces, era 1972, nunca hemos dejado de colaborar».

Lo primero que ambas estudiaron fue el fenómeno de la saliencia, la tendencia humana a atribuir la causa de una situación a cualquier elemento que sea *saliente*, que destaque en el campo perceptivo. Si una persona ocupa una posición central en la escena, probablemente se la recuerde con un protagonismo en la conversación mayor del que en realidad tuvo, «sencillamente porque sobresale en el campo visual», señala Taylor.

Fiske y Taylor definieron varios tipos de pensador social. Acuñaron el concepto de *avaro cognitivo*, un sesgo que inclina la percepción hacia la información que confirma las propias creencias, reduciendo así el esfuerzo mental de procesarla. Es un sesgo que se basa y a la vez refuerza los estereotipos, fomentando una interpretación parcial de la realidad; aunque también es lo que nos permite gestionar en instantes la ingente cantidad de información presente en cualquier interacción social.

«El mundo social es intrínsecamente complicado y nuestras mentes son limitadas, así que tomamos atajos», explica Susan T. Fiske, catedrática de Psicología en la Universidad de Princeton (Estados Unidos). «No podríamos ir por la calle si intentáramos formar una impresión individualizada de cada persona. Hay que decidir rápido si son inofensivas o peligrosas, así que tomamos atajos necesarios para sobrevivir, pero a veces perjudiciales, como los prejuicios o estereotipos raciales o de clase».

The two women met at Harvard University in the early 1970s. At the time cognitive psychology was focused on how the brain processes information, with reference primarily to attention and learning, while the study of how people deal with others was strictly the domain of the social psychologist. The emergence of Fiske and Taylor contributed to the hybridization of these two fields.

Shelley E. Taylor, a Distinguished Research Professor at the University of California, Los Angeles (United States), recalls the beginnings of their shared career: "Susan was a final-year undergraduate student at the time. One day there was a knock on my door and it was her asking if she could work with me. That was 1972, and we have been collaborating ever since."

Their first object of study was the phenomenon of salience, referring to the human tendency to attribute causality in a given situation to some salient element that stands out from the rest. The way this works, explains Taylor, is that the person occupying the center of a scene will generally be remembered as more prominent in the conversation than they in fact were, "simply by the fact of overwhelming your visual field."

Fiske and Taylor defined several types of social thinker. They coined the concept of cognitive miser, a bias that tilts perception towards information that confirms one's own beliefs, thus cutting down the mental effort involved in its processing. Although this mechanism relies on and indeed reinforces stereotypes, encouraging a partial interpretation of reality, it has the virtue of enabling us to manage in fragments of a second the vast quantity of data present in any social interaction.

"The social world is intrinsically complicated and our minds are limited, so we take shortcuts," says Susan T. Fiske, Professor of Psychology at Princeton University (United States). "You couldn't walk down the street if you were individuating everyone you pass. People have to make quick decisions about who is dangerous or harmless, so the shortcuts we take are a way to survive. Some, however, are malignant, such as racial or social class prejudices or stereotypes."

Taylor is also among the founders of the burgeoning field of health psychology, with pioneering studies that

Taylor es además una de las creadoras de un área hoy en auge, la psicología de la salud, con trabajos pioneros que alertaron del efecto físico medible —perjudicial— del estrés. «Cuando empecé apenas había interés en la relación entre la mente y el cuerpo, o la psicología y la salud», ha señalado.

Inicialmente escéptica, su investigación acabó desvelando que la reducción del estrés tiene más relación con el bienestar físico de lo que se creía. Es más, Taylor descubrió un sesgo perceptivo que contribuye a mantener a raya el estrés: las ilusiones positivas.

La galardonada observó que, con frecuencia, personas en situaciones críticas «tenían una imagen más favorable acerca de sí mismas y de su futuro de lo que la realidad podía sostener —explica Taylor—. Esto empezó a fascinarme. Me pregunté cómo mantenían estos sesgos positivos y su posible valor. Creo que estos sesgos son útiles, tanto desde una perspectiva emocional como cognitiva. Con frecuencia son ilusorios, pero tienen un claro valor adaptativo». Es decir, contribuyen a la mejora de la salud.

El jurado también ha destacado la investigación de Fiske sobre cómo combatir los aspectos negativos de los estereotipos. Porque, por innato y adaptativo que sea su uso, los estereotipos no están grabados a fuego. Todos clasificamos rápidamente a los demás en categorías basándonos en características obvias como la raza, el género y la edad. Pero se puede ir más allá si se tiene la suficiente motivación. Y esta motivación, apunta Fiske, proviene de relaciones sociales como la cooperación, la competencia y el poder.

«He dedicado gran parte de mi carrera a estudiar cómo superar los estereotipos dañinos —apunta Fiske—. Hemos comprobado que cuando las personas se necesitan unas a otras se esfuerzan más por superar los sesgos discriminatorios».

drew attention to the measurable, and measurably damaging, physical effect of stress. “When I started,” she remarks, “there was barely any interest in the relation between mind and body, or between psychology and health.”

Initially skeptical, she found as her research progressed that stress reduction is more closely related to physical wellbeing than was considered at the time. Not only that, she identified what she called “positive illusions,” a perceptual bias people have that helps keep stress at bay.

The laureate observed that individuals in critical situations frequently “thought better of themselves than reality could sustain, and also better about their future.” This begged the question as to “why these positive biases were sustained, what was valuable about them. And I think the answer is that they serve people well from both an emotional and cognitive standpoint. They may be illusions, but they are highly functional and adaptive.” An optimistic mindset, in other words, contributes to the improvement of health.

The committee also highlighted Fiske’s research on how to combat the negative aspects of stereotypes. Because, however innate and adaptive their use is, stereotypes are not set in stone. We are all quick to classify others based on obvious traits such as race, gender or age. But we are also capable of looking beyond them, if we are motivated enough. And that motivation, she contends, comes from social relationships like cooperation, competition and power.

“I’ve spent most of my career studying how to overcome harmful stereotypes,” says Fiske. “And what we have found is that when people need each other, they take more trouble to overcome discriminatory biases.”



Más información:

Susan T. Fiske

Shelley E. Taylor

More information:

Susan T. Fiske

Shelley E. Taylor


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
Es 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, así como la evaluación de intervenciones clínicas y comportamentales. Su último libro es *Action and inaction in a social world: Dynamic, and implications for the prediction and change of attitudes and behaviors*. Ha sido directora del *Psychological Bulletin* y es premio Avant Garde 2019 del Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas.

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, predicting and changing health risk behaviors, and reviewing the effects of behavioral and clinical treatments. Her latest book is *Action and Inaction in a Social World: Dynamic, and Implications for the Prediction and Change of Attitudes and Behaviors*. A former editor of *Psychological Bulletin*, her distinctions include the 2019 Avant Garde Award of the National Institute of Drug Abuse.

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 las funciones y los efectos interpersonales de las emociones, incluyendo la referencia social, el contagio de emociones y la regulación interpersonal de estas. 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 interpersonal effects and functions of emotions, including social referencing, emotion contagion, and interpersonal emotion regulation. His latest book, *Heart to Heart: How Your Emotions Affect Other People*, joins a list of titles including *Ideas and Realities of Emotion* and *Emotion in Social Relations*. Co-editor of the series *Studies in Emotion and Social Interaction* (Cambridge University Press), he has 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*.

Reader in 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 from social psychology and cognitive science to understand how people make what may seem surprising decisions about other people and about physical properties, and is currently working on judgments and decisions in moral and legal contexts, and risky behaviors in finance. She has served as associate editor of *Social Psychological and Personality Science*.

