

XIII Edición
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
13th Edition

Fundación
BBVA

XIII Edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

13th Edition

Carlos Torres Vila

Presidente
Fundación BBVA

President
BBVA Foundation

Tras un año marcado por la covid-19, en este 2021 volvemos al Palacio Euskalduna de Bilbao con renovada ilusión para celebrar la decimotercera edición de los Premios Fronteras del Conocimiento. Unos galardones nacidos para enfatizar el valor del conocimiento como elemento clave de nuestra sociedad, y reconocer la investigación y la creación cultural de excelencia.

La investigación ha sido clave, y sigue siéndolo, para afrontar la pandemia y sus consecuencias, sin duda en lo sanitario, pero también en el ámbito social y económico. La comunidad científica mundial ha estado a la altura del reto con una respuesta que ha superado todas las expectativas. En unos pocos meses, grupos de todo el mundo, con distintos orígenes y formación, han sido capaces de colaborar y desarrollar vacunas que están demostrando ser clave para superar la pandemia y volver a la normalidad.

La variedad y transversalidad de las categorías que recoge la familia de los Premios Fronteras nos permiten comprobar cómo un mismo objeto —como ha ocurrido con la covid— puede ser abordado desde ángulos disciplinarios distintos, y cómo las distintas disciplinas pueden colaborar en objetivos comunes.

Un abordaje multidisciplinar en el que no podemos olvidar la aportación de las humanidades, ya que como destaca Gerald Holton, uno de los premiados en esta edición, la ciencia influye en el modelado de la cultura de la sociedad, y al tiempo, en una interacción continua, esta condiciona la práctica científica, influyendo en la creación de teorías y modelos.

También ha quedado demostrado que la cooperación internacional es clave para superar los desafíos globales, que trascienden las fronteras y que requieren una respuesta colectiva. Desafíos entre los que destaca la propia vacunación —que ha de abordarse con perspectiva global para ser justa y para ser efectiva— y el cambio climático, una de las mayores disruptpciones a las que se enfrenta la humanidad y que debemos abordar con urgencia.

El pasado año supuso un punto de inflexión en la lucha medioambiental y la búsqueda de un desarrollo más sostenible e inclusivo, cuestiones sobre las que los

After a year marked by COVID-19, it is with renewed enthusiasm that we return to Bilbao's Euskalduna Conference Centre to celebrate the thirteenth edition of the Frontiers of Knowledge Awards, established to uphold the value of knowledge as a key element of our society, and to honor world-class research and cultural creation.

Research has been and still is instrumental in managing the pandemic and its consequences, not only in health terms, but also from a social and economic standpoint. The global scientific community has risen to the challenge with a response that has exceeded all expectations. In a matter of months, research groups from across the world, from different cultural and economic backgrounds, have come together to cooperate in the development of new vaccines that are proving key to controlling the pandemic and restoring normality.

The variety and interconnectedness of the categories making up the Frontiers Awards family show how the same issue – as we have seen with COVID – can be approached from different disciplinary angles, and how different disciplines can pursue common goals.

This multidisciplinary approach, we should not forget, owes much to the humanities. Gerald Holton, one of this year's laureates, has explored how science helps shape a society's culture, while this culture, in turn, informs scientific practice and the elaboration of models and theories in a mutually reinforcing process.

International cooperation has proved vital in overcoming global challenges that transcend borders and demand a collective response. Challenges such as the vaccination process itself, which requires a global approach to be fair and effective, and climate change, one of the biggest disruptions humanity faces and one that we must urgently address.

Last year marked a turning point in the environmental movement and the quest for a more sustainable and inclusive development model. Now governments and the private sector are turning their commitments on these issues into specific policies and plans, catalyzing, for instance, the transition to a carbon neutral economy.



Gobiernos y el sector privado han convertido los compromisos en políticas y planes concretos, catalizando por ejemplo, la transición hacia una economía neutra en emisiones de carbono.

En BBVA la sostenibilidad es un pilar clave de nuestra estrategia. Queremos ayudar a nuestros clientes en su transición hacia un futuro más sostenible, con financiación, pero también con asesoramiento y soluciones innovadoras.

La Fundación BBVA realiza también una enorme labor en promover el desarrollo sostenible. La lucha contra el cambio climático y la conservación de la biodiversidad son dos cuestiones centrales de los Premios Fronteras, a las que dedican especial atención con dos categorías: Cambio Climático, y Ecología y Biología de la Conservación.

En definitiva, lo vivido los dos últimos años ha llevado a primer plano la convicción que está en el origen de los Premios Fronteras: que el conocimiento es la mejor herramienta para entender el mundo y a nosotros mismos, afrontar los retos que se nos presentan y crear oportunidades para todos.

At BBVA, sustainability is a mainstay of our strategy. We want to help our clients in their transition to a more sustainable future, with financing but also with advice and innovative solutions.

The BBVA Foundation is also strongly engaged in promoting sustainable development. The fight against climate change and the conservation of biodiversity are core concerns of the Frontiers Awards, directly addressed by the two categories of Climate Change and Ecology and Conservation Biology.

In sum, the events of the past two years have foregrounded the conviction that lies at the heart of the Frontiers Awards: namely, that knowledge is the best tool to understand the world and ourselves, to take on the challenges ahead and to create opportunities for all.

Rosa Menéndez

Presidenta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

President

Spanish National Research Council

Escribo la presentación de este catálogo cuando ya prácticamente hemos superado la pandemia de la covid-19 y estamos inmersos en la fase de recuperación.

Tras el papel esencial que ha jugado la ciencia para conseguirlo, es el momento de preguntarnos qué dirección debemos tomar. Al hablar de recuperación, podemos entender que significa retornar a la situación de partida, de hace más de un año, cuando la sociedad comenzaba a ser consciente de que estábamos ante un desafío global. Ese desafío global reúne aspectos tan diferentes como pueden ser el cambio climático, la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales o la necesidad de un nuevo modelo de sociedad.

Europa ha lanzado un mensaje claro con el plan Next-GenerationEU, cuyo objetivo es no solo propiciar esta recuperación, sino también promover un cambio que enlace con los principales objetivos que ya se planteaban en iniciativas previas, y que nos pueden servir de hilo conductor a la hora de presentar estos Premios Fronteras del Conocimiento.

El primer gran reto es la apuesta por la investigación y la innovación. Todos los Fronteras del Conocimiento están orientados en esta línea; no obstante, quiero destacar el reconocimiento en la categoría de Humanidades (Ciencias Sociales y Humanidades) a la dimensión cultural de la ciencia y, especialmente, al poder liberador para la sociedad de la racionalidad científica, tan importante, como hemos visto durante la pandemia.

Un segundo gran reto es la apuesta por mitigar el cambio climático. Los premiados en esta categoría han ido un paso más allá del paradigma usual, investigando sobre la adaptación ante los impactos inevitables de este cambio. En línea, desde la ciencia básica, se premia el desarrollo de nuevos nanomateriales con aplicación en el campo de las energías renovables y en electrónica.

El tercer reto planteado desde Europa es el impulso a la transición digital. Una transición que debemos orientar positivamente ante la consolidación de un nuevo estilo de vida. Es muy oportuno, por ello, el reconocimiento a quienes han formalizado el diseño de los microprocesadores, creando la disciplina de la arquitectura de computadores, que hoy se extiende a todos

As I write this yearbook foreword, the COVID-19 pandemic is practically under control, and we have entered the recovery stage.

After the essential role that science played in getting us to this point, it is time to ask ourselves which direction we should move in. We might think of recovery as implying a return to that point, more than one year ago, when it began to dawn on us as a society that we were facing a global challenge. A challenge encompassing such varied components as climate change, the sustainable use of natural resources or the need for a new model of society.

Europe has issued a clear message with the Next-GenerationEU plan, whose aim is not just to foster recovery but to promote a change building on the main goals of earlier initiatives, which may serve as a common thread in presenting these Frontiers of Knowledge Awards.

The first great challenge is to support research and innovation. All the Frontiers of Knowledge Award categories have this commitment at their heart. But I would like to highlight here the recognition given in the Humanities category (Humanities and Social Sciences) to the cultural dimension of science, in particular the liberating power of scientific rationality, whose importance for society we have witnessed during the pandemic.

A second challenge is the fight to mitigate climate change. The laureates in this category have gone a step beyond the standard paradigm, focusing their research on how best to adapt to the unavoidable impacts of global warming. In similar vein, the award in Basic Sciences recognizes the development of new nanomaterials of application in renewable energies and electronics.

The third challenge Europe proposes is that of accelerating the digital transition. A transition we must ensure works in favor of the many as a new way of life takes root. Hence the timeliness of the award to those who formalized the design of microprocessors, establishing the discipline of computer architecture present today in the devices that dominate much of our daily



los dispositivos que modelan buena parte de nuestras actividades. La conjunción, cada vez más importante, entre micropresesadores y sensores nos permiten poco a poco explorar tanto el universo macro y micro como, más recientemente, nuestro propio cuerpo. El premio a los desarrollos de sensores del dolor indica, quizás de forma demasiado clara, cómo este conocimiento nos va privando poco a poco de lo que considerábamos parte de nuestra naturaleza vital. En contraste, vemos el reconocimiento a la exploración desde el arte, en este caso desde la música, de nuevas formas de expresión, intentando en cierto modo extender nuestro propio horizonte como humanos.

Los dos premios restantes abordan puntos clave de cara al debate de base de los próximos años. Por un lado, la importancia de mantener ese necesario equilibrio con la biodiversidad, incluso desde un punto de vista interesarado, por la relevancia del conocimiento funcional de los ecosistemas. Por otro lado, la exigencia de control sobre un ecosistema igualmente complejo, el financiero, para evitar que las fluctuaciones macroeconómicas puedan amplificarse derivando en nuevas crisis.

Es difícil no sorprenderse cada año al reflexionar sobre los avances científicos reconocidos en estos Premios Fronteras del Conocimiento. Quizás sea debido a que se trata de un abordaje desde múltiples perspectivas bien elegidas o, quizás, a la propia reflexión global de los comités de selección. El hecho es que, al observar en conjunto a los premiados, nos embarga una sensación de satisfacción, y sentimos que la ciencia avanza y, además, en la buena dirección.

Por ello debemos ser optimistas y apostar no solo por que la ciencia nos guíe hasta la recuperación, sino también por que nos permita avanzar hacia esa tan deseada transformación de nuestra sociedad.

Con esta esperanza invito a los lectores a disfrutar del acto de entrega de estos premios.

lives. The growing convergence between microprocessors and sensors is allowing us to advance little by little in our understanding of the macro and micro universe and, more recently, our own bodies. The award to developments in pain sensing shows, perhaps a little too clearly, how such knowledge gradually strips away what we once considered part of our essential nature. By contrast, plaudits go to the pursuit in art, in this case music, of new forms of expression, striving in a sense to expand our horizon as human beings.

The two remaining awards address what will be core topics in the grassroots debate of the coming next years. On the one hand, the importance of a functional understanding of ecosystems, which can help us live in balance with biodiversity, out of self-interest if nothing else. On the other, the need for control over the no less complex financial ecosystem, to prevent macroeconomic fluctuations from amplifying into new crises.

It is hard not to be surprised each year when reflecting on the scientific advances recognized by these Frontiers of Knowledge Awards. This may stem from their architecture, admitting multiple, well-chosen perspectives, or perhaps from the combined deliberations of the prize committees. The fact is that, in contemplating the winners list, we are filled with a sense of satisfaction and feel that science is not just moving forward, but moving in the right direction.

There is cause to be optimistic, therefore, and to trust in science not only to guide us to recovery, but also to help us move towards the long-sought transformation of our society.

It is in this hope that I invite readers to enjoy the presentation ceremony.

Juan Mari Aburto

Alcalde
Ayuntamiento de Bilbao

Mayor
Bilbao City Council

La decimotercera edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento coloca a Bilbao, como sede permanente de este evento internacional que reconoce a las mentes más brillantes del mundo entero, en el epicentro intelectual de un nuevo punto de partida para el conjunto de la humanidad.

Tras el año de la pandemia, asistimos al año de la vacunación universal, un acontecimiento también sin parangón en la historia de nuestra especie, que está sacando a la luz nuestras grandeszas como seres empáticos y solidarios, pero también las miserias de unas desigualdades que crecen sin parar en los cinco continentes, hipotecando la esperanza de un futuro mejor para todas las personas.

Desde hace siglos, el conocimiento científico ha contribuido a colocar a la humanidad en el lugar que realmente le corresponde, a veces con enormes sacrificios personales en forma de represión y persecución ideológicas. Gracias a la ciencia, hemos comprendido que somos solo una de las miles de especies que habitan este mundo, que es solo uno de los miles de millones de planetas que acompañan a miles de millones de estrellas en miles de millones de galaxias.

También hemos comprendido que no tenemos planeta B, que el equilibrio es esencial para que todo funcione y que el mundo no es nuestro, sino un legado frágil y delicado que debemos proteger y preservar para las generaciones venideras.

Sin duda alguna, cada crisis trae consigo una nueva oportunidad. La gran crisis de la covid-19 está provocando ya un gran replanteamiento global de nuestros intereses y prioridades reales como civilización, con un giro decidido hacia lo social y hacia lo medioambiental.

No hay otro punto de partida posible para este tiempo nuevo que debemos afrontar. Y probablemente no necesitamos fórmulas nuevas, sino implementar hasta sus últimas consecuencias conceptos tan manidos durante los últimos años como la cultura, la sostenibilidad, la justicia social y el desarrollo humano en el más amplio sentido de la palabra.

The thirteenth edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards puts Bilbao at the intellectual epicenter of a new beginning for humankind, as the permanent home of this international event distinguishing the world's most brilliant minds.

After the year of the pandemic, we are now into the year of universal vaccination, a campaign without parallel in the history of our species, which has brought to light our virtues as empathetic, caring beings, while also laying bare the inequalities that widen daily across the five continents, undermining hopes of a better future for all.

For centuries, scientific knowledge has helped humanity to occupy its rightful place, at times at the cost of huge personal sacrifice in the shape of repression and ideological persecution. Thanks to science, we have learned that we are just one of the thousands of species inhabiting this world, which, in turn, is just one among the billions of planets that accompany billions of stars in billions of galaxies.

We have also understood that we have no planet B, that balance is essential for everything to work as it should, and that the world is not ours, but rather a fragile and delicate legacy we must protect and preserve for tomorrow's generations.

Each crisis of course brings with it a new opportunity. The great COVID-19 crisis has already encouraged a major global rethink of our interests and priorities as a civilization, with a decisive shift towards the social and the environmental.

This is the only possible starting point from which to address the new chapter that awaits us. And, rather than new formulas, what we need most, in all probability, is to actually implement and see through the projects so frequently invoked in recent years in domains such as culture, sustainability, social justice, and human development in its fullest sense.

In Bilbao, these are the components of the formula that has helped us reinvent ourselves as a metropolitan center in the last three decades. And we recently added one more, the Bilbao Charter of Values, a



En Bilbao, esos son los ingredientes de la fórmula que nos ha permitido reinventarnos como realidad metropolitana en las últimas tres décadas. Y le hemos añadido otro, la Carta de Valores de Bilbao, un documento pionero en su género, fruto de un extenso proceso participativo que nos ha permitido consensuar y definir esos grandes valores de siempre que nos caracterizan como sociedad, para que actúen como eje vertebrador de un futuro mejor para todas y todos.

Bilbao es una ciudad que piensa y actúa con vocación global, una ciudad que apuesta por la ilusión y el talento de las generaciones venideras, por esa juventud destinada a construir el futuro de nuestro mundo. Por eso, queremos ser parte de esa red global que desea encarar con mirada y espíritu jóvenes los grandes retos del futuro más inmediato en busca de nuevos horizontes, de nuevas fronteras ilusionantes que alimenten el constante deseo de conocer y avanzar de la humanidad.

La juventud es sin duda la clave de nuestro futuro, porque, como dice un proverbio de los pueblos indígenas americanos, «no heredamos la Tierra de nuestros antepasados, sino que la tomamos prestada de nuestros hijos e hijas».

pioneering document drawn up in a wide-ranging participatory process that has enabled us to identify and define the long-held values that characterize us as a society, so they can serve as a roadmap towards a better future for all citizens.

Bilbao is a city that thinks and acts globally, a city that believes in the energy and talent of the coming generations, the young people whose job it will be to build the world of tomorrow. That is why we want to be part of the global community that confronts the tasks ahead with a youthful spirit and outlook, seeking out new horizons, new and exciting frontiers that feed humanity's craving to learn and advance.

Young people are without doubt the key to our future. For, in the words of a Native American saying, "we do not inherit the Earth from our ancestors; we borrow it from our children."



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



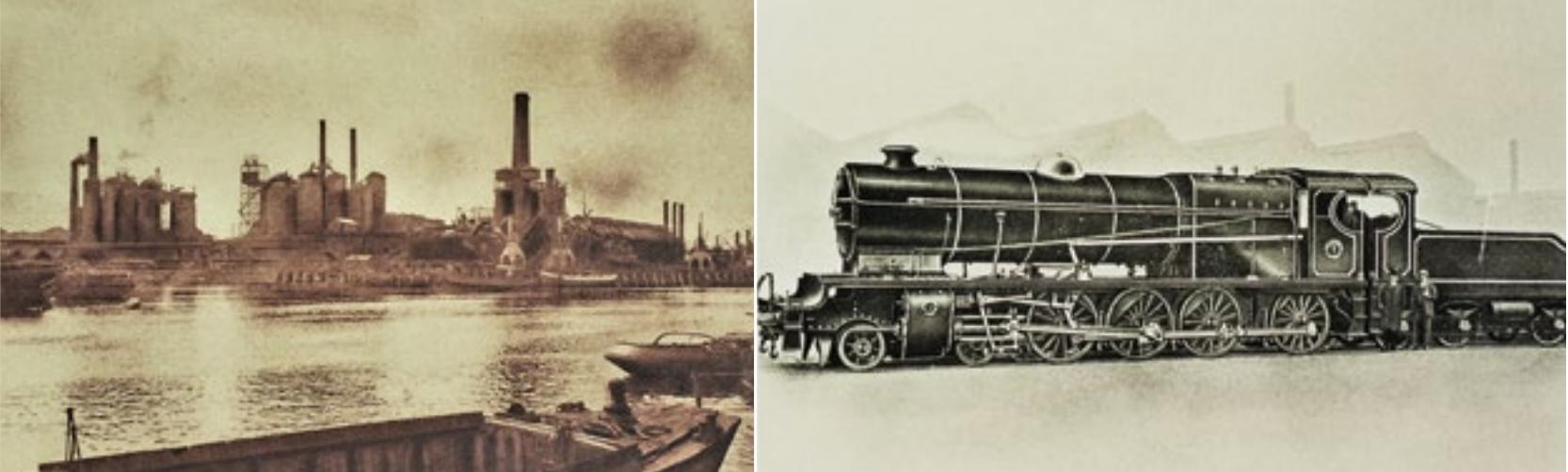
company was their instrument of choice for the raising of funds and industrial expansion. The experience of Bilbao became a talking point in Europe, the subject of numerous articles in engineering and mining journals. Max Weber traveled to Bilbao to see the changes with his own eyes: "On this basis,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

Gipuzkoa 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





de 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.

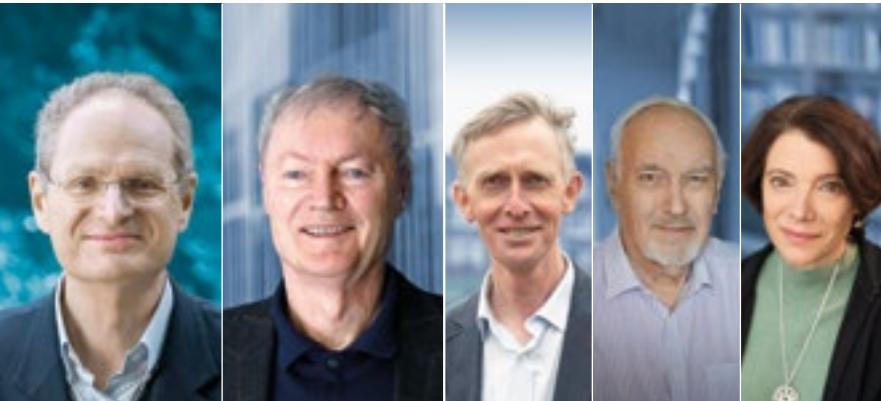
The Basque Country ranked first alongside Madrid in the national literacy table, with universal literacy and a quarter of young people continuing secondary and higher education. This opened up opportunities for social mobility. Literate mothers were the main agents of this change, demanding that their 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) A. Paul Alivisatos y Michael Grätzel
	26	Biología y Biomedicina David Julius y Ardem Patapoutian
	34	Tecnologías de la Información y la Comunicación John L. Hennessy y David A. Patterson
	42	Ecología y Biología de la Conservación Sandra Díaz, Sandra Lavorel y Mark Westoby
	50	Cambio Climático Neil Adger, Ian Burton y Karen O'Brien
	58	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Ben S. Bernanke, Mark Gertler, Nobuhiro Kiyotaki y John Moore
	70	Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades) Gerald Holton
	78	Música y Ópera Peter Eötvös
	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) A. Paul Alivisatos and Michael Grätzel
Biology and Biomedicine David Julius and Ardem Patapoutian
Information and Communication Technologies John L. Hennessy and David A. Patterson
Ecology and Conservation Biology Sandra Díaz, Sandra Lavorel and Mark Westoby
Climate Change Neil Adger, Ian Burton and Karen O'Brien
Economics, Finance and Management Ben S. Bernanke, Mark Gertler, Nobuhiro Kiyotaki and John Moore
Humanities and Social Sciences (Humanities) Gerald Holton
Music and Opera Peter Eötvös
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. Hace dos años, en la decimoprimera 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 Humanidades.

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

About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards recognize and encourage world-class research and artistic creation, prizing 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. Two years ago, in the 11th edition, the list was joined by the new category of Humanities and Social Sciences, alternating annually between these two domains, with the award in the current edition devoted to the Humanities.

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

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

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

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

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

«Parte del reto de enfrentarse al cambio climático implica aprender a fabricar nuevos materiales que captén la energía del sol con las menores pérdidas posibles, y a gran escala».

“Part of the task of tackling climate change is to learn how to make new materials that can harvest the energy of the sun with as few losses as possible, and to do so on a major scale.”

A. Paul Alivisatos

«El gran desafío para cumplir con el Acuerdo de París es reemplazar las energías fósiles por renovables, y la energía fotovoltaica debe ser la principal fuente».

“The great challenge to comply with the terms of the Paris Agreement is to replace fossil fuels with renewables, and photovoltaic energy should be the prime source.”

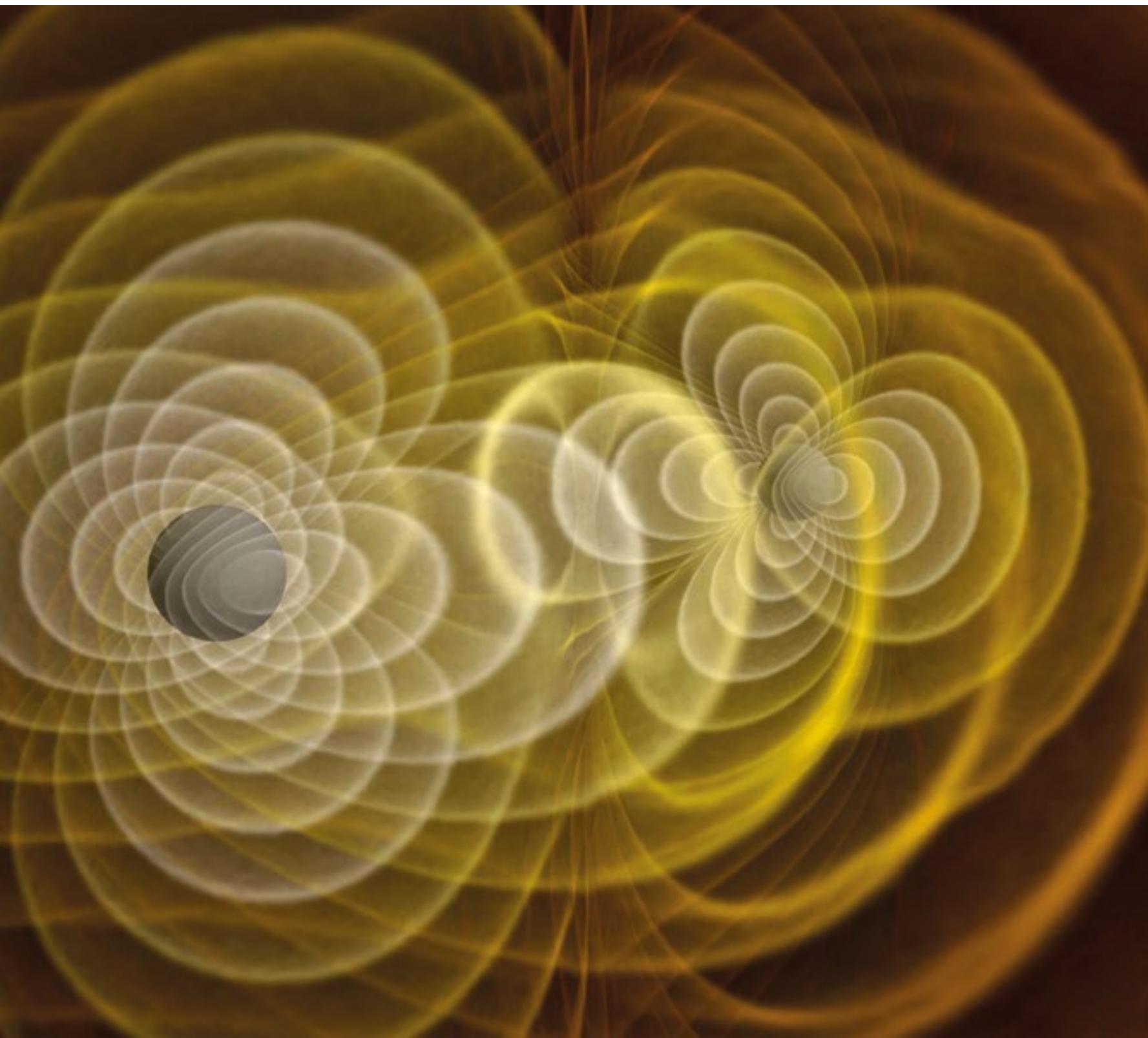
Michael Grätzel

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas
(Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Basic Sciences
(Physics, Chemistry, Mathematics)





A. Paul Alivisatos Michael Grätzel

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Nanomateriales que transforman luz en energía limpia

«Si piensas que aquí, en esta habitación, no hay energía lumínica, te equivocas», dice Michael Grätzel, de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza). Muestra entonces lo que parece un panel de vidrio coloreado y lo conecta con cables a un pequeño ventilador. Las aspas empiezan a girar enseguida: el vidrio contiene unas peculiares células fotovoltaicas que convierten en electricidad la luz ambiental. No necesitan un chorro de luz solar directo, les basta la luz natural en la estancia. Es, para muchos, la tecnología limpia que alimentará los aparatos en los domicilios en la inminente era del *internet de las cosas*.

Grätzel es el creador de estas células fotovoltaicas —bautizadas con su nombre— que funcionan incluso en interiores. Comparte el Premio Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas con A. Paul Alivisatos, de la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos).

A finales de los años noventa, poco después de que Grätzel inventara sus células fotovoltaicas, Alivisatos sintetizó una clase de nanocrstales capaces de emitir luz sin apenas perder energía. Estos nanocrstales, también llamados *puntos cuánticos*, se usan hoy desde para buscar nuevas fuentes de energía limpia hasta en la electrónica de consumo y en imagen biomédica.

Las aportaciones de ambos galardonados comparten una conexión muy fundamental. Tanto Grätzel como Alivisatos son pioneros en el control de un fenómeno que fascina a los científicos desde hace siglos: la interacción entre la luz y la materia. Cuando las partículas de luz, los fotones, iluminan la materia, pueden transferirle parte de su energía. Grätzel y Alivisatos han aprendido a controlar el proceso de manera que

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Nanomaterials that convert light into clean energy

"If you think there is no luminous energy here in this room, then you think wrong," says Michael Grätzel of the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Switzerland). He picks up what looks like a panel of colored glass and wires it to a small fan. And immediately the blades start to turn. The glass contains special photovoltaic cells that convert ambient light into electricity. No need for even a ray of direct sunlight, just the natural light within the room. In the view of many, this is the clean technology that will power our home appliances in the dawning age of the "Internet of things."

Grätzel created and gave his name to these photovoltaic cells that work indoors, and this year shares the Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences with A. Paul Alivisatos of the University of California, Berkeley (United States).

In the late 1990s, not long after Grätzel invented his peculiar photovoltaic cells, Alivisatos synthesized a class of nanocrystals able to emit light with barely any loss of energy. These nanocrystals, also known as quantum dots, now have multiple uses, from the search for new clean energy sources to roles in consumer electronics and biomedical imaging.

The contributions of the two awardees have a deep-seated connection. Both Grätzel and Alivisatos are pioneers in the control of a phenomenon that has long fascinated scientists: the interaction of light and matter. When light particles or photons hit matter, they may transfer some of their energy. Grätzel and Alivisatos have learned to control the process in such a way that this energy can be harnessed. And they have done so by manipulating matter at the atomic level or nanoscale.

Alivisatos y Grätzel son pioneros en el control de la interacción entre la luz y la materia. Cuando las partículas de luz iluminan la materia, pueden transferirle parte de su energía; los premiados han aprendido a manipular los átomos (materia) de forma tal que, cuando llega la luz, su energía pueda ser aprovechada.

Alivisatos and Grätzel are pioneers in controlling the play of light and matter. When light particles hit matter they may transfer part of their energy. The awardees have learned to manipulate atoms (matter) in such a way that the energy of incoming light can be harnessed.

esa energía pueda ser aprovechada. Lo han logrado manipulando la materia en la escala de sus átomos, la nanoescala.

Grätzel emplea nanopartículas para transformar luz en electricidad. Alivisatos usa nanocristales que primero absorben la luz y después la reemiten sin apenas perder energía; antes, sin embargo, la *formatean* a voluntad. Es decir, los puntos cuánticos emiten haces de luz de exactamente las características deseadas, de ahí su idoneidad en múltiples aplicaciones.

En palabras del propio Alivisatos: «Michael ha investigado en cómo convertir en electricidad la luz que entra en el sistema, mientras que las aplicaciones derivadas de mi trabajo tienen que ver más con cómo convertir la energía en luz que sale del sistema, y que la gente puede usar».

Las células solares de Grätzel están basadas en nanopartículas. Su rasgo más conocido, sin embargo, es su otra innovación: son células que emplean colorante, un pigmento, para capturar la luz. Por eso su funcionamiento recuerda a la fotosíntesis, el proceso por el que las plantas obtienen energía de la luz solar y en el que Grätzel asegura haberse inspirado.

«Las hojas verdes usan clorofila para absorber la luz —explica el galardonado—. En nuestra célula el colorante actúa de la misma manera». Cuando los fotones golpean la molécula de clorofila, sus electrones se excitan; así empieza una corriente eléctrica que activa las reacciones químicas con que, a partir de nutrientes y agua, la planta construye materia orgánica. El pigmento de las células de Grätzel también absorbe la luz, y genera electrones que son recolectados y transportados por un material semiconductor.

Grätzel y sus colaboradores presentaron su nueva célula solar fotovoltaica en 1991 en un artículo en la revista *Nature*, que ha sido citado decenas de miles de veces. Su desarrollo ha dado lugar a «miles de patentes», señala el propio galardonado, y «ha abierto todo un nuevo campo de investigación».

Las ventajas de estas células, señala Grätzel, son múltiples: materias primas abundantes, un proceso de

Grätzel uses nanoparticles to convert light into electricity. Alivisatos uses nanocrystals that absorb then re-emit light with practically no loss of energy. But not before first “formatting” it à la carte. In other words, the quantum dots emit light beams of precisely pre-selected characteristics, making them invaluable in a whole host of applications.

As Alivisatos puts it, “Michael has looked at how to get electricity from the light coming into the system, whereas I’ve done more work where energy is extracted in terms of light coming back out of the system, and then making something that people can use.”

Grätzel’s solar cells are based on nanoparticles. But their best-known feature is another innovation: their use of a dye or pigment to capture light. Hence the comparison often drawn with photosynthesis, the process whereby plants obtain energy from sunlight, which Grätzel acknowledges as his inspiration.

“Green leaves use chlorophyll to absorb light,” the awardee explains. “And in our cell the dye acts the same way.” When photons hit the chlorophyll molecule its electrons are excited, generating an electric current that sets in train the chemical reactions the plant uses to build organic matter from nutrients and water. The pigment in Grätzel cells also absorbs light and generates electrons that are then collected and transported by a semiconductor material.

Grätzel and his team presented their new photovoltaic solar cell in a 1991 paper in *Nature*, since cited tens of thousands of times. Its development would lead to “thousands of patents,” he observes, and open up “a whole new field of research.”