Jurado

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales) ha sido concedido en su duodécima edición a **Susan T. Fiske** y **Shelley E. Taylor** por sus destacadas y continuas contribuciones a diversas áreas de la psicología social, al investigar cuestiones clave relacionadas con el funcionamiento social de los humanos.

Ambas premiadas son dos de las más influyentes psicólogas sociales en activo y sus avances en este campo han tenido amplias repercusiones en otras disciplinas, como la sociología, las ciencias políticas y el derecho.

Fiske y Taylor han realizado contribuciones seminales al campo de la cognición social y, de hecho, fueron quienes pusieron esta área de investigación en el mapa con la publicación en 1984 del libro del mismo título, *Social cognition*, que abrió perspectivas sorprendentes sobre cómo funciona la mente social, y proporcionó el indispensable punto de partida para un campo emergente. Esta obra se ha convertido en un clásico moderno que ha inspirado e inyectado energía a incontables investigadores a lo largo de tres décadas.

El revolucionario modelo propuesto por Fiske y Taylor en *Social cognition* pone de relieve el hecho de que las personas a menudo forman un juicio acerca de la vida social basado en lo que su atención capta en ese momento, en lugar de hacer un análisis sistemático de toda la información disponible. Acuñaron el concepto de *avaro cognitivo*, que propone que las personas usan atajos y heurística para tratar lo que de otra forma sería una cantidad apabullante de datos. El modelo también detalla las condiciones bajo las que las personas aplican procesos cognitivos más elaborados e individualizan la información como base para tomar decisiones.

Además de su trabajo conjunto, las galardonadas han realizado contribuciones individuales clave. Taylor ha sido arquitecto principal en nuestra comprensión de cómo el estrés afecta a la salud y cómo los factores sociales pueden mitigar su impacto. Fiske es autora de importantes avances teóricos en el campo de la psicología social, en particular el modelo del contenido de los estereotipos.

Excerpt from award citation

77

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Humanities and Social Sciences (Social Sciences) goes, in this twelfth edition, to **Susan T. Fiske** and **Shelley E. Taylor** for outstanding sustained contributions which have laid the groundwork for multiple areas of social psychology, by investigating key questions related to social functioning in humans.

They are two of the most influential social psychologists working today, and their advancement of this field, furthermore, has led to wider repercussions for other disciplines, including sociology, politics and legal studies.

Fiske and Taylor have made seminal contributions to the field of social cognition. Indeed, they put this area of investigation on the map with the landmark publication of their 1984 book of the same title, *Social Cognition*, offering amazing insights into how the social mind works and providing a much needed starting point for a burgeoning field. This book has become a modern classic, inspiring and energizing countless researchers for over three decades.

The groundbreaking model proposed by Fiske and Taylor in *Social Cognition* highlights the fact that people often make judgments about social life based on whatever happens to catch their attention at the time, rather than processing all available information systematically. They introduced the concept of "cognitive miser," which proposed that people took shortcuts and used heuristics when dealing with otherwise overwhelming amounts of data. Their model also details the conditions under which more elaborate cognitive processes are applied and individuating information is used as a basis for decision.

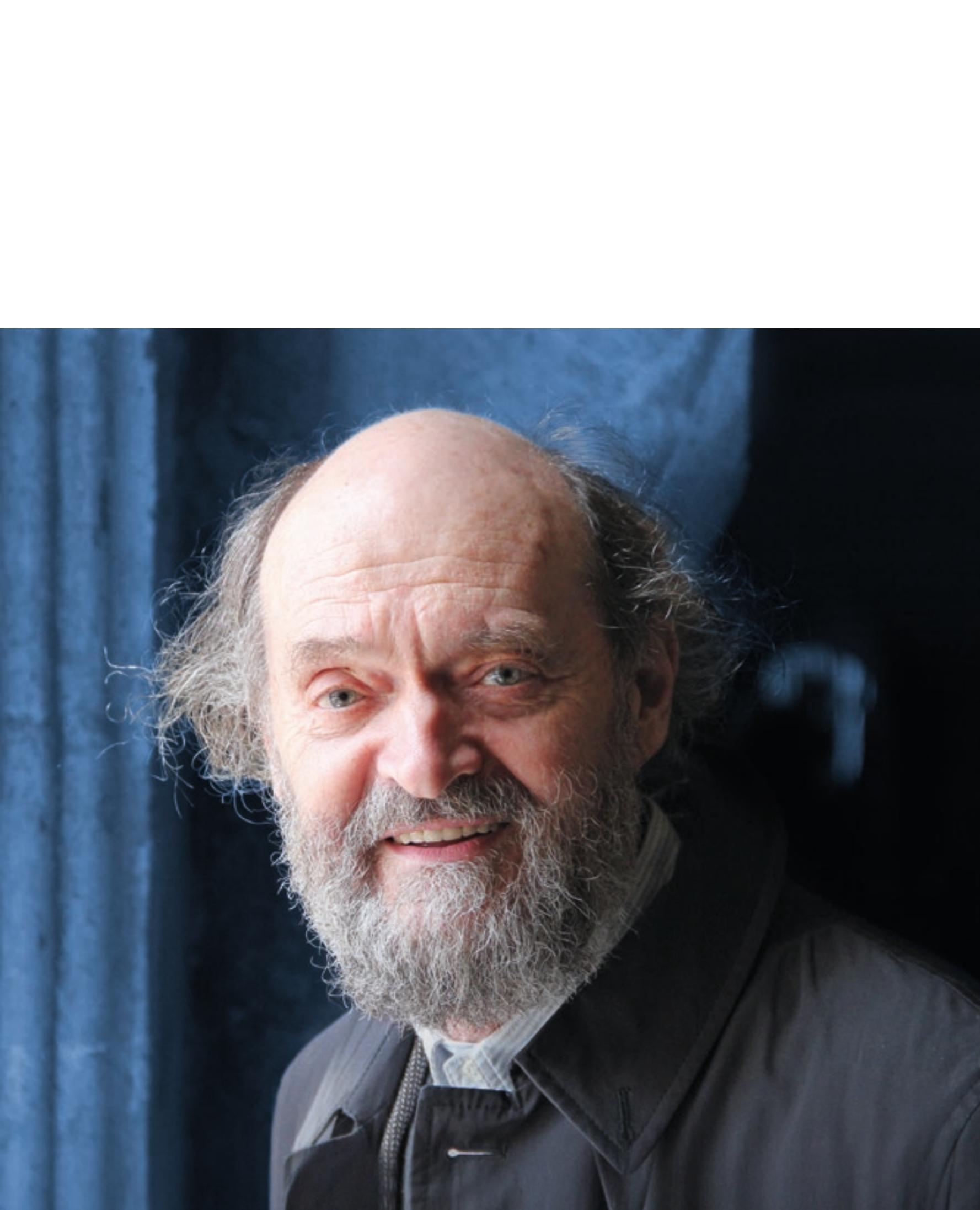
Apart from this overarching synthesis, the laureates have made their own individual key contributions to the field. Taylor has been one of the main architects of illuminating how stress affects health, and how social factors can serve as a buffer in this respect. Similarly, Fiske made important theoretical advances in the field of social psychology, in particular, by developing the stereotype content model.

«La multiplicidad y la variedad solo me confunden, y debo buscar el *uno*. ¿Qué es esto, este *uno*, y cómo encuentro el camino hacia él? Hay muchas manifestaciones de la perfección, todo lo superfluo desaparece».

“The complex and many-faceted only confuse me, and I must search for unity. But what is it, this one thing, and how do I find my way to it? Traces of this perfect thing appear in many guises, and everything that is unimportant falls away.”