Indeed the cells – insists Grätzel – offer multiple advantages: abundant raw materials, a cheap manufacturing process, flexibility, transparency (meaning they can be mounted on windows), and the capacity to obtain electricity from even ambient light.

Their efficiency in converting light to power is less than that of conventional silicon cells. But this drawback could soon be overcome with a new, next-generation technology: photovoltaic cells of a material called

fabricación barato, transparencia —pueden ponerse en ventanas—, flexibilidad y capacidad de obtener electricidad de la luz ambiental.

Su eficiencia a la hora de convertir luz en electricidad es menor que la de las células convencionales de silicio, pero este inconveniente podría superarse pronto con su tecnología heredera: células fotovoltaicas de un material llamado perovskita, que sí han alcanzado ya una eficiencia comparable a las de silicio.

Los puntos cuánticos de Alivisatos, por su parte, son el sistema más eficiente a la hora de reemitir luz de forma precisa. La clave está en la capacidad de controlar el tamaño del nanocrystal, que en la práctica funciona como una trampa de fotones en forma de embudo: el color de la luz reemitiada está en función de la anchura de la trampa.

«Un electrón en un nanocrystal puede emitir luz, y el color de esa luz dependerá del tamaño del nanocrystal —explica Alivisatos—. Si es más bien pequeño, la energía de la luz será mayor, por lo que será más azul. Así, se pueden usar nanocróstales para hacer materiales que emitan todo el arcoíris de colores; un arcoíris tan grande que contenga todos los colores de la naturaleza».

Una de las aplicaciones de más éxito de los puntos cuánticos son los monitores, incorporados en los televisores QLED. Alivisatos y su grupo también han desarrollado nanocróstales para teñir muestras biológicas (ajustando el tamaño del nanocrystal, el fluido puede etiquetar un tipo u otro de células). Ya hay en el mercado cientos de productos para imagen biomédica basados en puntos cuánticos.

Ambos galardonados aseguran que, ante el cambio climático y la necesidad de producir energía renovable a gran escala, la investigación en nanomateriales abierta por su trabajo es una prometedora vía para la búsqueda de soluciones.

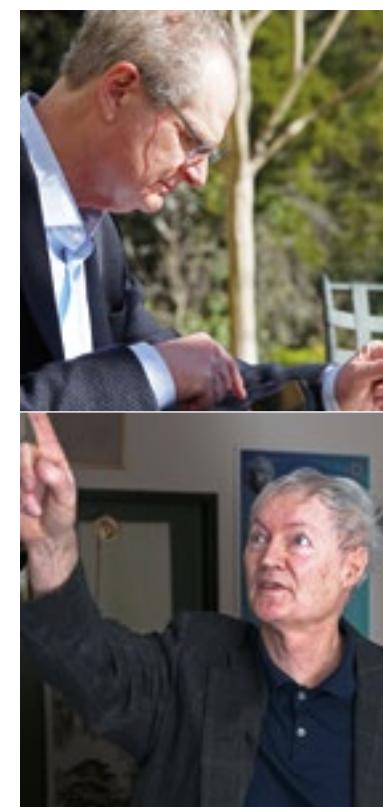
perovskite that are already showing an efficiency comparable to silicon.

Alivisatos' quantum dots, meantime, are the most efficient system for the precise re-emission of light. The key lies in the ultraprecise control enabled over nanocrystal size, which in practice operates like a photon trap in the form of a funnel – the color of the re-emitted light being a function of the trap's width.

"An electron in a nanocrystal can emit light, and the color of that light will depend on the nanocrystal's size," Alivisatos explains. "If it is a little bit smaller the energy of the light will be higher, so it will be bluer light. And in this way you can use nanocrystals to make materials that emit the full rainbow of colors; such a large rainbow that you can reconstruct with it every color you can see in nature."

Among quantum dots' most successful applications are the displays built into QLED television sets. Alivisatos and his group have also developed nanocrystals for the staining of biological samples (by adjusting the size of the nanocrystal, the liquid will tag one or other cell type). In fact, hundreds of quantum dot-based products are now commercially available for bioimaging purposes.

Both laureates are convinced that, faced with climate change and the need to ramp up production of renewable energies, the nanomaterials research enabled by their work could prove a rich seam of future solutions.



Más información:

A. Paul Alivisatos

Michael Grätzel



More information:

A. Paul Alivisatos

Michael Grätzel

**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 George David Birkhoff y la Medalla Jack S. Kilby en Procesamiento de Señales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

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.

Jeffrey R. Long

Es catedrático de Química y catedrático de Ingeniería Química y Biomolecular en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos). Su investigación se centra en el diseño y la síntesis controlada de materiales inorgánicos y moleculares –incluidos los metal-organic frame-works– que permitan comprender fenómenos físicos nuevos con aplicaciones en el almacenamiento de gas, la separación molecular, la conductividad, la catálisis y el magnetismo. Director del Centro para la Separación de Gases de la Universidad de Berkeley, ha recibido, entre otros premios, el Special Creativity Award de la Fundación Nacional para la Ciencia en dos ocasiones.

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 interactúan con células vivas, redes celulares y organismos. Es Highly Cited Researcher 2019 y 2020 de Web of Science por sus numerosos artículos en el 1% de estudios más citados en la categoría Cross-Field.

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 distinctions are the George David Birkhoff Prize, and the Jack S. Kilby Signal Processing Medal of the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Emeritus Savilian Professor of Geometry 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.

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

Mark Hyman Jr. Professor of Chemistry and Professor of Physics at Harvard University (United States), and a former member of the Broad Institute, a joint initiative of 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. Web of Science Highly Cited Researcher in 2019 and 2020, with multiple papers among the top 1% by citations in the Cross-Field category.



Martin Quack



Sandip Tiwari

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.

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.

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

Charles N. Mellowes Professor of Engineering at Cornell University, and a visiting professor at ETH Zurich (Switzerland). He is a former head of the U.S. National Nanotechnology Infrastructure Network, now the National Nanotechnology Coordinated Infrastructure, and was founding editor 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.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas ha sido concedido, en su decimotercera edición, a **A. Paul Alivisatos** y **Michael Grätzel** por sus contribuciones fundamentales al desarrollo de materiales nanoestructurados para aplicaciones vinculadas a la energía.

El trabajo rompedor de Grätzel incluye la invención de una célula solar sensibilizada por un pigmento que lleva su nombre. Alivisatos logró contribuciones pioneras utilizando nanocrstales semiconductores con aplicaciones en energía y visualización en pantallas. Sus descubrimientos han generado un amplio número de desarrollos en energía y optoelectrónica.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences goes, in this thirteenth edition, to **A. Paul Alivisatos** and **Michael Grätzel** for their fundamental contributions in the development of nanostructured materials for energy-related applications.

Grätzel's groundbreaking work includes the invention of a dye-sensitized solar cell named after him. Alivisatos made pioneering contributions in using semiconductor nanocrystals for energy and display applications. Their discoveries have found applications in renewable energy and optoelectronics.

«Fue emocionante darnos cuenta de que calentar las células provoca la activación intensa del receptor del picante de la guindilla».

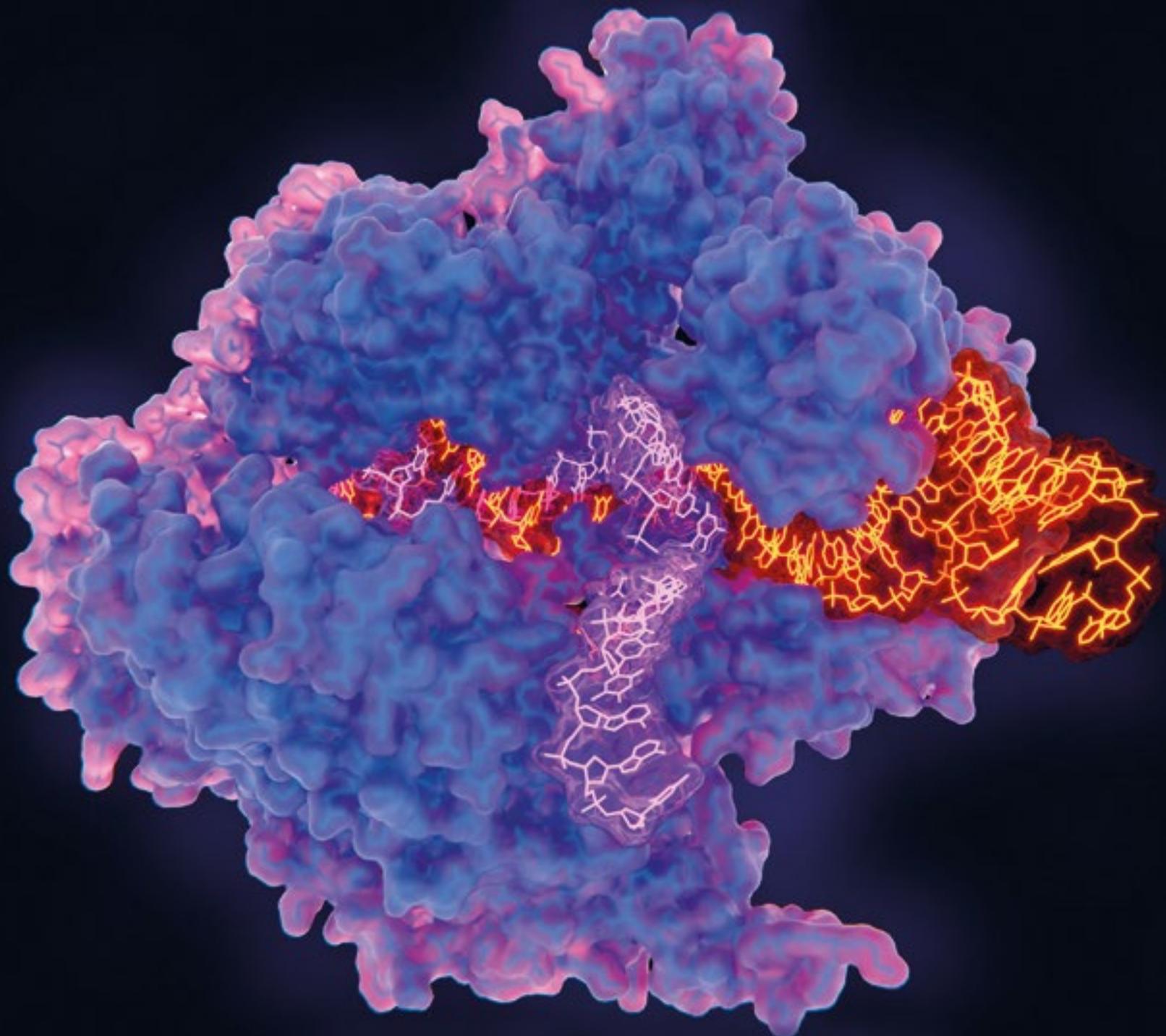
“We were thrilled to find that heating the cells produced an intense activation of the chili pepper receptor.”

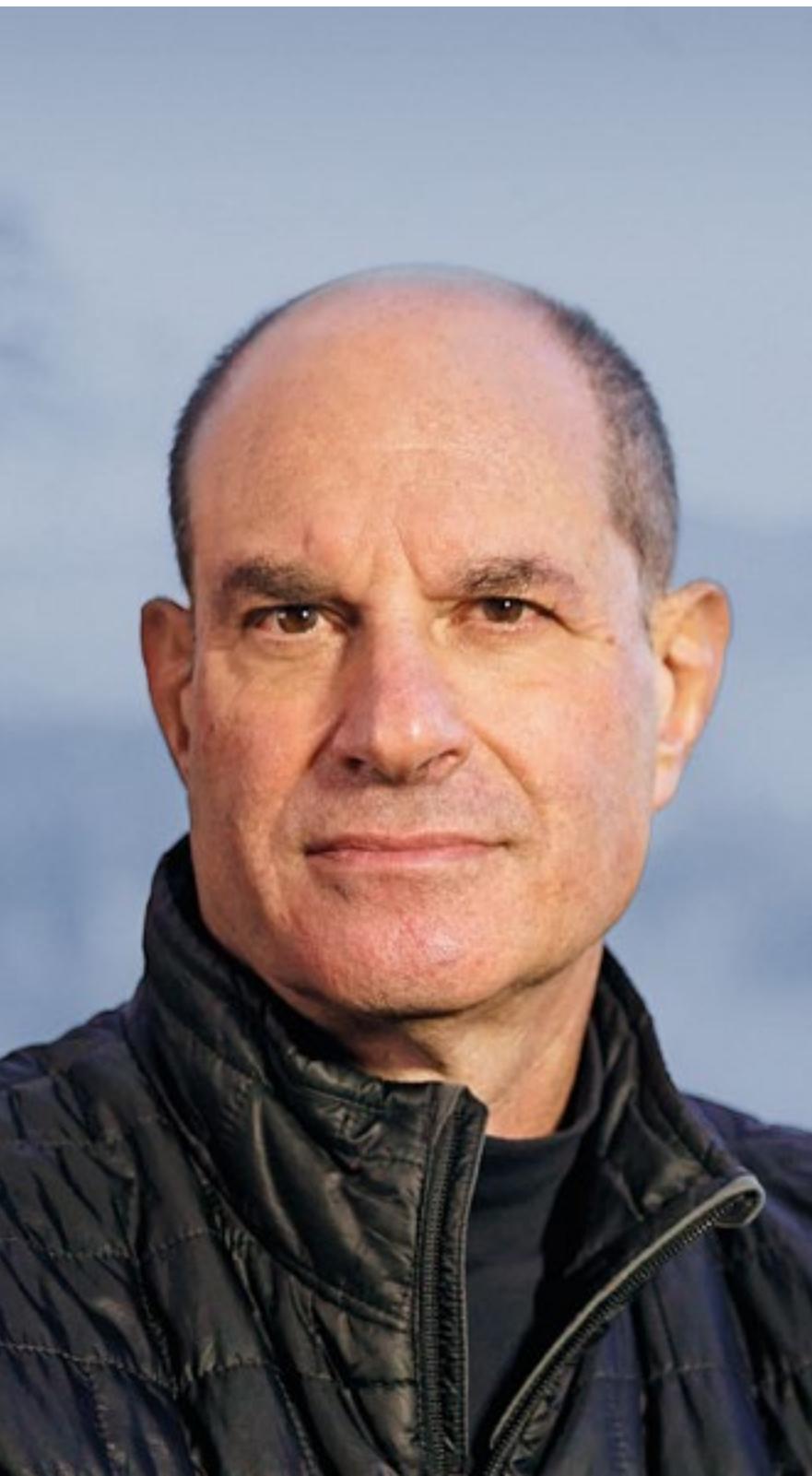
David Julius

«Lo que hemos descubierto hasta ahora en mecanobiología es importante, pero es solo la punta del iceberg de esta ciencia nueva».

“What we have discovered so far in mechanobiology is immensely exciting, but it’s merely the tip of the iceberg of this new science.”

Ardem Patapoutian





David Julius Ardem Patapoutian

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Biología y Biomedicina

Los nanosensores de la temperatura, el tacto y el dolor

El pionero de la inteligencia artificial Marvin Minsky, galardonado en 2013 con el Premio Fronteras del Conocimiento en TIC, consideraba a los humanos «máquinas hechas de carne», y defendía que los procesos más complejos en nuestro organismo son aquellos de los que el cerebro no es consciente. David Julius, de la Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos), y Ardem Patapoutian, del Instituto Scripps, en La Jolla (Estados Unidos), son galardonados por hallazgos que, en cierto modo, dan la razón a Minsky.

¿Cómo conseguimos tocarnos la nariz con los ojos cerrados? ¿Cómo caminar sin pensar en mover primero un pie y luego el otro? Estas y otras muchas hazañas, cuyo desempeño por parte del cuerpo damos por hecho, dependen de una pléthora de sofisticados sensores distribuidos por todo el organismo, nanomáquinas dignas del robot mejor diseñado. Julius y Patapoutian han descubierto nuevas familias de estos sensores, en concreto las que nos permiten «percibir la temperatura, el dolor y la presión», señala el acta del jurado.

Para Óscar Marín, director del Centro de Trastornos del Neurodesarrollo en el King's College de Londres y secretario del jurado, «entender cómo nuestro cuerpo percibe los cambios de temperatura o la presión es conceptualmente tan significativo que sorprende que, hasta hace poco, solo conocíramos la parte del circuito nervioso que procesa esta información, no los sensores moleculares que utiliza».

David Julius empezó a investigar las bases moleculares del dolor movido por su curiosidad por las plantas medicinales y los compuestos alucinógenos: «Las plantas —explica el galardonado— se defienden generando sustancias que producen dolor a sus predadores, y se

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Biology and Biomedicine

The nanosensors of temperature, touch and pain

Marvin Minsky, a pioneer in artificial intelligence and Frontiers of Knowledge laureate in the ICT category in 2013, liked to characterize human beings as “meat machines,” while arguing that the most complex processes of our bodies are those our brain is unaware of. David Julius, of the University of California, San Francisco (United States), and Ardem Patapoutian, of the Scripps Institute, La Jolla (United States) are recognized in this edition for discoveries that, in a certain sense, prove Minsky right.

How can we touch our noses with our eyes closed? How can we walk, without having to think about moving first one foot then the other? These and many other feats that the human body performs without a second thought, depend on a multitude of sophisticated sensors spread throughout our systems, nano machines worthy of the most exquisitely designed robot. Julius and Patapoutian identified new families of these sensors, whose function is “to enable us to sense temperature, pain and pressure,” in the words of the award citation.

For Óscar Marín, committee secretary and Director of the MRC Centre for Neurodevelopmental Disorders at King's College London, “understanding how our bodies sense changes in temperature or pressure is so essential a concept that it is astonishing that, until quite recently, we knew only the part of the nervous circuitry that processes the information, but not the molecular sensors it employs.”

David Julius began investigating the molecular bases of pain out of an interest in medicinal plants and hallucinogenic compounds. “Plants defend themselves by generating substances that cause predators pain,” he explains, “and we thought we could use these tools

Julius y Patapoutian han descubierto los nanosensores responsables de que nuestro cuerpo perciba la temperatura, el dolor y la presión. Sin ellos no podríamos aprender a caminar, tocar un instrumento o saborear el picante. Intervienen, además, en otros procesos como la regulación de la presión sanguínea y la división celular.

Julius and Patapoutian discovered the nanosensors that mediate our body's perception of temperature, pain and pressure. Without them, we could never learn to walk, play a musical instrument or taste the spiciness in certain foods. They also intervene in other processes like cell division or blood pressure control.

nos ocurrió explotar estas herramientas para tratar de entender la sensación de dolor a escala molecular».

Trabajos previos apuntaban a una relación entre la sensación de dolor y la capsaicina, la molécula responsable de que la guindilla pique. Julius logró identificar el receptor de la capsaicina, que permite a nuestras células detectar esta molécula. El momento emocionante, señala Julius, llegó al descubrir que este receptor también responde al calor: «Observamos que calentar las células provoca la activación intensa del receptor de la capsaicina».

Siguió la búsqueda del receptor del frío recurriendo esta vez al mentol, asociado a la sensación de frescor, y fue de nuevo un acierto: el receptor para el mentol y la baja temperatura es el mismo.

Julius ha identificado, además, el receptor del compuesto picante wasabi, que también se activa con los efluvios de la cebolla —de ahí el llanto— y con el veneno del escorpión. Hoy se sabe que está implicado en el dolor asociado a la inflamación, lo que puede ayudar a entender cómo algunas lesiones provocan un dolor persistente.

El descubrimiento del receptor de la capsaicina se publicó en 1997. Ardem Patapoutian, un inmigrante armenio que dejaba atrás una guerra en el Líbano, también había empezado por entonces a estudiar la percepción sensorial. Ambos galardonados coincidieron en la Universidad de California en San Francisco. Inicialmente competidores, su investigación pasó pronto a ser complementaria, puesto que se centraba en receptores distintos.

Patapoutian advirtió que el tacto es el único sentido en el que una señal física, como la presión, se traduce a moléculas, el lenguaje químico que comprende el cuerpo. Como él mismo explica, «al investigar sobre los nervios que nos hacen sentir el tacto y el dolor, nos dimos cuenta de que hacen algo insólito: perciben fuerzas físicas como las mecánicas. Se sabe muy poco sobre cómo el cuerpo traduce estas señales físicas al lenguaje químico».

Patapoutian y su grupo encontraron células que, cultivadas en el laboratorio, reaccionan eléctricamente

to try and understand the sense of pain on a molecular scale.”

Research elsewhere had suggested a connection between pain sensation and capsaicin, the molecule responsible for the burn in chili peppers. Julius managed to identify the capsaicin receptor that allows our body to detect its presence. But the truly thrilling moment, he says, came with the realization that the same protein also responded to heat: “We found that heating the cells produced an intense activation of the capsaicin receptor.”

The next step was to look for the cold receptor, using menthol this time for the icy sensation it evokes. The result was another win: the receptor for menthol and low temperatures was one and the same.

Julius went on to identify the receptor for the pungent compound wasabi, which is also activated by the chemicals given off by onions – hence the weeping eyes – and by scorpion venom. We now know that it is also associated with inflammatory pain, and may help us understand how certain injuries give rise to a persistent pain.

The discovery of the capsaicin receptor gene was published in 1997. By that time Ardem Patapoutian, an Armenian immigrant fleeing the war in Lebanon, had also begun studying sensory perception. The two laureates coincided at the University of California, San Francisco, where their research would transition from competing to complementary as they increasingly specialized in different receptors.

Patapoutian's started from the observation that touch is the only sense based on the translation of a physical signal, like pressure, into the chemical language the body understands. “When studying the peripheral nerves that help us feel touch and pain, we realized something very special, which is that they sense physical forces like temperature and touch. There is really very little known about how the body translates these physical forces into a chemical language.”

He and his group found cells that reacted electrically in a lab culture to being pressed with a pipette. They

al ser presionadas con una pipeta; después buscaron los genes implicados en esa respuesta. Tras casi un año de medidas, en 2009 identificaron el gen *Piezo1*, llamado así por el término griego para ‘presión’. Siguió el hallazgo de *Piezo2*. Y se abrió así una avenida de investigación que no ha dejado de ampliarse, la mecanobiología, «un campo emergente que integra biología, ingeniería y física», explica el acta.

En pocos años se han publicado centenares de trabajos sobre los *Piezo*. Se activan con la tensión, la fuerza mecánica del estiramiento, e intervienen en multitud de sistemas, desde el excretor —para alertar de que la vejiga urinaria está llena— hasta el circulatorio —para regular la presión en los vasos sanguíneos—. «Su importancia para la salud va más allá del sentido del tacto», subraya el acta.

Ha sido una sorpresa, admite Patapoutian: «Sabíamos que había proteínas implicadas en la percepción del dolor, el tacto, la audición o la presión sanguínea, pero nadie sabía que una sola familia, los receptores *Piezo1* y *Piezo2*, explicaría todos estos procesos».

Hoy se sabe que *Piezo2* detecta los roces en la piel (las caricias), y alerta de la inflamación tras una quemadura solar. También es clave en la propiocepción, la capacidad de sentir la posición relativa de las partes del cuerpo, «un sentido al que no prestamos atención porque no lo podemos apagar», dice Patapoutian, pero del que dependemos para sostenernos en pie, aprender a caminar o tocar un instrumento musical.

Seamos o no robots, nuestra maquinaria depende de un sinfín de nanosensores que operan bajo la conciencia. Patapoutian no lo duda: «Cada vez más nos damos cuenta de que la mecanobiología desempeña un papel importante en procesos que van desde la división celular hasta la audición, el tacto y el dolor. Hemos descubierto solo la punta del iceberg de esta ciencia nueva».

then looked for the genes implicated in this response. After almost a year's worth of measurements, in 2009 they identified the *Piezo1* gene, named after the Greek word for pressure. This was followed not long after by the discovery of *Piezo2*. And so was born a new and still expanding avenue of research – mechanobiology – described in the citation as “an emerging field of science that intersects biology, engineering and physics.”

The *Piezo* genes quickly became the subject of hundreds of research papers. Activated by tension, the mechanical force of stretching, they intervene in multiple systems, from the excretory – warning when the urinary bladder is full – to the circulatory, where they regulate pressure sensing in the blood vessels. As such, says the committee, “their importance in health and disease extends beyond the sense of touch.”

The discovery came as a surprise, admits Patapoutian: “We knew there were proteins involved in the perception of pain, touch, heating or blood pressure, but no one had any idea that a single family, the *Piezo1* and *Piezo2* receptors, could explain all these processes.”

We now know that it is *Piezo2* that detects when the skin is brushed lightly or caressed. Or warns when it is inflamed by sunburn. It also plays an essential role in proprioception, our ability to feel the relative position of the parts of our body. A sense, remarks Patapoutian, that “we largely ignore because we cannot turn it off,” but which we rely on to remain standing, and when learning to walk or play a musical instrument.

Robots or not, our machinery depends on countless nanosensors that operate without our conscious involvement. Patapoutian does not doubt it. “More and more we are realizing that mechanobiology plays important roles in everything from cell division all the way up to hearing, touch and pain. What we have discovered so far is merely the tip of the iceberg of this new science.”



Más información:

David Julius

Ardem Patapoutian



More information:

David Julius

Ardem Patapoutian

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

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

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

Es director de la 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 proteínica 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).

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.

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.

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

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

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

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

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Biología y Biomedicina

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Biology and Biomedicine

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Biología y Biomedicina ha sido concedido, en su decimotercera edición, a **David Julius y Ardem Patapoutian** por la identificación de los receptores responsables de la percepción de la temperatura, el dolor y la presión, proporcionando una base molecular y neuronal para las sensaciones térmicas y mecánicas.

David Julius identificó por primera vez el gen que codifica un receptor que actúa como sensor de temperatura, el canal de iones TRPV1, utilizando la capsaicina, el compuesto que provoca la sensación de quemazón de los pimientos picantes. Descubrió que TRPV1 también se activa con las altas temperaturas, proporcionando además una explicación para la sensación de dolor. Julius descubrió, asimismo, la base molecular de la sensación de frescor desencadenada por el mentol en la menta: el canal asociado TRPM8.

Ardem Patapoutian identificó los genes que codifican una familia de canales de iones activados por estiramiento, los Piezo, que son los responsables de la sensación de presión en la piel y los vasos sanguíneos, así que su importancia se extiende más allá del sentido del tacto. Estos hallazgos abrieron la puerta a la comprensión de la mecanobiología, un campo emergente de la ciencia que se encuentra en la intersección de la biología, la ingeniería y la física.

Comprender las moléculas responsables de la percepción de la temperatura, el dolor y la presión está iluminando el camino para reducir el dolor crónico y agudo asociado a una amplia gama de enfermedades, traumatismos y sus tratamientos.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biology and Biomedicine goes, in this thirteenth edition, to **David Julius and Ardem Patapoutian** for the identification of the receptors responsible for the sensing of temperature, pain and pressure, providing a molecular and neural basis for thermosensation and mechanosensation.

David Julius identified the gene encoding the first temperature sensor, the ion channel TRPV1, using capsaicin, the compound in chili pepper that elicits the sensation of heat. He discovered that TRPV1 is also activated by high temperatures, providing also an explanation for the sensing of pain. Julius also discovered the molecular source of the icy sensation triggered by menthol from mint, the related channel TRPM8.

Ardem Patapoutian identified the genes encoding a family of stretch-activated ion channels, the Piezos, which are responsible for pressure sensing in the skin and blood vessels, so their importance extends beyond the sense of touch. These findings opened the door to understanding mechanobiology, an emerging field of science that intersects biology, engineering and physics.

Understanding the precise molecules responsible for sensing temperature, pain and pressure is shedding light on how to reduce chronic and acute pain associated with a range of diseases, trauma, and their treatments.

34

«La idea clave de la tecnología que desarrollamos fue: lo más simple es lo más eficaz. Lo que consigue RISC es utilizar palabras muy simples que se ejecutan rápido».

“The key insight behind the technology we developed was that simpler equals more efficient. What RISC does is use very simple words that can be executed very fast.”

John L. Hennessy

«Diseñamos procesadores igual que diseñamos libros: haciendo experimentos y ensayando».

“We design processors the same way we design books, through experiment and trial.”