Arvo Pärt

This image shows two pages of a handwritten musical score. The left page contains five staves of music for orchestra, with various dynamics and markings like 'col' and 'p'. The right page contains four staves, with the top staff being piano. There are numerous handwritten annotations in red ink, including circled numbers (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1599, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1699, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1799, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094



Arvo Pärt

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Música y Ópera

En el principio era la música

«Parecía antiguo y sin embargo era tan nuevo, como el canto que cantan los pájaros en el dulce mayo». Así se dice en la ópera *Los maestros cantores de Núremberg*. No podría haber compositor más alejado de Arvo Pärt que el monumental y ególatra Richard Wagner. Aun así, las líneas a las que este puso música en su ópera describen con bastante precisión el efecto que Arvo Pärt ejerce sobre muchos de sus oyentes: parece antiguo y nuevo a la vez, familiar al oído aunque acaba de componerse, surgido de las simas del pasado y sin embargo contemporáneo.

La senda recorrida por el compositor estonio en el desarrollo de su lenguaje musical a principios de la década de 1970 fue una dura conquista. Pärt empezó siendo uno de los representantes más radicales de la vanguardia soviética. Contrario a la cultura musical ideologizada de la Unión Soviética, experimentó intensamente con los estilos y logros de la música contemporánea occidental. Pero a finales de la década de 1960 sufrió una crisis. Pärt había comprendido que con los complejos sistemas musicales de la vanguardia, a menudo inescrutables al oído, no podía expresar lo que buscaba: máxima sencillez, la misma que en esa época estaba redescubriendo también en la fe cristiana. Estudió a fondo el canto gregoriano, esa monodia litúrgica medieval, y la música polifónica de inicios de la Edad Moderna. A partir de ahí desarrollaría un estilo basado en los elementos básicos de la música europea: escala y tríada. Pärt lo llamó *tintinnabuli*, término latino para 'campanillas', cuyo sonido es tan recurrente en sus obras.

Que el tintineo de las campanas llegara hasta las salas de concierto fuera de la Unión Soviética irritó a los funcionarios musicales comunistas, tanto como su cada vez más abierta adhesión a la fe cristiana. En

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Music and Opera

In the beginning was the music

"It sounded old and yet was newborn, like song of birds on blithe May morn!" reads a line from *Die Meistersinger von Nürnberg*. No composer could be less like Arvo Pärt than the monumental and self-regarding Richard Wagner. And yet, these words from his opera provide a convincing description of the effect Pärt's work has on many of his listeners: that of seeming simultaneously old and new, familiar to the ear despite having only just been written, emerging from the depths of the past but fully of our time.

In the early 1970s, the Estonian composer was struggling hard to develop his musical language. Pärt had started out as one of the most radical members of the Soviet avant-garde. In the face of the ideologized musical culture of the Soviet Union, he experimented intensively with the styles and achievements of contemporary Western music. But at the end of the 1960s, he suffered a crisis. Pärt had realized that with the complex musical systems of the avant-garde, often impenetrable to the ear, he could not express what he was looking for: absolute simplicity, the same quality he was then rediscovering in the Christian faith. He delved deep into Gregorian chant, the liturgical monody of the medieval era, and the polyphonic music of the beginning of the Modern Age. The fruit of all this exploration was a style based on the core elements of European music: the scale and the triad. Pärt called it *tintinnabuli*, a Latin term meaning "little bells," and its sound would come to permeate his works.

Communism's musical apparatchiks were irked that this ringing of bells could reach concert venues outside the Soviet Union, and at the composer's increasingly open embracing of the Christian faith. In 1980 Arvo Pärt was forced to emigrate, settling in Berlin for the next thirty years. It was not until 2008 that he

La música de Arvo Pärt se nutre de la reducción radical, desarrollada por el compositor tras larga lucha.

A pesar de discurrir con ostensible sencillez, Pärt la construye, como lo haría un científico, sobre fundamentos matemáticos. De este modo conecta con personas de todo el mundo que reconocen en sus obras religiosas —en gran variedad de lenguas—, aunque también en las instrumentales, su propia búsqueda espiritual.

Arvo Pärt's music operates through radical reduction, attained by the composer after years of arduous struggle. It may come across as simple, but Pärt constructs it as a scientist would, on mathematical foundations. His religious works in numerous languages, but also his purely instrumental writing appeal to people all over the world, who see reflected in them their own spiritual search.

1980 Arvo Pärt fue obligado a emigrar, tras de lo cual residió durante treinta años en Berlín. Hasta 2008 no regresaría a Estonia, ya independiente, donde le han construido su propio centro musical. Pero también en Occidente, al menos al principio, el enojo era como mínimo semejante a la fascinación que suscitaba su obra nada rendida a los preceptos de la música contemporánea, sin ser tampoco un remedio de los estilos antiguos. La música de Pärt ni es neoclásica ni neorromántica. Tintinnabuli podría describirse más bien como un sistema compositivo estrictamente racional, en lo que es perfectamente comparable con otros de la vanguardia. «En la música todo es matemáticas —dijo Pärt en una ocasión—; sin números no habría sonido». Su música comparte con otras categorías de los Premios Fronteras del Conocimiento ciertos fundamentos científico-matemáticos. También cree el compositor que el mundo puede expresarse en proporciones numéricas que se acercan tanto más a la verdad cuanto más simples sean. «Es como si a través de complicadísimas fracciones, con muchos cálculos parciales, tuviéramos que llegar a un número (por ejemplo, al número uno) —explica Pärt—. Es el resultado correcto para todos los cálculos parciales (las épocas, las historias de vida), y siempre lo ha sido. El arte debería ocuparse más de lo imperecedero y no tanto de lo efímero».

El arte de Pärt quiere ser expresión de un orden cuyo fin último estaría en hallar el número uno en una fórmula primigenia que todo lo une. «En el principio era el Logos», dice el inicio del Evangelio de San Juan: la lógica omnisciente, el significado omnicomprensivo, la fuerza que lo impulsa todo. «En el principio era la Palabra», suele traducirse a la mayoría de las lenguas vivas, lo cual es cierto también para muchas de las obras de Pärt. Le ha puesto música a textos tanto del latín como del eslavo antiguo, tendiendo un puente entre las tradiciones religiosas de Occidente y Oriente. También a textos bíblicos y litúrgicos en numerosas lenguas modernas, así en español en *Como cierva sedienta y Virgencita*. En el inicio se halla siempre la lógica de la palabra, a partir de la cual Pärt desarrolla la lógica de su música. El texto entendido como verdad objetiva debe autoexpresarse en la música, mientras la subjetividad del compositor y del oyente permanecen en un segundo plano. Por tanto, Pärt no entiende su música como

returned to the now independent Estonia, where he was honored with his own music center. But in the West too, initially at least, this work so far removed from the precepts of contemporary music, but in no way a replica of older styles, met with more irritation than fascination. Pärt's music is neither neoclassical nor neo-Romantic. Tintinnabuli could better be described as a strictly rational compositional system, perfectly comparable with others of the avant-garde. "In music everything is mathematics," Pärt once said, "without numbers there would not be a single note." His music shares certain mathematical-scientific foundations with other categories of the Frontiers of Knowledge Awards. Pärt the composer also believes that the world can be expressed in numerical ratios, which get closer to the truth the simpler they become. "It is more or less as if we tried to reduce a number (for example one) in the form of an extremely complicated fraction with many intermediary calculations," he explains. "It is the correct solution to all fractions (epochs, human fates), and always has been. Art should concern itself with the eternal and not just the current."