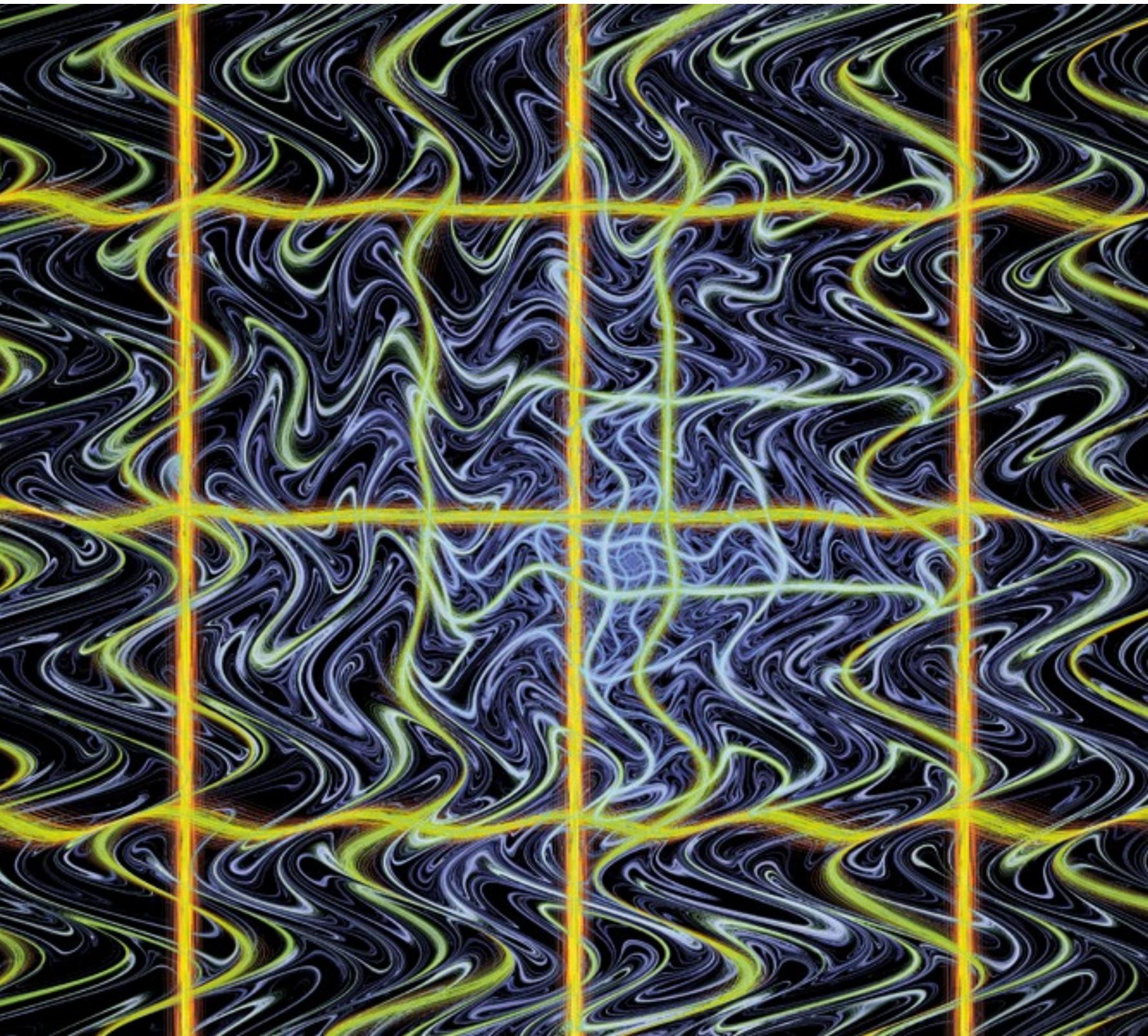
David A. Patterson

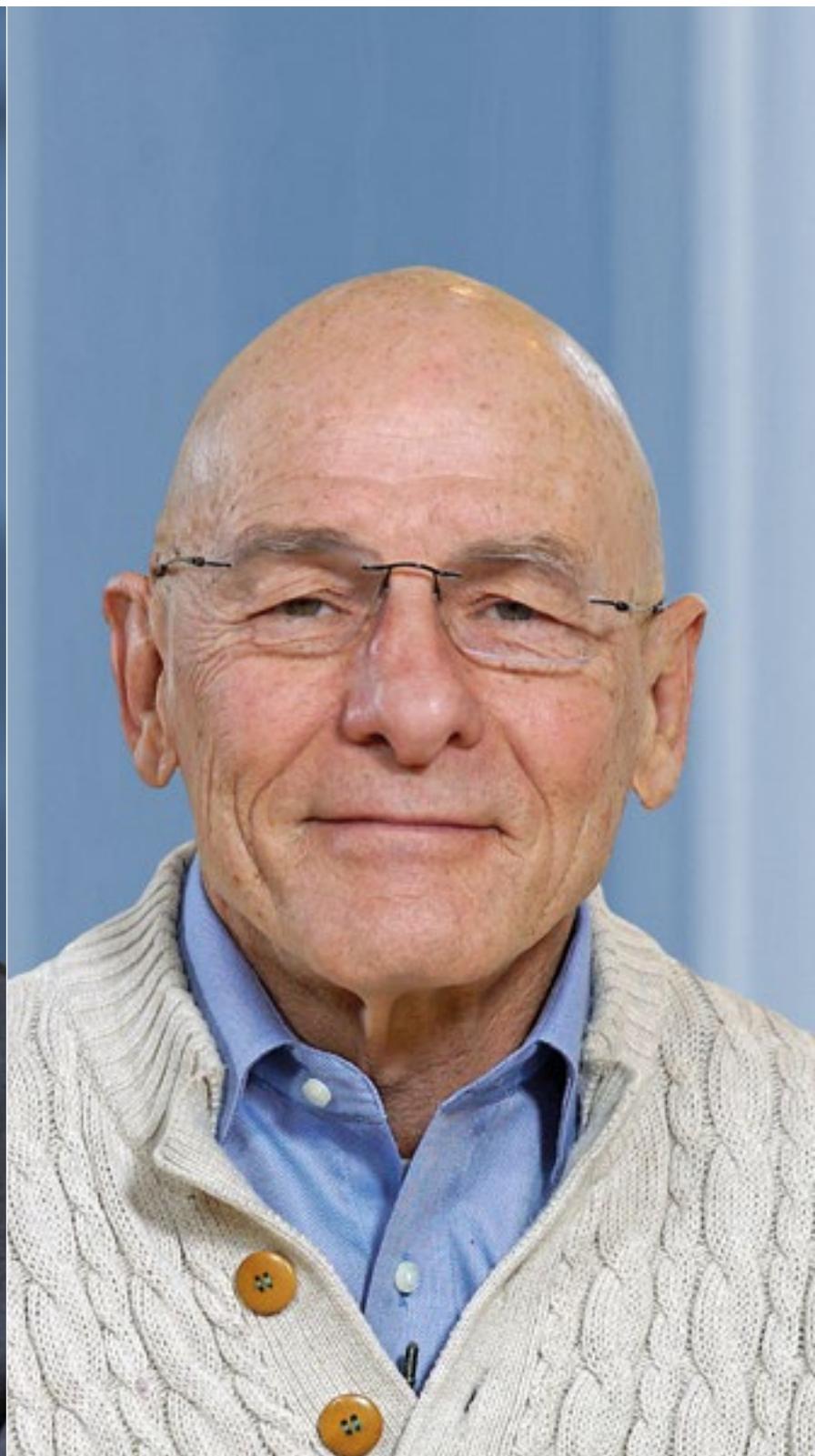
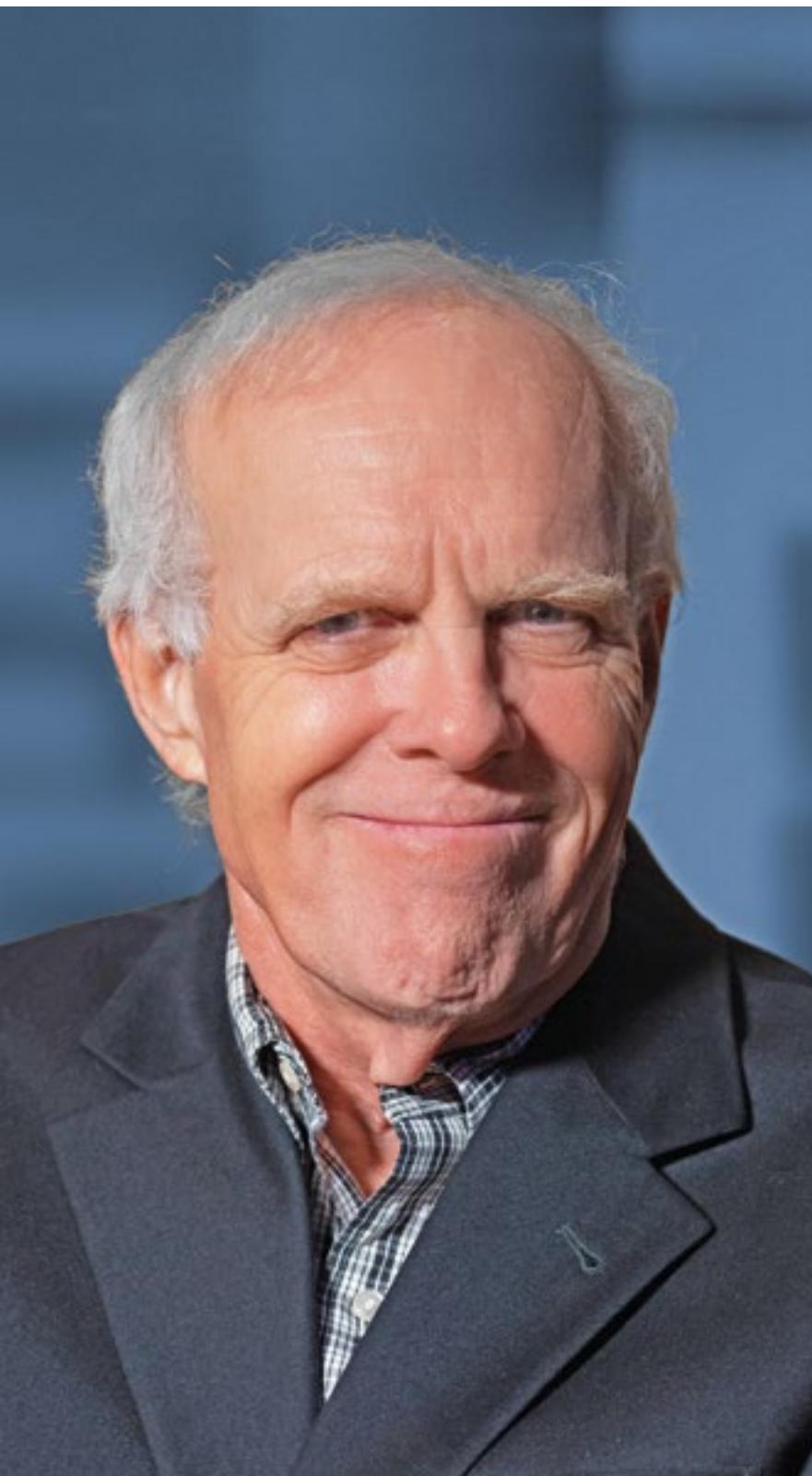
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Tecnologías de la Información
y la Comunicación**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

**Information and
Communication Technologies**





John L. Hennessy David A. Patterson

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Los arquitectos del cerebro de los ordenadores

A principios de los ochenta, un profesor de ciencias de la computación podía provocar la risa en sus alumnos al pronosticar que, en el futuro, un único microchip ganaría en rapidez a las grandes computadoras que marcaban entonces la pauta del progreso. *Cuanto más grande, mejor* era el principio imperante en la época. Nadie, ni siquiera ese visionario profesor llamado David Patterson, imaginaba hasta qué punto quedaría obsoleto. Este año Patterson gana el Premio Fronteras del Conocimiento junto con John Hennessy, con quien desarrolló precisamente el tipo de procesador que ha hecho posible el despegue de los dispositivos pequeños, móviles y computacionalmente potentes que nos acompañan hoy en todos los ámbitos de la vida cotidiana.

El jurado, no obstante, atribuye a ambos galardonados una contribución aún más amplia: fundar como área científica la arquitectura de ordenadores, la disciplina que diseña el *cerebro*, el procesador central, de todo sistema informático.

Como ha explicado Ron Ho, director de Ingeniería de Silicio en Facebook y secretario del jurado, «en los años ochenta cada compañía tenía su manera de diseñar procesadores, basada en la intuición de unos pocos expertos. Era como brujería, una serie de métodos difíciles de explicar. Hennessy y Patterson cambiaron eso, definieron parámetros que permitían comparar distintos sistemas en eficacia y rapidez. La arquitectura de ordenadores dejó de ser un arte oscuro para convertirse en ciencia, un conocimiento sistematizado que se puede transmitir. Democratizaron —pusieron al alcance de todos— el conocimiento necesario para el diseño de ordenadores».

A principios de los años ochenta, David A. Patterson daba clase en la Universidad de California en Berkeley;

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Information and Communication Technologies

Architects of the computer “brain”

In the early 1980s a computer science professor could have raised a laugh from their students by predicting that one day a single microchip would be faster than the huge computers that were then at the forefront of progress. “The bigger the better” was the order of the day and no one, not even that visionary professor David Patterson, could imagine how obsolete they would become. This year Patterson is co-winner of the Frontiers of Knowledge Award alongside John Hennessy, with whom he developed the model of processor that would launch the small, mobile, computationally powerful devices that now accompany us in all spheres of daily life.

But the committee credits both awardees with an even wider contribution, that of taking computer architecture, the discipline behind the central processor or “brain” of every computer system, and establishing it as a new scientific field.

In the words of Ron Ho, committee secretary and Director of Silicon Engineering at Facebook, “in the 1980s, each company had its own way of designing processors, based on the intuition of a handful of experts. It was like witchcraft, a series of methods that were hard to pass on. Hennessy and Patterson changed all that. They created a framework and defined parameters that let us compare systems for efficiency and speed. Computer architecture moved from being a dark art to being a science, a systematized body of transmissible knowledge. They democratized the knowledge needed to design computers, bringing it within everyone’s reach.”

The start of the 1980s found David A. Patterson teaching at the University of California, Berkeley, and John L. Hennessy at Stanford University (United States). Both

John L. Hennessy y Patterson fundaron como área científica la arquitectura de ordenadores y crearon la tecnología RISC, que ha hecho posible el despegue de los dispositivos pequeños, móviles y computacionalmente potentes que nos acompañan hoy en todos los ámbitos de la vida cotidiana.

Hennessy and Patterson established computer architecture as a scientific field, and created the RISC technology that enabled the small, mobile and computationally powerful devices we now rely on in every sphere of our daily lives.

John L. Hennessy, en la Universidad de Stanford (Estados Unidos). Además de enseñar, ambos investigaban cómo hacer ordenadores más rápidos y compartían un enfoque propio del problema del todo opuesto al entonces imperante. Esta postura contraria a la corriente dominante de la época les empujó a colaborar.

Los diseñadores de ordenadores de la época asumían que el procesador sería más rápido si debía ejecutar pocas instrucciones, por complejas que fueran. En cambio, Hennessy y Patterson demostraron que la velocidad de ejecución sería mayor si las instrucciones eran más simples, aunque hubiera más. Basándose en este principio ambos construyeron el prototipo RISC, siglas en inglés de ordenadores con conjunto de instrucciones reducido.

«RISC tiene que ver sobre todo con la eficiencia —explica Hennessy—. La idea clave es: lo más simple es lo más eficaz. Piensa en un ensayo literario con palabras muy complejas y oraciones rebuscadas. Es muy difícil leerlo rápido. En cambio, un ensayo con términos sencillos se lee rápidamente. Esto es lo que consigue RISC: utiliza palabras muy simples que se ejecutan rápido».

Los buenos resultados de RISC, sin embargo, no bastaron inicialmente para convencer a la comunidad. «Era una tecnología demasiado disruptiva, contraintuitiva: si haces las cosas más sencillas, el ordenador irá más rápido», recuerda Hennessy. Patterson coincide: «Al principio, RISC era increíblemente controvertido. John y yo nos encontrábamos solos en un lado del debate. Pero años después esto se invirtió. Identificamos las fórmulas que explicaban por qué RISC era más eficiente, y esto llevó a la creación de start-ups».

En efecto, ambos galardonados impulsaron la innovación implicándose en el desarrollo empresarial de sus ideas. Hennessy creó su propia compañía, MIPS Technologies, y Patterson inició una colaboración con Sun Microsystems. La tecnología despegó. El éxito de los productos que empezaron a llegar al mercado convenció finalmente a la comunidad de las ventajas de RISC.

Con todo, RISC puede ser considerado el caso particular de una revolución conceptual de mayor alcance. Hennessy y Patterson también compartían su pasión

were looking at ways to make faster computers and shared an approach that ran counter to the prevailing wisdom. It was precisely finding themselves in this minority of two that led them to collaborate.

The standard design approach of the time said that a processor would run faster if it had fewer instructions to deal with, however complex they might be. But what Hennessy and Patterson showed was that computing could be made more efficient with larger but simpler instruction sets that could be completed in less time. It was on this principle that they built the RISC prototype, its initials standing for reduced instruction set computer.

“RISC is all about efficiency,” explains Hennessy. “The key insight is that simpler is more efficient. So think of an essay that you are reading. Suppose the essay uses really complex words and difficult sentence structures, so it’s hard to read fast. Now instead imagine an essay that’s written with really simple words that you can read really quickly. That is what RISC does. It uses instructions that are very simple and can be executed very fast.”

But RISC’s good results were not enough at first to convince the design community. “The technology was too disruptive and counter-intuitive, saying that if you do things more simply, the computer will run faster,” Hennessy reflects. “In the beginning RISC was incredibly controversial,” Patterson concurs, “with John and I alone on one side of the debate and everybody else on the other. But after a few years it got switched around. We identified the formulas that explained why RISC worked better and then it led to start-ups.”

In effect, both men drove innovation by getting involved in the business development of their ideas. Hennessy founded his own company, MIPS Technologies, and Patterson began working with Sun Microsystems. The technology took off, with some very successful products being brought to market, and that finally convinced the community of the benefits of RISC.

Yet RISC can be seen as just one instance of a gathering conceptual revolution. Hennessy and Patterson also shared a passion for teaching, and their dissatisfaction

por enseñar y su desencanto con los materiales didácticos disponibles. «Nos frustraba sentir que ningún libro nos ayudaba a transmitir lo que sabíamos», recuerda Patterson. Hennessy añade: «La arquitectura de ordenadores se enseñaba de forma descriptiva. Era como si estuvieras visitando un museo como el Prado, admirando obras distintas y tratando de compararlas. No nos gustaba nada; queríamos algo basado en mediciones relevantes, como el rendimiento y el coste».

Decidieron entonces escribir su propio libro de texto «para que el campo adquiriese un enfoque científico y de ingeniería», prosigue Hennessy. Su obra conjunta *Computer architecture: A quantitative approach* está disponible en una docena de idiomas; cada una de sus seis ediciones incorpora novedades, y se sigue considerando la *biblia* para aprender arquitectura de ordenadores. «Una de las mayores alegrías de mi vida es comprobar que hay estudiantes de todo el mundo que aprecian nuestro trabajo», ha dicho Hennessy.

Para Patterson, un hilo conductor en la trayectoria de ambos es el esfuerzo por aplicar un método sistemático y reproducible a su investigación. Así contribuyeron a la formalización del área de arquitectura de ordenadores, así crearon RISC y así escribieron su libro: «Diseñamos procesadores igual que escribimos libros: haciendo experimentos y ensayando».

La tecnología RISC, y sus principios de máxima eficiencia, están hoy presentes en el 99 por ciento de los procesadores en todo tipo de sistemas, y hacen posible desde la ligereza de los portátiles a la larga duración de la batería de los teléfonos inteligentes. Su libro de texto ha definido los pilares de la arquitectura de ordenadores, y su papel en la transmisión de la disciplina es esencial.

with the materials available. "We were frustrated that there were no books out there to help us teach our students what we knew" recalls Patterson. Hennessy takes up his point: "Computer architecture was being taught in a very descriptive fashion, almost as if you were walking through a museum like El Prado looking at different paintings and trying to compare them. We weren't happy with that approach. We wanted something that was based on important measures like performance and cost."

They decided to write their own textbook, "so the field would acquire an engineering and scientific approach," Hennessy continues. Their joint work *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, now available in a dozen languages, contains updates in each of its six editions and is considered the bible in its subject area. "One of the great joys of my life," he adds, "is finding that there are students all over the world who appreciate our work."

For Patterson, what their story shares is the determination to bring a systematic and reproducible method to their research. It was this that enabled them to formalize the domain of computer architecture, this that led them to RISC, and this that informed the writing of their book: "We design processors the same way we design books, through experiment and trial."

RISC technology and its efficiency maximizing principles are currently found in 99 percent of all processors, and are behind both the lightweight laptops we know today and the long-lasting batteries of our smartphones. Their textbook, meantime, has laid the pillars of computer architecture and continues to disseminate its key ideas.