Pärt's art seeks to be the expression of an order that might find its ultimate solution in the number one, in the primordial formula that holds everything together. "In the beginning was the Logos," reads the opening line of St. John's gospel: the all-revealing logic, the all-encompassing meaning, the all-propelling force. "In the beginning was the Word," is its usual rendering in most living languages; one that we can also apply to many of Pärt's works. He has set to music both Latin and Old Slavonic texts, building a bridge between the religious traditions of West and East. And also to biblical and liturgical texts in many modern languages, including Spanish in *Como cierva sedienta* and *Virgencita*. In the beginning is always the logic of the word, from which Pärt develops the logic of his music. The text, construed as objective truth, should express itself in the music, while the subjectivity of both composer and listener remain in the background. In this sense, unlike composers in the Romantic tradition, Pärt does not see his music as personal expression. But nor does he exclude the subject with its human sufferings and imperfections. Rather he seeks to reconcile it on a higher plane with the everlasting. This tension is represented by the two elements of the tintinnabuli style: the scale

expresión personal, a diferencia de los compositores de la tradición romántica. Sin embargo, no suprime al sujeto con sus sufrimientos e imperfecciones humanos, sino busca reconciliarlo a un nivel superior con lo permanente, representado por los dos elementos del estilo tintinnabuli: la escala y la tríada, la melodía que avanza en el tiempo y el acorde que gira sobre sí mismo, el principio dinámico y estático, el subjetivo y el objetivo. En lo expresivo el resultado es una mezcla de fricción dolorosa y armonía continua, de abismo lóbrego y luminoso resplandor, tan característicos de las composiciones de Pärt. Como en Bach o Mozart, a los que venera, incluso el horror se envuelve de postrera belleza que nada tiene que ver con la cursilería de consumo apresurado. La música de Pärt no desea ser el trasunto de un mundo que muy a menudo nos muestra primero su lado más feo, sino contramundo en el que lo cotidiano está presente, aunque amparado y a salvo.

Su enorme éxito evidencia que también un público amplio es capaz de sentirlo así. Pärt es considerado hoy como el compositor clásico vivo más programado. Aun así, su música sigue siendo un elemento de resistencia, particularmente en un mundo globalizado que se caracteriza por su creciente complejidad. En medio del ruido informativo obliga al oyente a la calma, con suave, pero firme apremio. Exige que el conocimiento realmente importante se mantenga accesible y que la búsqueda espiritual del individuo no sea algo irracional, sino la expresión máxima de su racionalidad.

and the triad, the melody progressing in time and the chord circling in itself, the dynamic and the static principle, the subjective and the objective. In terms of expression, the result is that mix of painful friction and continuous harmony, of abyssal gloom and dazzling light, so characteristic of Pärt's compositions. As with Bach or Mozart, whom he reveres, even the horror is enveloped in an ultimate beauty at the opposite pole to the quick fix of kitsch. Pärt's music does not want to reflect a world that insists on first showing its ugliest side, but a counter world in which the everyday is present, only protected and secure.

His enormous success is proof that numerous people make this feeling their own. Today Pärt is considered the most widely performed of all living classical composers. Yet his music still stands as a beacon of resistance, especially in a globalized world characterized by its growing complexity. Amidst the media noise, it compels the listener to calm, with a quiet but constant urgency. It insists that all truly important knowledge stays simple, and that each individual's spiritual quest is not irrational but is in fact the supreme expression of their rationality.



Más información:



More information:


Paul Hillier

Presidente del jurado
Es barítono y director artístico del Theatre of Voices (Copenhague, Dinamarca), director principal del ensemble vocal Ars Nova Copenhagen, director artístico y titular del Coro de Cámara Irlanda, y director titular del Coro Casa da Música (Oporto, Portugal). Fundador del Hilliard Ensemble, ha sido director del Instituto de Música Antigua de la Universidad de Indiana (Estados Unidos). Su discografía incluye un centenar de grabaciones (dos de ellas premios Grammy) y es autor de sendos libros sobre Arvo Pärt y Steve Reich, así como de numerosas antologías de música coral.

Committee chair

A baritone singer and Artistic Director of the Theatre of Voices (Copenhagen, Denmark), Chief Conductor of vocal ensemble Ars Nova Copenhagen, Artistic Director and Chief Conductor of the National Chamber Choir of Ireland, and Artistic Director of Coro Casa da Música (Porto, Portugal). As well as founding the Hilliard Ensemble, he has served as director of the Early Music Institute at Indiana University (United States). With over 100 recordings to his name, including two Grammy winners, he has written books on Arvo Pärt and Steve Reich, as well as numerous anthologies of choral music.

Victor 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 Palau 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.

Committee secretary
Artistic Director of the Gran Teatre del Liceu in Barcelona (Spain), a position he held previously in the Palau de la Música Catalana and Auditori de Girona. He has worked with such renowned artists as John Eliot Gardiner, Cecilia Bartoli, Gustavo Dudamel, Juan Diego Flórez, Piotr Beczala, Philip Glass and John Adams. A former director of the Nits de Clàssica Festival (Girona) and the Orquesta Barroca de Sevilla, he has taught at various Catalan universities, contributed a weekly program to radio broadcaster Catalunya Música, and written a book on musicians and their favorite recordings.

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 Treccani 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.

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 Encyclopædia Treccanni 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.

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.

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 schweigsame 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.

Andrew McGregor

Formado como violinista y contratenor, Andrew McGregor ha sido vocalista de respaldo para Kiri te Kanawa, ha tocado arreglos de cuerda para grupos de rock, ha estudiado a Stockhausen y ha actuado en los Proms de la BBC. Desde hace dos décadas presenta en la BBC *Record Review*, programa en el que hace crítica de discos y entrevista a artistas con ocasión de sus nuevas grabaciones. También presenta conciertos, retransmisiones de ópera y festivales para la BBC, entre los que se incluyen los Proms, los de la Royal Opera House y Glyndebourne, el Festival Aldeburgh y el Festival WOMAD.

Trained as a violinist and countertenor, Andrew McGregor has sung backing vocals for Kiri te Kanawa, played string arrangements for rock groups, studied Stockhausen, and appeared at the BBC Proms. Presenter of *Record Review* on BBC Radio 3 for almost two decades, reviewing the new releases, and talking to musicians about their latest work, he also presents live and recorded concert, opera and festival broadcasts for the BBC, including the BBC Proms, and performances at the Royal Opera House, Glyndebourne, the Aldeburgh Festival and WOMAD.

Robert Sholl

Catedrático de Música en la Universidad del Oeste de Londres y profesor en la Royal Academy of Music, en esa misma ciudad. Sus áreas de investigación abarcan la música de los siglos XX y XXI, teoría crítica y filosofía, interpretación, improvisación, técnicas somáticas (especialmente el método Feldenkrais), música y psicoanálisis, música y espiritualidad, la escucha y la música de cine. Entre sus libros figuran *Messiaen studies* y *Contemporary music and spirituality*, así como *James MacMillan studies*, de próxima aparición. Como organista, formado con Olivier Latry, ofrece conciertos con regularidad.

Professor of Music at the University of West London and a teacher at the Royal Academy of Music, also in the UK capital. His research interests range from the music of the 20th and 21st centuries to critical theory and philosophy by way of performance, improvisation, somatic techniques (especially the Feldenkrais method), music and psychoanalysis, music and spirituality, listening and film music. Among his publications are *Messiaen Studies* and *Contemporary Music and Spirituality*, as well as the forthcoming title *James MacMillan Studies*. An organist who trained with Olivier Latry, he performs regularly at live events.

Jurado

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Música y Ópera

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Music and Opera

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, en su duodécima edición, en la categoría de Música y Ópera ha sido concedido a **Arvo Pärt** por cultivar un lenguaje original que le ha llevado a crear un mundo sonoro único.

Tras una profunda exploración del vocabulario modernista que resultó en un buen número de extraordinarios trabajos, dedicó varios años a repensar su arte y emergió con un nuevo estilo de composición, el *tintinnabuli*, cuyos parámetros ha desarrollado y extendido durante casi medio siglo.

La tintinabulación es una concepción original de la construcción de la música, un método de composición que toma su nombre del término latino que significa 'campanillas' y que surge de la experiencia de Pärt al escuchar la música religiosa antigua. Pese a su aparente simplicidad, Pärt ha encontrado muchas maneras brillantes de emplear este material y ha mostrado que aún es posible escribir música tonal nueva que sea a la vez profundamente expresiva e intelectualmente radical. De hecho, la esencia de su contribución podría describirse como un examen profundo de la naturaleza misma de la tonalidad.

Ha creado un amplio elenco de obras inspiradoras, de pequeño y gran formato, que forman ya parte del repertorio, y entre las que figuran *Fratres*, *Tabula rasa*, *Passio*, *Stabat Mater*, *Miserere*, *Kanon Pokajanen*, su *Cuarta sinfonía*, y *Adam's lament*, junto con otras como *Für Alina* y *Spiegel im Spiegel*.

Su voz musical única es reconocida por su hondura y sensibilidad tanto por creyentes como por no creyentes, habla a públicos de toda clase y ha atraído el interés de otras disciplinas como las bellas artes o la ciencia. No es exagerado decir que su obra se interpreta constantemente por todo el mundo y que es enormemente significativa para un gran número de personas.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Music and Opera goes, in this twelfth edition, to **Arvo Pärt** for cultivating an original language that has led to a unique sound world.

After exploring the modernist vocabulary in considerable depth, and producing a number of very fine works, he spent some years rethinking his art and emerged with a new style of composition, *tintinnabuli*, the parameters of which he has continued to develop and extend for almost half a century.

Tintinnabulation is an original conception of music construction, a method of composition that takes the Latin name for small bells and arises from Pärt's experiences when listening to the religious chant music of the past. Despite the apparent simplicity of this idea, the composer has found many ingenious ways of using such material in his output, showing that it is still possible to write new tonal music that is both deeply expressive and intellectually radical. In fact the essence of his achievement could be described as a profound examination of the very nature of tonality.

He has produced a long line of inspiring works, large and small, including *Fratres*, *Tabula Rasa*, *Passio*, *Stabat Mater*, *Miserere*, *Kanon Pokajanen*, the 4th Symphony and *Adam's Lament*, along with other titles, like *Für Alina* and *Spiegel im Spiegel*, that have become part of the repertoire.

His unique musical voice, recognized for its profound depth and sensitivity by believers and non-believers alike, speaks to all kinds of publics, and has attracted the interest of other disciplines like fine arts or science. It is no exaggeration to say that his music is performed constantly around the world, and continues to be profoundly significant to large numbers of people.

Comités técnicos de apoyo / Evaluation support panels

Coordinadora / Coordinator

M. Victoria Moreno Arribas

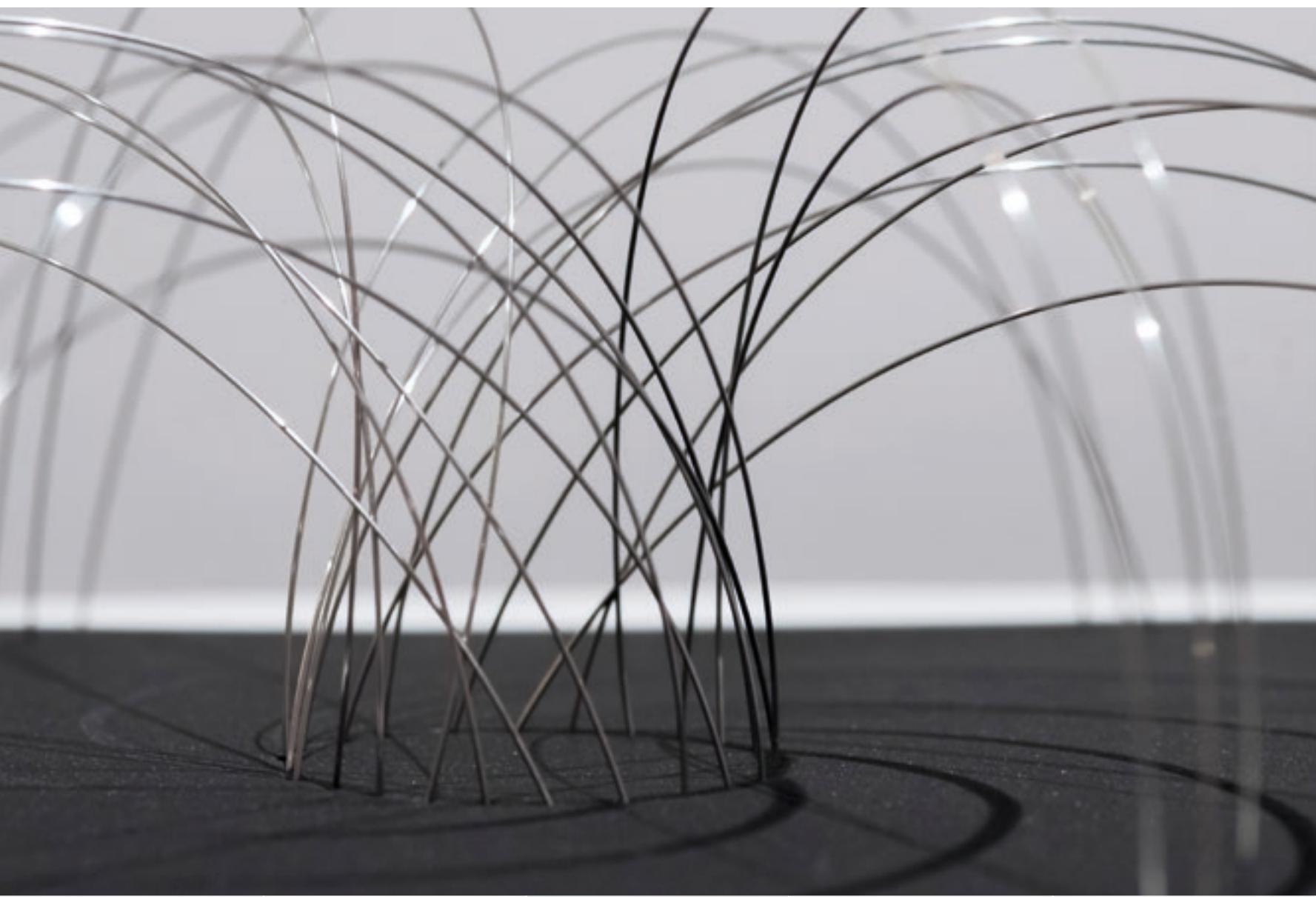
Vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas · Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