Más información:



John L. Hennessy



David A. Patterson



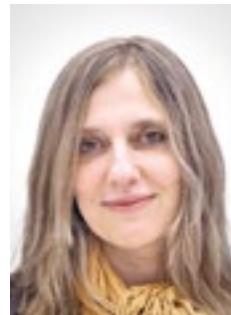
More information:



John L. Hennessy



David A. Patterson

**Joos Vandewalle****Ron Ho****Regina Barzilay****Georg Gottlob****Oussama Khatib****Rudolf Kruse**

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).

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.

Es catedrática Delta Electronics del Departamento de Ingeniería Electrónica y Ciencias de la Computación, y miembro del Laboratorio de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos). Sus áreas de investigación comprenden el procesamiento del lenguaje natural y las aplicaciones del aprendizaje profundo en química y en oncología. Es Beca MacArthur y fellow de la Asociación de Lingüística Computacional y de la Asociación para el Avance de la Inteligencia Artificial. Ha recibido el NSF Career Award, de la Fundación Nacional de la Ciencia estadounidense, entre otras distinciones.

Es catedrático de Informática en la Universidad de Oxford (Reino Unido) y en la Universidad Tecnológica de Viena (Austria). Investiga en áreas como bases de datos, representación del conocimiento, inteligencia artificial, lógica computacional, algoritmos y cuestiones de complejidad o procesamiento de datos web. Autor de más de 250 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.

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

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.

Delta Electronics Professor in the Department of Electrical Engineering and Computer Science and a member of the Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory at Massachusetts Institute of Technology (United States). Her research interests lie in natural language processing, and applications of deep learning to chemistry and oncology. The recipient of a MacArthur Fellowship, and a Fellow of the Association for Computational Linguistics and the Association for the Advancement of Artificial Intelligence, she also holds the NSF Career Award of the U.S. National Science Foundation.

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

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



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 decimotercera edición, a **John L. Hennessy** y **David A. Patterson** por fundar como nueva área científica la arquitectura de ordenadores, disciplina que diseña el cerebro de todo sistema informático, su procesador central.

Antes de su trabajo, el diseño de los ordenadores —en particular la medición de su rendimiento— era más un arte que una ciencia, y los profesionales carecían de un conjunto de principios aplicables a la conceptualización y evaluación del diseño informático. Patterson y Hennessy construyeron, por primera vez, un marco conceptual que aportó al campo un enfoque sólido para medir el rendimiento, la eficiencia energética y la complejidad de un ordenador. Este trabajo llevó al desarrollo de la arquitectura RISC, u ordenadores con un conjunto de instrucciones reducido, una tecnología que hoy está en el corazón de prácticamente todos los servidores de centros de datos, ordenadores de mesa, portátiles, teléfonos inteligentes y ordenadores embebidos del mundo, y que ha permitido un abordaje sistemático para lograr diseños energéticamente eficientes.

Su libro de texto rompedor, *Computer architecture: A quantitative approach*, es de facto la referencia para los cursos de arquitectura de computadores en todo el mundo desde su publicación hace treinta años, y ha formado a generaciones de estudiantes de informática. Muy pocos libros de texto han tenido una influencia tan grande sobre la práctica industrial, y hoy, ya en su quinta edición, sigue siendo la *biblia* para los diseñadores de ordenadores.

Además de su trabajo conjunto, Patterson creó un campo de estudio en torno a la fiabilidad de los ordenadores, y desarrolló sistemas altamente estables mediante la agregación de componentes de bajo costo y redundantes. La investigación de Hennessy se trasladó, por su parte, a los sistemas distribuidos de multiprocesadores de memoria compartida, específicamente, a cómo mantener la coherencia dentro de los ordenadores de gran escala.

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 thirteenth edition, to **John L. Hennessy** and **David A. Patterson** for establishing computer architecture, the design of the central processor or “brain” of any computer system, as a new scientific field.

Before their work, the design of computers – and in particular the measurement of computer performance – was more of an art than a science, and practitioners lacked a set of repeatable principles to conceptualize and evaluate computer designs. Patterson and Hennessy provided, for the first time, a conceptual framework that gave the field a grounded approach towards measuring a computer’s performance, energy efficiency and complexity. This work led to their development of RISC, or reduced instruction set computers, a technology that today sits at the heart of virtually every data center server, desktop, laptop, smartphone, and embedded computer in the world, and that has enabled a systematic approach to energy efficient designs.

Their groundbreaking textbook, *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, the de facto standard for computer architecture courses worldwide since its publication thirty years ago, has educated generations of computer science students. Few other textbooks have had as much influence on industrial practice, and now in its fifth edition, it remains the “bible” for computer designers.

Beyond their joint work, Patterson created a field of study around computer reliability, and in particular forming highly stable systems through the aggregation of inexpensive and redundant parts, while Hennessy’s research moved into distributed shared memory multiprocessor systems, and specifically how to maintain a sense of coherence within large-scale computers.

«Nuestro trabajo ayuda a identificar las especies más vulnerables y a entender lo que perdemos cuando desaparecen».

“Our work helps to identify the most vulnerable species, and to know just what is lost when they disappear.”

Sandra Díaz

«Se ha equiparado la pérdida de biodiversidad a la pérdida de la biblioteca de la vida, una biblioteca cuyos fondos, en gran medida, aún desconocemos».

“Biodiversity has been likened to a library of life, and its losses to the disappearance of precious volumes before we have had the chance to fully read them.”

Sandra Lavorel

«Los ecosistemas son máquinas cuyos engranajes son las especies; si comprendemos cómo funcionan, podremos predecir mejor las consecuencias de la acción humana sobre el medio».

“Ecosystems are a machine whose cogs are species. Understanding how they work enables us to more accurately forecast the impact of human stressors on the environment.”

Mark Westoby





Sandra Díaz

Sandra Lavorel

Mark Westoby

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

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Ecology and Conservation Biology

45

La ecología basada en los rasgos de las plantas

Los ecólogos Sandra Díaz, Sandra Lavorel y Mark Westoby observan la naturaleza desde Argentina, Francia y Australia, respectivamente. Pero la distancia entre sus puntos de vista no les ha impedido llegar a la misma conclusión: la riqueza de un ecosistema depende no solo del número de especies que lo integren, sino de la variedad de rasgos físicos de sus plantas. Díaz, Lavorel y Westoby han demostrado que características como el tipo de hoja, el tamaño de las semillas o la altura de las plantas determinan el funcionamiento de todo el ecosistema.

Los tres galardonados, de manera independiente y en colaboración, han identificado patrones en la relación entre los rasgos de cada especie y su papel en el ecosistema, y han comprobado que estas pautas se mantienen a escala global. Lo han logrado poniendo en marcha una gran base de datos de rasgos funcionales que hoy alimentan investigadores de todo el mundo, y que se ha convertido en una valiosa herramienta para la conservación. Entender mejor los mecanismos que rigen el funcionamiento de los ecosistemas ayuda a modelizar el impacto de amenazas como el cambio climático, y a aprender a hacerles frente.

El jurado considera, por todo ello, que los tres galardonados han logrado «aportaciones extraordinarias a la descripción y preservación de la complejidad de la vida en la Tierra».

Un concepto clave en el trabajo de Díaz, Lavorel y Westoby es el de *ecología basada en rasgos*. Las plantas vasculares son un actor principal en los ecosistemas terrestres, como especies capaces de introducir energía en el sistema, convirtiendo la luz solar en materia orgánica. Pero no todas las plantas realizan la fotosíntesis con la misma eficiencia, se reproducen igual

The trait-based ecology of plants

Ecologists Sandra Díaz, Sandra Lavorel and Mark Westoby observe nature from Argentina, France and Australia respectively. But their distant vantage points have not stopped them from arriving at the same conclusion: the richness of an ecosystem is not just about how many species it harbors, but also the variety of physical traits exhibited by its plants. Díaz, Lavorel and Westoby have shown that it is characteristics like leaf type, seed size or plant height that determine overall ecosystem function.

Independently and collaboratively, the three laureates have identified patterns in the relationship between each species' traits and its ecosystem role, and confirmed that these patterns hold true at the global level. As part of this effort, they set in train a vast database of functional traits, used and added to by researchers around the world and now a valued conservation tool. For the more is known about the mechanisms that drive an ecosystem's functioning, the better we can model the impact of threats such as climate change, and learn how to contain them.

The committee concludes for these reasons that the awardees have made “outstanding efforts to describe and sustain the complexity of life on Earth.”

A core concept in Díaz, Lavorel and Westoby's work is what is known as trait ecology. Vascular plants are a lead actor in terrestrial ecosystems, adding energy to the system by means of converting sunlight into organic matter. But not all plants photosynthesize with the same efficiency, or reproduce themselves as quickly, or consume the same amount of water, and these different abilities depend on measurable physical traits. Plant characteristics, as such, are a key factor in ecology.

Una base de datos con millones de rasgos físicos de especies vegetales de todo el planeta ha permitido a Díaz, Lavorel y Westoby demostrar que caracteres como el tipo de hoja, el tamaño de las semillas o la altura de las plantas determinan el funcionamiento de los ecosistemas.

A database documenting millions of physical traits of plant species round the world has enabled Díaz, Lavorel and Westoby to show that characteristics like leaf type, seed size or height determine overall ecosystem function.

de rápido ni consumen la misma cantidad de agua; y estas distintas capacidades dependen de caracteres físicos medibles en cada especie. Los rasgos de las plantas, por tanto, son un factor clave en la ecología.

A principios del siglo XXI este concepto «ya estaba en el aire», dice Sandra Díaz, de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina. Pero aún no se había abordado su estudio de manera sistemática. Los tres galardonados ya habían coincidido en varios congresos internacionales: «Realmente conectamos; disfrutamos discutiendo informalmente sobre la relación entre biodiversidad y función», relata Díaz.

De esas conversaciones surgió la iniciativa de crear una base de datos global de conocimiento compartido, algo «poco habitual entonces en esta área de investigación», recuerda Sandra Lavorel, del Laboratorio de Ecología Alpina en Grenoble (Francia), pero actualmente en Nueva Zelanda, donde realiza una estancia de investigación en el centro Landcare Research, en Lincoln.

El éxito de la iniciativa superó con creces las expectativas: el repositorio —llamado TRY ('intento' en inglés), una referencia a las dificultades que sus promotores contaban con afrontar— contiene hoy día 12 millones de entradas, que reflejan la diversidad de rasgos funcionales de unas 200.000 especies de plantas.

Uno de los hitos de su colaboración fue la publicación en 2016, en *Nature*, de la primera clasificación de la biodiversidad funcional, atendiendo a seis rasgos físicos relacionados, sobre todo, con el tamaño de las plantas y sus componentes, como las semillas, y con la llamada economía de las hojas.

Como explica Mark Westoby, de la Universidad Macquarie en Sidney (Australia), hay hojas que captan luz «de forma muy barata», es decir, que absorben gran cantidad de luz sin necesidad de invertir muchos recursos, pero la hoja no vive durante mucho tiempo; y también hay hojas caras, con un bajo nivel de rendimiento con respecto a su inversión, pero que sobreviven durante más tiempo».

Así, el gran catálogo global de formas y funciones busca entender los mecanismos que determinan el

This concept was already “in the air” during the first years of the 21st century, remarks Sandra Díaz, of the Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) and the Argentine research council CONICET. But its study had yet to get systematically under way. By then, the three had met at various international conferences, where, says Díaz, “we really connected, and had a great time talking together about the relationship between biodiversity and function.”

It was from these conversations that the idea took shape to create a global database of shared knowledge, something “quite rare at the time in this field of research,” recalls Sandra Lavorel of the Laboratoire d’Écologie Alpine in Grenoble (France), currently on a research stay at the Landcare Research Center in Lincoln, New Zealand.

The success of the initiative exceeded all expectations. At the time of writing, the TRY database – its name a nod to the hard task that its promoters knew would lie ahead – contains 12 million entries, documenting the functional trait diversity of some 200,000 plant species.

A milestone in their collaboration was a 2016 paper published in *Nature*, which marked the first attempt to classify functional biodiversity by reference to six physical traits, related mainly to the size of plants and their components, like seeds, and the workings of the “leaf economy.”

Mark Westoby, of Macquarie University in Sydney (Australia) elaborates on this last concept, explaining that some leaves capture light “very cheaply,” that is, capturing a lot of light for the level of resources they invest, but at the cost of being relatively short-lived. Then you have relatively expensive leaves with a low rate of investment returns, but that survive for longer.”

Behind this great catalogue of forms and functions is the ambition to understand the mechanisms that drive the functioning of each ecosystem. For ecosystems, says Westoby, are “a machine where the cogs are species. Understanding how they work enables us to more accurately forecast the consequences of any kind of change in the environment, including those due to stressors of human origin.”

funcionamiento de cada ecosistema: «Los ecosistemas son máquinas cuyos engranajes son las especies; si comprendemos cómo funcionan, podremos predecir mejor las consecuencias de cualquier cambio en el medio ambiente, incluyendo la presión de la actividad humana», indica Westoby.

El tipo de conocimiento que aporta el enfoque funcional, y una base de datos como TRY, se aplica ya en el diseño de modelos para mejorar la adaptación de los ecosistemas al cambio climático. Se ha demostrado, por ejemplo, que las plantas de crecimiento más lento son más resistentes a la sequía, explica Lavorel, un fenómeno que en la región mediterránea aumentará con el calentamiento global. Pero, a su vez, los cultivos de crecimiento más lento fijan menos carbono, así que ambas variables deben ser tenidas en cuenta en los planes de adaptación.

También se investiga la relación entre los rasgos funcionales de las plantas y la producción de alimentos. Un punto de conexión es la polinización: «Una gran cantidad de los cultivos del planeta dependen de la polinización de insectos —refiere Lavorel—, y las características de las plantas determinan qué insectos les podrán polinizar, lo que influye sobre la producción de estos cultivos».

En definitiva, entender la función de cada planta y poder modelizar, por tanto, cómo cambiará el ecosistema como consecuencia de los cambios ambientales es un tipo de conocimiento clave para la conservación.

«Las especies no están desapareciendo de manera aleatoria —señala Díaz—; algunas se ven más afectadas que otras, porque sus rasgos funcionales las hacen más vulnerables. Nuestro trabajo ayuda a identificar cuáles son y lo que perdemos cuando estas especies desaparecen, en términos de propiedades del ecosistema y beneficios para las personas. Nuestro trabajo — concluye Díaz— resalta cuán inextricables son nuestras conexiones con el resto de los seres vivos».

The kind of knowledge provided by the functional approach, and a database like TRY, is already being applied in the design of models to improve ecosystem adaptation to climate change. Lavorel explains that it has been shown, for instance, that slower growing plants are more resistant to drought, a phenomenon set to increase along with global warming in regions like the Mediterranean. But at the same time, slower growing crops fix less carbon, so it is important to factor both variables into future adaptation plans.

Another research strand is the relationship between plants' functional traits and the production of foods. And one of the connecting threads is pollination: "A large proportion of the world's crops are pollinated by insects," says Lavorel, "and the traits of the flowers of these plants determine which insects will be able to pollinate them, which will ultimately influence their levels of production."

In short, by understanding each plant's function we can model how the ecosystem will change in response to environmental changes, providing a vital input to conservation planning.

"Species are not disappearing randomly," says Díaz. "Some are more affected than others, because they have functional traits that make them differentially vulnerable. Our work helps generalize which are those vulnerable organisms, and what we lose in terms of ecosystem properties and benefits to people when those species disappear. What we do highlights how inextricable are our connections with the rest of living nature."



Más información: [Sandra Díaz](#)

[Sandra Lavorel](#)

[Mark Westoby](#)



More information: [Sandra Díaz](#)

[Sandra Lavorel](#)

[Mark Westoby](#)


Emily S. Bernhardt

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

Pedro Jordano

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

Paul M. Brakefield

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

Anna-Liisa Laine

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

Joanna E. Lambert

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

Rik Leemans

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

Committee chair

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

Committee secretary

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

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

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

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

Professor and Director of the Environmental Systems Analysis Group at Wageningen University (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 decimotercera edición, a **Sandra Díaz**, **Sandra Lavorel** y **Mark Westoby** por ampliar el concepto de biodiversidad, a través de su trabajo pionero para descubrir, describir y coordinar la medición de las características funcionales de las plantas.

Díaz, Lavorel y Westoby han realizado aportaciones relevantes para responder a dos preguntas fundamentales en torno a la ecología: qué es lo que permite a una variedad tan extraordinaria de formas de vida y estrategias de vida coexistir en este planeta; y cómo de importante es esta biodiversidad para el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas de los que depende la humanidad. Los tres galardonados han incorporado la diversidad funcional al concepto de biodiversidad, y han sido pioneros en el trabajo empírico para hallar los mecanismos que conectan biodiversidad y función de los ecosistemas.