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

86

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)	Biología y Biomedicina Biology and Biomedicine	Tecnologías de la Información y la Comunicación Information and Communication Technologies	Ecología y Biología de la Conservación Ecology and Conservation Biology
Carmen García García Coordinadora adjunta del Área Global Materia y profesora de investigación en el Instituto de Física Corpuscular (CSIC-UV) Deputy Coordinator of the Materia Global Area and Research Professor at the Institute of Corpuscular Physics (CSIC-UV)	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)	Carmen García García Coordinadora adjunta del Área Global Materia y profesora de investigación en el Instituto de Física Corpuscular (CSIC) Deputy Coordinator of the Materia Global Area and Research Professor at the Institute of Corpuscular Physics (CSIC-UV)	Miguel B. Araújo Profesor de investigación en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) Research Professor at the National Museum of Natural Sciences (CSIC)
Berta Gómez-Lor Pérez Investigadora científica en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC) Research Scientist at the Institute of Materials Science of Madrid (CSIC)	Santiago Lamas Peláez Profesor de investigación en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CSIC-UAM) Research Professor at the Molecular Biology Center "Severo Ochoa" (CSIC-UAM)	Luis Hernández Encinas Investigador científico y director del Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información Leonardo Torres Quevedo (CSIC) Research Scientist and Director of the Institute for Physical and Information Technologies "Leonardo Torres Quevedo" (CSIC)	Xavier Bellés Ros Profesor de investigación en el Instituto de Biología Evolutiva (CSIC-UPF) Research Professor at the Institute of Evolutionary Biology (CSIC-UPF)
José Luis de Miguel Antón Científico titular en el Instituto de Óptica Daza de Valdés (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Optics "Daza de Valdés" (CSIC)	José Luis Martínez Menéndez Profesor de investigación en el Centro Nacional de Biotecnología (CSIC) Research Professor at the National Center for Biotechnology (CSIC)	Josep María Porta Pleite Científico titular en el Instituto de Robótica e Informática Industrial (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Robotics and Industrial Informatics (CSIC-UPC)	Esteban Manrique Reol Profesor de investigación y director del Real Jardín Botánico (CSIC) Research Professor and Director of the Royal Botanic Garden (CSIC)
Carlos Prieto de Castro Coordinador del Área Global Materia y profesor de investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC) Coordinator of the Materia Global Area and Research Professor at the Institute of Materials Science of Madrid (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)	Carlos Prieto de Castro Coordinador del Área Global Materia y profesor de investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC) Coordinator of the Materia Global Area and Research Professor at the Institute of Materials Science of Madrid (CSIC)	Daniel Oro de Rivas Profesor de investigación en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC-UIB) Research Professor at the Mediterranean Institute for Advanced Studies (CSIC-UIB)
Germán Sierra Rodero Profesor de investigación en el Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM) Research Professor at the Institute for Theoretical Physics (CSIC-UAM)	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)	Carles Sierra García Profesor de investigación en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (CSIC) Research Professor at the Artificial Intelligence Research Institute (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)

Cambio Climático Climate Change	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Economics, Finance and Management	Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales) Humanities and Social Sciences (Social Sciences)	Música y Ópera Music and Opera
Santiago Beguería Portugués <p>Científico titular en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC) Tenured Researcher at the Aula Dei Experimental Station (CSIC)</p>	Elena Castro Martínez <p>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)</p>	Marta Fraile Maldonado <p>Científica titular en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)</p>	María Gembero Ustarroz <p>Científica titular en la Institución Milá y Fontanals (CSIC) Tenured Researcher at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)</p>
Francisca Martínez Ruiz <p>Investigadora científica en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR) Research Scientist at the Andalusian Earth Sciences Institute (CSIC-UGR)</p>	Adela García Aracil <p>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)</p>	Elea Giménez Toledo <p>Científica titular en el Instituto de Historia (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of History (CSIC)</p>	Ignacio Montero Ruiz <p>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)</p>
Ángel Ruiz Mantecón <p>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)</p>	Adelheid Holl <p>Científica titular en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)</p>	Ignacio Montero Ruiz <p>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)</p>	Idoia Murga Castro <p>Científica titular en el Instituto de Historia (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of History (CSIC)</p>
Rafael Simó Martorell <p>Profesor de investigación en el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC) Research Professor at the Institute of Marine Sciences (CSIC)</p>	Hugo Rodríguez Mendizábal <p>Científico titular en el Instituto de Análisis Económico (CSIC) Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis (CSIC)</p>	Julio Pérez Díaz <p>Científico titular en el Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Economics, Geography and Demography (CSIC)</p>	Emilio Ros Fábregas <p>Investigador científico en la Institución Milá y Fontanals (CSIC) Research Scientist at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)</p>
Blas Valero Garcés <p>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)</p>	Francisco Javier Sanz Cañada <p>Científico titular en el Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Economics, Geography and Demography (CSIC)</p>	Sebastian Rinken <p>Científico titular en el Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC) Tenured Researcher at the Institute for Advanced Social Studies (CSIC)</p>	Juan Manuel Vicent García <p>Investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC) Research Scientist at the Institute of History (CSIC)</p>



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 (en Ciudad de México, 1992). Ha recibido una Beca Leonardo a Investigadores y Creadores Culturales Fundación BBVA 2014, y ha sido galardonada con numerosos premios de grabado y de escultura, entre los que se encuentra el Premio Nacional de Grabado, obtenido en 1999. En 2019 ha sido elegida académica de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Escultura monumental: *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: Vaivén, 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. Pensando en todo ello, he marcado ocho brazos, y cada uno de ellos se divide en tres varillas que se unen a los demás. 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

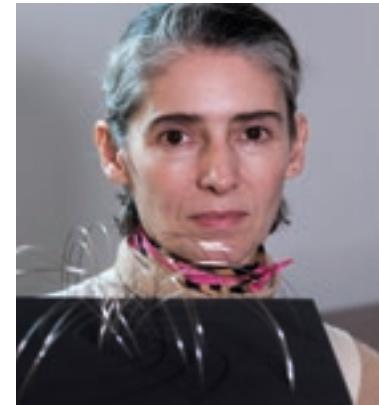
Blanca Muñoz obtained a BA in Fine Arts from the Universidad Complutense de Madrid. She has held scholarships at Calcografía Nazionale (1989), awarded by the Italian Government, at the Spanish Royal Academy in Rome (1990), and in Mexico City (1992), awarded by the Mexican Department of Foreign Affairs. Recipient of a 2014 Leonardo Grant for Researchers and Cultural Creators from the BBVA Foundation, her many distinctions as a sculptor and printmaker include the 1999 National Print Prize. In 2019 she became an elected member of the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