Al cambiar el enfoque de lo que distingue a cada especie de planta a un énfasis en las características compartidas entre ellas, la ecología de rasgos ha permitido a los ecólogos realizar mediciones estandarizadas y comunes de las funciones de las plantas en todos los ecosistemas de la Tierra. Al reconocer que es a través de estos rasgos individuales como las plantas contribuyen a las funciones agregadas de la fijación de carbono, la obtención de nutrientes y la acumulación de biomasa viva, los ecólogos comunitarios han podido desarrollar modelos predictivos útiles de cómo las especies contribuyen a las propiedades funcionales de los ecosistemas.

Cada uno de los galardonados ha impulsado y sostenido los esfuerzos encaminados a la recogida y clasificación de datos sobre los rasgos de las plantas de todo el planeta. Las bases de datos, cada vez más amplias y coordinadas que se han desarrollado como resultado de su trabajo, están cambiando de manera fundamental nuestra capacidad de predecir las consecuencias del cambio climático en nuestros ecosistemas, y la ecología de rasgos está mejorando el diseño y la eficacia de los esfuerzos de conservación de la biodiversidad.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology goes, in this thirteenth edition, to **Sandra Díaz**, **Sandra Lavorel** and **Mark Westoby** for expanding the concept of biodiversity through their pioneering work to discover, describe and coordinate the measurement of plant functional traits.

Díaz, Lavorel and Westoby have made key contributions towards answering two fundamental questions at the heart of ecology: what allows such an extraordinary variety of life forms and life history strategies to coexist on this planet? and how important is this biodiversity to the sustenance of the ecosystem services on which humanity depends? The three have expanded the concept of biodiversity to include functional diversity, and conducted the empirical work necessary to mechanistically connect biodiversity and ecosystem function.

By shifting our focus on what is unique about every plant species to an emphasis on the traits shared by all plants, trait ecology has allowed ecologists to make common and standardized measurements of plant function in every ecosystem on Earth. Recognizing that it is through these individual traits that plants contribute to the aggregate functions of carbon fixation, nutrient acquisition, and the accumulation of living biomass allows community ecologists to build useful predictive models of how species contribute to the functional properties of ecosystems.

The awardees have each been responsible for catalyzing and sustaining efforts to assemble a collection of plant trait data from around the globe. The increasingly massive and coordinated trait databases that have been developed as a result are fundamentally changing our ability to predict the ecosystem consequences of climate change, while trait-based ecology is improving the design and efficacy of biodiversity conservation efforts.

«Necesitamos que las ciudades se preparen, que planifiquen cómo adaptarse para resistir mejor la amenaza del cambio climático».

“We need to make cities plan and prepare for climate change, so they become more resilient.”

Neil Adger

«No es posible evitar algunos impactos del cambio climático; necesitamos medidas tanto de adaptación como de mitigación».

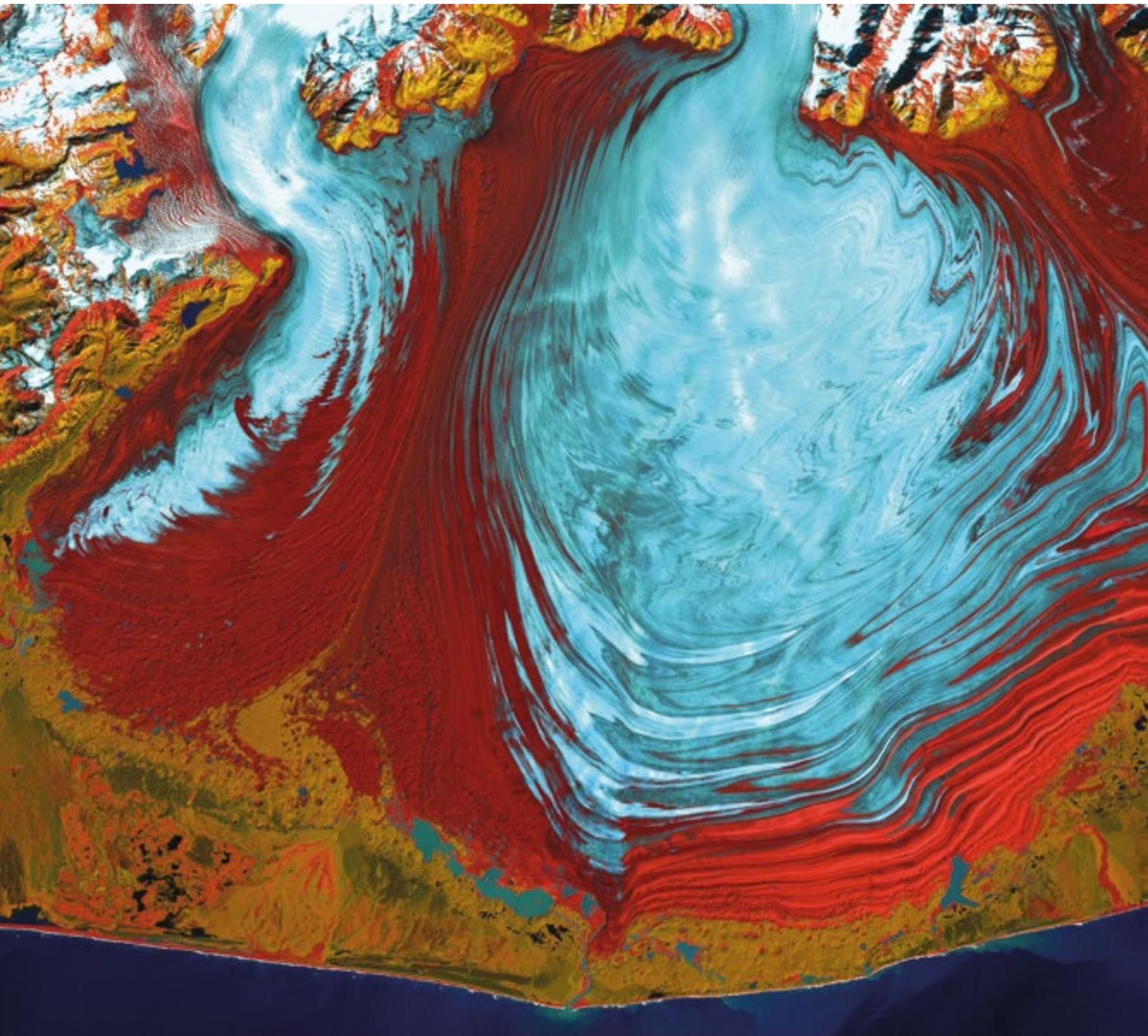
“Some climate change impacts cannot be avoided; we need both adaptation and mitigation measures.”

Ian Burton

«El cambio climático es un problema que trasciende al medio ambiente; es un desafío social y cultural».

“Climate change is an issue that goes beyond the environment; it is also a social and cultural challenge.”

Karen O’Brien





Neil Adger Ian Burton Karen O'Brien

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

La necesidad de adaptarse a impactos inevitables

Cuando los cambios llegan más rápido que las medidas para frenarlos, la adaptación es obligatoria —sin renunciar a atacar el origen del problema, por supuesto—. Neil Adger, Ian Burton y Karen O'Brien han sido pioneros en introducir este mensaje en el combate global contra la crisis climática. Su investigación ha demostrado que los más vulnerables son, precisamente, quienes más obstáculos tienen a la hora de adaptarse, y que estas dificultades dependen en gran medida de factores socioculturales y económicos.

En palabras del jurado, Adger, Burton y O'Brien ganan el premio Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático por liderar el estudio de «cómo las condiciones sociales y la culturales influyen sobre nuestra vulnerabilidad al cambio climático y nuestra capacidad de adaptación».

«Los premiados documentan la dimensión humana del cambio climático en toda su magnitud: la salud, la desigualdad, la vulnerabilidad de naciones enteras, los cambios demográficos, las migraciones... son grandes temas cuya conexión con el cambio climático a menudo tendemos a ignorar», afirma Miquel Canals, director del Departamento de Dinámica de la Tierra y del Océano de la Universidad de Barcelona, y miembro del jurado.

Cuando el geógrafo Ian Burton empezó a trabajar en cambio climático, el énfasis de la investigación se ponía en exclusiva en las medidas de mitigación, es decir, en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Hablar de adaptación se consideraba contraproducente, recuerda Burton: «Argumentaban que con la mitigación no sería necesaria la adaptación; pero yo defendía, basándome en las evidencias obtenidas en mi investigación, que no era posible mitigar lo bastante rápido como para evitar algunos impactos;

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Climate Change

The need to adapt to unavoidable impacts

When changes come faster than the measures to deal with them, there is no choice but to adapt – without, of course, neglecting to attack the problem at its root. Neil Adger, Ian Burton and Karen O'Brien were the first to bring this message to the global fight against the climate crisis. Their research has shown that it is precisely the most vulnerable people that face the hardest battle to adapt, and that these difficulties are largely a reflection of sociocultural and economic factors.

In the words of the committee, Adger, Burton and O'Brien receive the Frontiers of Knowledge Award in Climate Change for leading the study of "how social conditions and culture shape our vulnerability to climate change and our ability to adapt."

For Miquel Canals, Director of the Department of Earth and Ocean Dynamics at the University of Barcelona and a member of the committee: "The awardees document the human dimension of climate change in all its magnitude, ranging across health, wellbeing, inequality, the vulnerability of entire nations, demographic change, migrations... all of them major issues whose connection to climate change we habitually ignore."

When geographer Ian Burton began working on climate change, the research focus was wholly confined to mitigation measures, i.e., the reduction of greenhouse gas emissions. To talk of adaptation was seen as counterproductive, he recalls today: "The argument was that if you could mitigate there would be no need to adapt. But what I advocated, and was finding evidence for in my research, was that you need both adaptation and mitigation, because you wouldn't be able to mitigate fast enough to avoid all need for adapting."

Adger, Burton y O'Brien subrayan la necesidad de investigar sobre cómo adaptarnos a impactos ya inevitables del cambio climático. Han demostrado que la gravedad de los daños no depende solo del clima, sino de factores sociales, culturales y económicos.

Adger, Burton and O'Brien stress the importance of studying how we can adapt to already unavoidable climate change impacts. They have shown that the degree of damage is not just about climate, but also about social, cultural and economic factors.

necesitábamos tanto medidas de adaptación como de mitigación».

Burton, en la actualidad catedrático emérito de la Universidad de Toronto (Canadá), había investigado en desastres naturales y estaba muy familiarizado con el concepto de adaptación a impactos inevitables. Con ese bagaje impulsó, ya desde las primeras reuniones internacionales sobre el clima, la investigación enfocada a definir las mejores estrategias de adaptación en infraestructuras, urbanismo, agricultura y arquitectura, entre otros ámbitos. Y, en efecto, a mediados de los noventa el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) dedicó su Grupo de Trabajo II a impactos, adaptación y vulnerabilidad.

Burton, Adger y O'Brien han ejercido un constante papel de liderazgo en el trabajo de este grupo. Su investigación ha sido instrumental a la hora de trasladar el conocimiento a la toma de decisiones, incorporando el ángulo de análisis propio de las ciencias sociales.

Neil Adger ha analizado uno de los principales efectos del cambio climático: las migraciones. Catedrático de Geografía Humana en la Universidad de Exeter (Reino Unido), es autor de investigaciones basadas en un sólido trabajo de campo, como entrevistas a población local en países como Vietnam y Bangladesh. Sus conclusiones muestran que el grado de vulnerabilidad de una población al cambio climático depende muy directamente de medidas sociales y políticas, no únicamente del clima en sí.

Por ello defiende que un foco principal de las estrategias de adaptación debe ponerse en las ciudades: «El flujo migratorio que predomina en todo el mundo es el movimiento de las zonas rurales a las ciudades. El cambio climático acelera este proceso, porque sus impactos restan atractivo a las zonas rurales. Las ciudades son un punto clave en la adaptación al cambio climático; necesitamos que se preparen, que planifiquen cómo adaptarse para resistir mejor esta amenaza».

Karen O'Brien, catedrática de Geografía Humana de la Universidad de Oslo (Noruega), investiga el impacto en poblaciones vulnerables sometidas a una doble exposición: al cambio climático y a la globalización. Su

Burton, now an emeritus professor at the University of Toronto (Canada), had studied natural disasters so was well acquainted with the notion of adaptation to unavoidable impacts. From this knowledge base, right from the first international climate meetings, he pushed for a research effort to define the best adaptation strategies in infrastructures, town planning, agriculture and architecture, among other domains. So successfully that in the mid-1990s the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) devoted its Working Group II to "Impacts, Adaptation and Vulnerability."

Burton, Adger and O'Brien have long taken a leadership role in the work of this group, and their research has been instrumental in transferring knowledge to decision-making, using analytical perspectives drawn from the social sciences.

Neil Adger has centered his research on human migration, one of the key social impacts of climate change. Much of the work of this Professor of Human Geography at the University of Exeter (United Kingdom) has involved data gathering on the ground, with surveys of local communities in countries like Vietnam and Bangladesh. His conclusions state that a population's vulnerability to climate change depends not only on climate as such, but also, very directly, on social and political measures.

Hence his conviction that adaptation strategies should focus on cities: "The most dominant flow of migrants is from rural areas to cities. And it is these flows that are being amplified by climate change, because it's making rural areas less attractive. Cities are the crucibles for climate change adaptation; we need to make them plan and prepare for this threat, so that they become more resilient."

Karen O'Brien, Professor of Human Geography at the University of Oslo (Norway), investigates impacts on vulnerable populations suffering a double exposure to climate change and globalization. Her work has brought to light how "the processes of globalization and climate change become superimposed to create uneven outcomes. The two not only overlap but also feed back on each other."

trabajo pone de relieve que «los procesos de globalización y del cambio climático se superponen y crean desigualdad —explica O'Brien—. Ambos procesos no solo se solapan, sino que se retroalimentan».

Su obra *Double exposure: Global environmental change in an era of globalization*, publicada en 2008, expone las conexiones entre globalización y cambio climático. Más recientemente, en *Responding to climate change: The three spheres of transformation* (2018) y en *Climate and society: Transforming the future* (2019), explica su modelo de transformación a la que debe someterse la sociedad para hacer frente al reto del cambio climático.

El modelo se basa en tres entornos de adaptación: «Es un problema que trasciende al medio ambiente; es un desafío social y cultural. La adaptación ante los efectos del cambio climático requiere una transformación profunda en tres esferas: la práctica, la política y la personal. Las tres interactúan entre sí. La práctica —explica O'Brien— atañe a la tecnología y el comportamiento; la política, a las estrategias y medidas concretas; y la personal, a los valores. Esta transformación debe promoverse, por tanto, desde los ámbitos tanto colectivo como individual».

O'Brien defiende que uno de los motores más potentes para esta transformación proviene de la educación, al igual que de los medios de comunicación, como difusores del conocimiento sobre cambio climático basado en la evidencia.

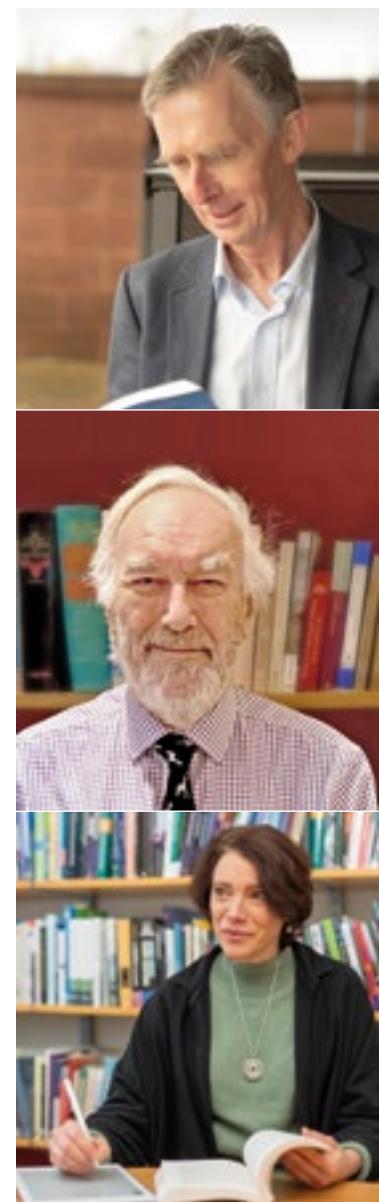
Los tres galardonados coinciden en que la investigación, y las acciones dirigidas tanto a la adaptación como a la mitigación, revisten la mayor gravedad y exigen respuestas urgentes basadas en el mejor conocimiento. Como señala Burton, «no debemos subestimar la importancia y la urgencia del cambio climático [...]. No estamos haciendo lo bastante ni en mitigación ni en una adaptación que sea sostenible, es decir, que no revierta en un mayor impacto».