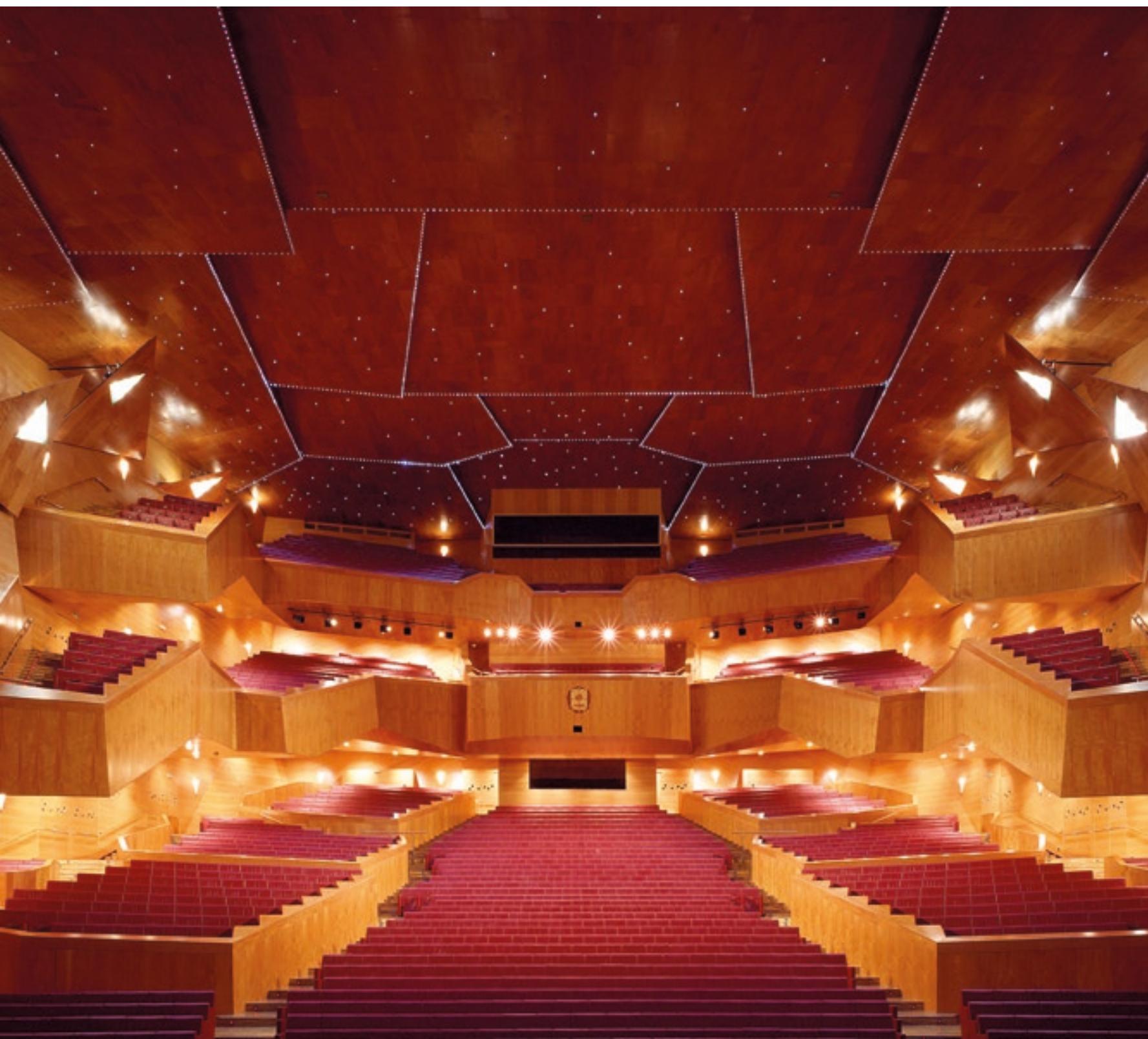
Monumental sculpture: *Altiva*, Fundación Masaveu, Madrid (2019); *Talismán*, Banca March, Madrid (2016); *Géminis*, Torre Cepsa, architect Norman Foster, Madrid (2009); *Panta rei*, Málaga (2008); *Eclíptica*, Badajoz Exhibition Center (2006); *Perseidas II*, Parque de la Curva de Elorrieta, Bilbao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

Latest solo exhibitions: Vaivén, 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. With this in mind, I traced out eight arms, each dividing into three wires that connect to the rest. This, I think, brings the seven scientific disciplines harmoniously into play, to the rhythm of the eighth: contemporary music.





Concierto

Gala concert

Euskadiko Orkestra

Joaquín Achúcarro, piano

Giovanni Guzzo, violín

Robert Treviño, director

Basque National Orchestra

Joaquín Achúcarro, piano

Giovanni Guzzo, violin

Robert Treviño, conductor

Arvo Pärt* (1935)

Sinfonía n.º 3 (21')

- I.
- II.
- III.

Arvo Pärt* (1935)

Symphony No. 3 (21')

- I.
- II.
- III.

Peter Eötvös* (1944)

Alhambra, concierto para violín n.º 3 (24')

Peter Eötvös* (1944)

Alhambra, Violin Concerto No. 3 (24')

Ludwig van Beethoven (1770-1827)

Concierto para piano n.º 4 en sol mayor, op. 58 (34')

- I. Allegro non troppo
- II. Andante con moto
- III. Rondo. Vivace

Ludwig van Beethoven (1770-1827)

Piano Concerto No. 4 in G major, op. 58 (34')

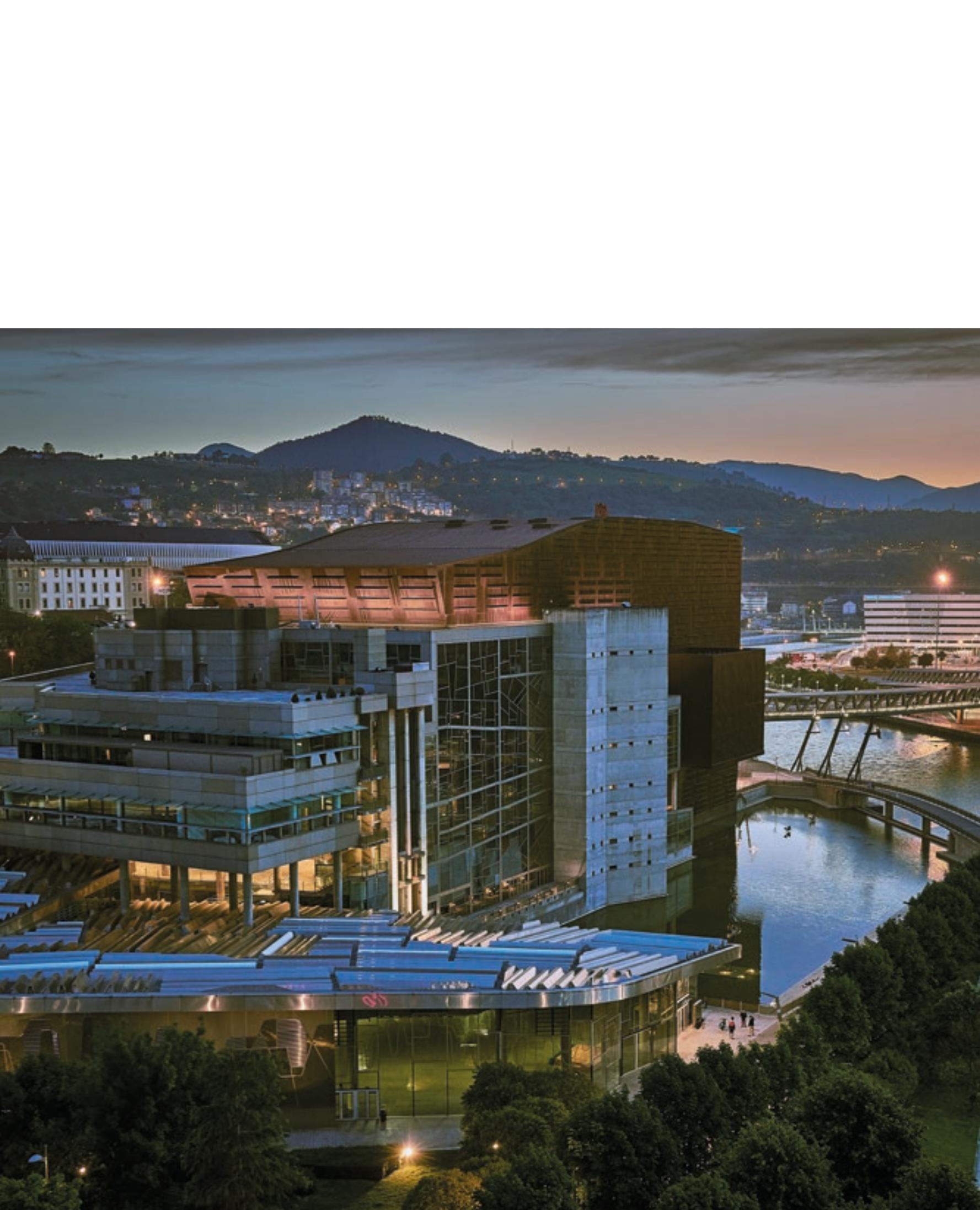
- I. Allegro non troppo
- II. Andante con moto
- III. Rondo. Vivace

* Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Música y Ópera

* BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in Music and Opera

20 de septiembre de 2021
19:00 horas
Palacio Euskalduna
Bilbao

September 20, 2021
19:00
Euskalduna Conference Centre
Bilbao



Ceremonia de entrega

Presentation ceremony

Inicio de la ceremonia

Ceremony begins

Bienvenida del Alcalde de Bilbao

Welcome from the Mayor of Bilbao

Discurso de la Presidenta del CSIC

Speech by the President of CSIC

Acto de entrega de los Premios de las XII y XIII ediciones

Presentation of Awards in the 12th and 13th editions

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Biología y Biomedicina

Biology and Biomedicine

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Information and Communication Technologies

Ecología y Biología de la Conservación

Ecology and Conservation Biology

Cambio Climático

Climate Change

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Economics, Finance and Management

Humanidades y Ciencias Sociales

Humanities and Social Sciences

Música y Ópera

Music and Opera

Clausura

Closing addresses

Discurso del Presidente de la Fundación BBVA

Speech by the President of the BBVA Foundation

Discurso del Lehendakari

Speech by the President of the Basque Country

21 de septiembre de 2021
19:00 horas
Palacio Euskalduna
Bilbao

September 21, 2021
19:00
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)

94

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

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

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

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Biology and Biomedicine

XI Edición / 11th Edition

2018



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)

X Edición / 10th Edition

2017



James P. Allison

MD Anderson Cancer Center de la Universidad de Texas (Estados Unidos)

University of Texas MD Anderson Cancer Center (United States)

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)

* El nombre de esta categoría fue «Biomedicina» en las diez primeras ediciones.
The name of this category was "Biomedicine" in the first ten editions.

Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

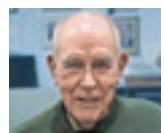
Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Information and Communication Technologies

96

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

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

Cary Institute of Ecosystem
Studies
(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

98

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)
Princeton University (United States)

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)
Max Planck Institute for Meteorology (Germany)

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

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)
University of California, Berkeley (United States)

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

Universidad 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

100

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

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)

IV Edición / 4th Edition

2011



Salvatore Sciarrino

Compositor (Italia)
Composer (Italy)

III Edición / 3rd Edition

2010



Helmut Lachenmann

Compositor (Alemania)
Composer (Germany)

II Edición / 2nd Edition

2009



Cristóbal Halffter

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

* 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

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 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

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

Cambio Climático
Climate Change

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)

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
Humanities and Social Sciences

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)
University of Texas MD Anderson Cancer Center (United States)

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)
Princeton University (United States)

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

Ikka 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)
University of California, Berkeley (United States)

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

Helen Keller International

Estados Unidos / United States

Música Contemporánea
Contemporary Music

György Kurtág

Compositor (Hungria)
Composer (Hungary)

VI Edición

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

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 Oregón (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 Nöbel 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)
Max Planck Institute for Meteorology (Germany)

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Economics, Finance and Management

Andreu Mas-Colell

Universidad 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 Smithsoniano (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

108

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

Textos / Texts

Manuel González Portilla: *La tradición innovadora de Bilbao / The innovative tradition of Bilbao*

Mónica González Salomone: Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas); Biología y Biomedicina; Tecnologías de la Información y la Comunicación; Ecología y Biología de la Conservación; Cambio Climático; *La lección es cuánto no sabemos todavía / Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics); Biology and Biomedicine; Information and Communication Technologies; Ecology and Conservation Biology; Climate Change; The lesson is how much we still don't know*

Juan Pujol: Economía, Finanzas y Gestión de Empresas; Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales) / Economics, Finance and Management; Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

Michael Stallknecht: Música y Ópera / Music and Opera

Carlos Gil: Jurados / Committees

Traducciones / Translations

Karen Welch: traducción al inglés de todos los textos a excepción de la presentación del Presidente de la Fundación BBVA (pp. 5-6) / English translations: all except presentation by the BBVA Foundation President (pp. 5-6)

Guadalupe Luceño: traducción al español del texto original en alemán de Michael Stallknecht (pp. 81-83) / Spanish translation of the original German text by Michael Stallknecht (pp. 81-83)

Diseño gráfico / Graphic design
nu comunicación

Impresión / Printed by
Gráficas Ingugom

Depósito Legal / Legal deposit: BI 01143-2021
Impreso en España / Printed in Spain
Impreso en papel ecológico / Printed on environmentally responsible paper

Créditos fotográficos / Photo credits

Todas las fotos **Fundación BBVA** excepto / All photos **Fundación BBVA** except:

- 7 Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / Spanish National Research Council (CSIC)
- 9 Ayuntamiento de Bilbao / Bilbao City Council
- 12-13 (*de izquierda a derecha y de arriba a abajo / left to right, top to bottom*)
 - Portugalete y Las Arenas / Portugalete and Las Arenas.
Fondo S. Arana Gorostiaga (Departamento de Historia Contemporánea de la UPV-EHU) /
S. Arana Gorostiaga Archive (Department of Contemporary History, UPV-EHU)
 - Minas de Triano-Somorrostro / Triano-Somorrostro mines.
Fondo del Departamento de Historia Contemporánea de la UPV-EHU /
Department of Contemporary History, UPV-EHU
 - Bilbao. Puente del Arenal y Teatro Arriaga / Bilbao. Arenal Bridge and Arriaga Theater.
Fondo S. Arana Gorostiaga (Departamento de Historia Contemporánea de la UPV-EHU) /
S. Arana Gorostiaga Archive (Department of Contemporary History, UPV-EHU)
 - Escultura de Jorge Oteiza con el Ayuntamiento de Bilbao al fondo /
Sculpture by Jorge Oteiza with Bilbao City Chambers in the background.
 - Proyecto Isla de Zorrotzaurre / The Zorrotzaurre Island project.
Ayuntamiento de Bilbao / Bilbao City Council
 - Museo Guggenheim Bilbao desde la ría / Guggenheim Museum Bilbao from the river estuary.
FMGB, Guggenheim Bilbao Museoa, Erika Barahona Ede, Bilbao, 2021
- 19 CERN
- 20 (*Gilles Brassard*) Universidad de Montreal / University of Montreal
- 27 IRB Barcelona
- 31 (*David M. Sabatini*) Gretchen Ertl, Whitehead Institute
- 35 Science Photo Library
- 36 (*Isabelle Guyon*) Universidad de California en Berkeley / University of California, Berkeley
(*Bernhard Schölkopf*) Fundación Körber
- 43 Copernicus Sentinel, ESA, CC BY-SA 3.0 IGO
- 44 (*Carlos M. Duarte*) Khulud Muath-KAUST
- 47 (Foto cortesía de / Photo courtesy of) Carlos M. Duarte
(*Terence P. Hughes*) ARC, Centro de Excelencia para el Estudio del Arrecife de Coral /
ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies
- 51 NASA, Goddard Space Flight Center and NASA, Jet Propulsion Laboratory Scientific Visualization Studio
- 59, 71 Getty Images
- 68 NIH
- 72 (*Susan T. Fiske*) (Foto cortesía de / Photo courtesy of) Susan T. Fiske
(*Shelley E. Taylor*) Universidad de California en Los Ángeles / University of California, Los Angeles
- 75 (*Arriba / top*) (Foto cortesía de / Photo courtesy of) Susan T. Fiske
- 79 Fundación Centro Arvo Pärt / Arvo Pärt Centre Foundation
- 80, 83 Universal Edition, Eric Marinitsch
- 90 Aitor Ortiz, Palacio Euskalduna / Euskalduna Conference Centre
- 92 Enrique Moreno Esquibel, Palacio Euskalduna / Euskalduna Conference Centre