Her book *Double Exposure: Global Environmental Change in an Era of Globalization*, published in 2008, lays bare the connections between globalization and climate change. More recently, in *Responding to Climate Change: The Three Spheres of Transformation* (2018) and *Climate and Society: Transforming the Future* (2019), she explores the kind of transformation that society must undergo in order to deal with climate change.

At the heart of her model are the three spheres of transformative change: "Climate change is an issue that goes beyond the environment; it is also a social and cultural challenge. Adaptation to the effects of climate change requires a profound transformation in three spheres – practical, political and personal – that also act upon each other." The practical sphere refers to technical and behavioral changes, O'Brien elaborates, while the political sphere refers to specific strategies and measures, and the personal to our values and worldviews. Transformation, as such, must be pursued by both individual and collective means.

For O'Brien, some of the most powerful levers for this transformation come from education, and from the media acting as disseminators of evidence-based knowledge on climate change.

The three laureates agree on the urgency of research and actions aimed at both adaptation and mitigation. As Burton remarks, "we should never underestimate the importance and urgency of climate change." In his view, "we are not doing enough in either mitigation or sustainable adaptation of a kind that doesn't cause an even graver impact."



Más información: [Neil Adger](#)



Ian Burton



Karen O'Brien



More information: [Neil Adger](#)



[Ian Burton](#)



[Karen O'Brien](#)

**Bjorn Stevens**

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

Carlos M. Duarte

Secretario del jurado
Es *Distinguished Professor* y director 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. Ha recibido, entre otras distinciones, el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2019 en Ecología y Biología de la Conservación.

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

Martin Heimann

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

Edward S. Rubin

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

Committee chair

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

Committee secretary

Distinguished Professor and Tarek Ahmed Juffali Research Chair in Red Sea Ecology at the King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia), he is also 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 mega fauna. Among his various distinctions, he received the 2019 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology.

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

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

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 William J. Beal Outstanding Faculty Award de la Universidad Estatal de Michigan.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático ha sido concedido, en su decimotercera edición, a **Neil Adger, Ian Burton y Karen O'Brien** por sus estudios pioneros sobre cómo las condiciones sociales y la cultura determinan nuestra vulnerabilidad al cambio climático y nuestra capacidad de adaptación.

El trabajo de los galardonados identifica quién es más vulnerable al cambio climático y por qué, cómo los individuos y las comunidades responden al cambio climático y cómo el cambio climático afecta al bienestar humano, a las migraciones y a la seguridad. Además, sus investigaciones enfatizan la importancia de las interacciones entre el cambio medioambiental y la globalización, y la necesidad de incorporar las dimensiones culturales del cambio climático para que los esfuerzos de adaptación tengan éxito.

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 past president of the American Association of Geographers, her distinctions include the Michigan State University William J. Beal Outstanding Faculty Award.

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 thirteenth edition, to **Neil Adger, Ian Burton and Karen O'Brien** for their pioneering studies of how social conditions and culture shape our vulnerability to climate change and our ability to adapt.

Their work identifies who is most vulnerable to climate change and why; how individuals and communities respond to climate change; and how climate change affects human wellbeing, migration and security. They further emphasize the importance of interactions between environmental change and globalization, and the need to incorporate the cultural dimensions of climate change for adaptation efforts to be successful.

«Estaba convencido de que una gran inestabilidad en el sistema financiero podría tener importantes implicaciones en la economía en su conjunto».

“I was convinced that major instability in the financial system would have major implications for the economy as a whole.”

Ben S. Bernanke

«[La crisis económica poscovid-19] parece dejar claro que hay límites sobre cuánto más puede la política monetaria estimular la economía».

“[The post COVID-19 economic crisis] seems to be saying that there are limits to what monetary policy can do to further stimulate the economy.”

Mark Gertler

«Lo que hicimos fue explicar por qué [las compras de activos por parte de los bancos centrales] podrían generar un ingreso, además de mitigar la crisis».

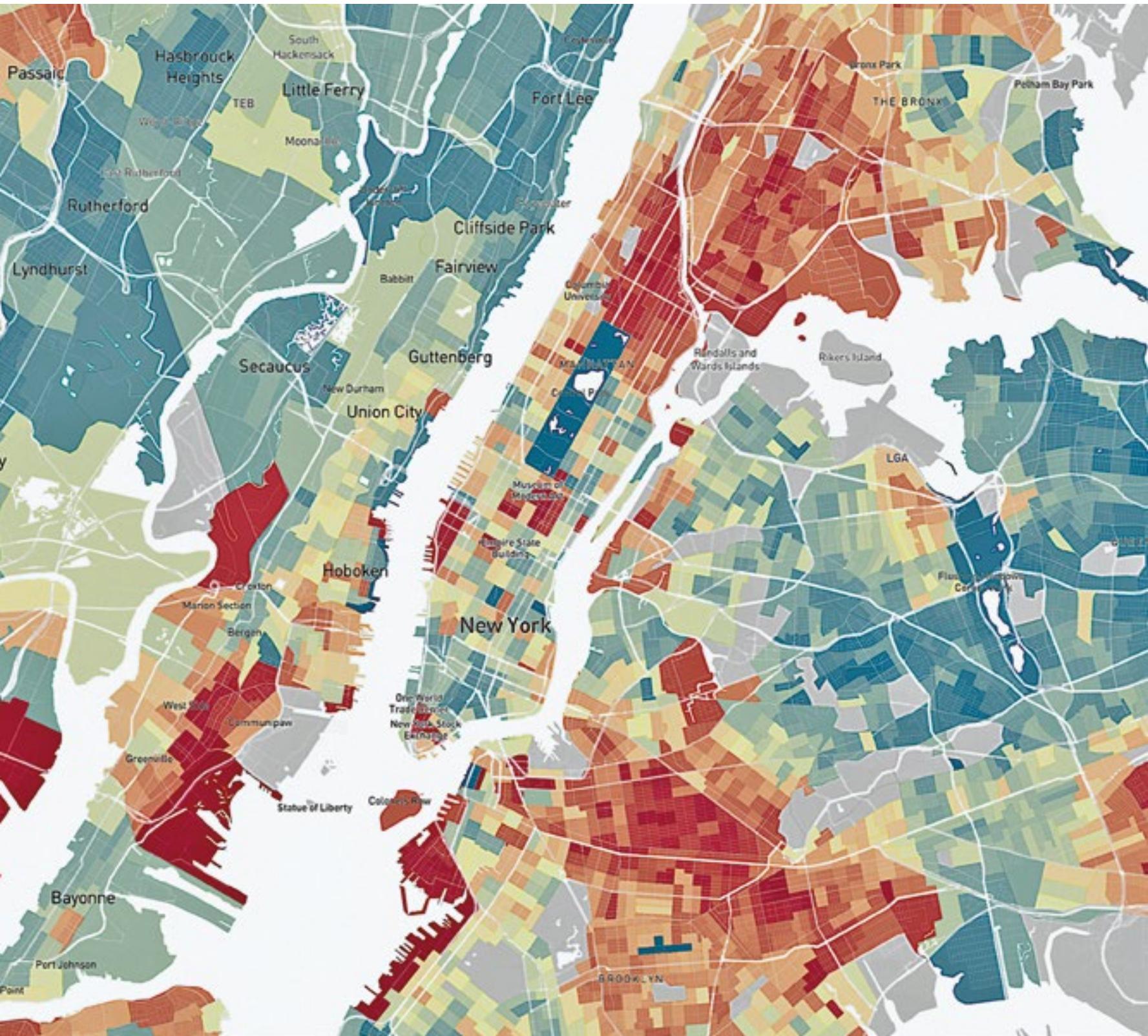
“What we did was explain how [quantitative easing] could actually make them money as well as mitigating the crisis.”

Nobuhiro Kiyotaki

«[La crisis económica poscovid-19] será como un banco de pruebas para el pensamiento y los modelos macroeconómicos durante muchos años».

“[The post COVID-19 economic crisis] will be a sort of test bed for macroeconomic modeling and thinking for years to come.”

John Moore





Ben S. Bernanke

Mark Gertler

Nobuhiro Kiyotaki

John Moore

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

La relación directa entre mercados financieros y la economía real

En otoño de 2008, Estados Unidos dejó caer a Lehmann Brothers. La bancarrota de uno de los bancos de inversión más grandes del mundo fue consecuencia de una espiral de desconfianza, huida de los inversores y créditos fallidos, sustentados en titulizaciones de deuda hipotecaria de muy baja calidad, lo que situó a las autoridades monetarias y financieras del país ante un gran reto.

El entonces presidente de la Reserva Federal, Ben Bernanke, apostó por unas políticas heterodoxas: junto a una disminución histórica de los tipos de interés, puso en marcha un programa de compra directa de activos, la inyección de cientos de miles de millones de dólares en bonos y otros instrumentos de deuda pública y privada.

Para tomar esa arriesgada decisión, el profesor Ben S. Bernanke —actualmente catedrático en el programa de Estudios Económicos de The Brookings Institution (Estados Unidos)— se apoyó en unas *herramientas* que él mismo y sus tres co-galardonados (los profesores Mark Gertler, Nobuhiro Kiyotaki y John Moore) habían comenzado a diseñar veinticinco años antes. Un vasto *corpus* investigador que situaba en el centro de su análisis los balances de las empresas, en ese momento, finales de los dos mil, empachados de cédulas hipotecarias *subprime*, es decir, endeble. «Yo estaba convencido —destaca Bernanke— de que una gran inestabilidad en el sistema financiero podría tener importantes implicaciones en la economía en su conjunto». Es decir, la crisis financiera se podría contagiar a la economía real.

A pesar del rechazo inicial, muchos bancos centrales del resto del mundo tuvieron que seguir años después

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Economics, Finance and Management

The direct relationship between financial markets and the real economy

In autumn 2008, the United States allowed the collapse of Lehmann Brothers. The failure of one of the world's biggest investment banks was the result of a spiral of distrust, a flight of investors and a wave of non-performing loans, driven by the securitization of poor-quality mortgages, and demanded a considered response from the country's monetary and financial authorities.

The then Federal Reserve Chairman, Ben Bernanke, chose the path of heterodox policies. In addition to a historic cut in interest rates, he set in train an asset purchase program, spending hundreds of billions of dollars on bonds and other public and private debt instruments.

In taking this high-risk decision, Professor Ben S. Bernanke – currently Distinguished Fellow in Residence with the Economic Studies program at the Brookings Institution (United States) – turned to the tools that he himself had designed, with his three co-laureates (professors Mark Gertler, Nobuhiro Kiyotaki and John Moore) some 25 years before. A vast body of research centering on the analysis of corporate balance sheets, which at that point, in the late 2000s, were awash with subprime mortgage bonds. “I was convinced – says Bernanke – that major instability in the financial system would have major implications for the economy as a whole.” The financial crisis, in other words, could end up infecting the real economy.

Despite their initial rejection, just a few years later, many other central banks would emulate the non-conventional measures of Bernanke’s Fed to shore up their own teetering financial systems. In the words of Professor Nobuhiro Kiyotaki, Professor of Economics

Los trabajos de los premiados muestran una relación directa entre la salud financiera de las empresas y la evolución de la situación macroeconómica, una cuestión muy presente en la crisis económica derivada de la pandemia por covid-19.

The awardees' work draws a direct connection between firms' financial health and overall macroeconomic performance, an issue now being foregrounded by the economic fallout of the COVID-19 pandemic.

las políticas no convencionales de la Fed de Bernanke para impedir el colapso total de sus sistemas. En palabras del profesor Nobuhiro Kiyotaki, catedrático de Economía y Banca en la Universidad de Princeton (Estados Unidos), las investigaciones de los cuatro dieron «soporte académico para explicar por qué esta política (de compras de activos) no haría perder dinero a los gobiernos, sino que podría generar un ingreso, además de mejorar o mitigar la crisis».

«Los efectos macroeconómicos de unos balances débiles habían sido enormemente ignorados antes de los años noventa del siglo xx», tal y como señala el acta del jurado. Y precisamente por mostrar que la situación de las cuentas de las empresas «es crucial» para el desarrollo de la economía, el Premio Fronteras del Conocimiento en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas es, en su decimotercera edición, para los profesores Bernanke, Gertler, Kiyotaki y Moore. Por establecer una relación directa entre la salud financiera de las empresas y la evolución de la situación macroeconómica; entre finanzas y economía real.

En 1989 Bernanke y Gertler, hoy catedrático de Economía en la Universidad de Nueva York, desarrollaron un modelo que demostraba que para una empresa que debe salir a financiarse en el mercado, el estado de su balance es clave: si presenta una situación financiera débil, el mercado la penalizará y deberá pagar mayores intereses. Esto reducirá su capacidad de adquirir préstamos y de inversión, además de su actividad productiva, lo que arrastrará a la baja los flujos de caja y deteriorará el precio de sus activos y el valor del capital, lo cual redundará en un mayor deterioro del balance. «Lo que hicimos —explica Mark Gertler— fue mostrar cómo un endurecimiento de las condiciones crediticias podría conducir a una recesión», a lo que los profesores Gertler y Bernanke denominaron acelerador financiero.

En sus trabajos subsiguientes introdujeron el canal crediticio, el efecto amplificador que las dinámicas de préstamos de los bancos añaden a ese bucle negativo: los bancos, a la hora de valorar una operación, tienen en cuenta el valor de las inversiones a financiar, pero también el ciclo económico y los estados financieros de las empresas que piden los préstamos. Los balances de las empresas, ya deteriorados, dificultan su

and Banking at Princeton University (United States), the four men's work lent "academic support to the idea that the [quantitative easing] policy would not leave governments out of pocket but could actually make them money as well as mitigating the crisis."

"The macroeconomic effects of weak balance sheets were largely ignored by mainstream macroeconomics before the 1990s," remarks the committee in its citation. And it is precisely for showing that the state of balance sheets "is of substantial economic importance," that the Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management goes in this thirteenth edition to professors Bernanke, Gertler, Kiyotaki and Moore. For establishing a direct link between firms' financial health and macroeconomic performance; between the financial and the real economy.

In 1989, Bernanke and Gertler, now Professor of Economics at New York University, developed a model that shows that the health of its balance sheet is crucial for any firm seeking to raise funds on the market. For if its financial position is weak, the market will penalize it by demanding a higher interest rate. This, in turn, will erode its borrowing and investment capacity and thereby limit its productive activity, eating into cash flow and driving down its asset prices and equity value, with the result of further balance-sheet weakening. "What we did – explains Mark Gertler – was show that a tightening of credit conditions could lead to a downturn in real economic activity." A mechanism he and Bernanke came to term the "financial accelerator."

In follow-up studies, they launched the notion of the "credit channel," referring to the amplifying effect that the dynamics of bank lending can exert on this negative loop. This is so because when banks consider a risk operation, they take into account the value of the investments to be financed, but also the business cycle and the financial statements of the prospective borrower. So the state of companies' balance sheets, already eroded by the spread of the crisis to the real economy, makes it harder for them to raise finance through the banking channel, adding a new feedback multiplier effect.

financiación en el canal bancario, agregando ese nuevo efecto multiplicador de retroalimentación.

De manera simultánea, en Europa, Kiyotaki y Moore desarrollaron una investigación en esta misma línea, pero situando en el centro a otro de los elementos de la ecuación: a los activos. En las operaciones de préstamo se suele incorporar algún activo como colateral, es decir, como garantía para el prestamista en caso de impago. Si los activos que las empresas utilizan como colateral se deterioran por la crisis ya extendida a la economía real, se complica aún más su acceso a los mercados financieros. La clave, ilustra el acta, «reside en el papel doble del capital: como activo productivo y como colateral». Así surgió el conocido como modelo Kiyotaki-Moore y el efecto multiplicador del colateral. Un nuevo canal que crea otro bucle que amplifica todavía más la recesión inicial.

Gracias a las investigaciones de los cuatro galardonados, la situación de los balances de las empresas es hoy una de las dimensiones que los economistas suelen tener en cuenta para analizar, por sus implicaciones en la política monetaria, los controles de capital y las reformas regulatorias prudenciales, así como para comprender el papel de la banca en la sombra y sus peligros asociados.

Se trata de una cuestión de total actualidad, pues, tal y como destaca el acta del jurado, «lo que tienen en común la Gran Recesión, la crisis de deuda europea y la recesión covid son unos balances débiles» en las empresas.

A este respecto, Moore, que ejerce como catedrático en la Universidad de Edimburgo (Reino Unido), considera que «esta crisis es incluso más severa que la crisis financiera, y será como un banco de pruebas para el pensamiento y los modelos macroeconómicos durante muchos años».

Meantime, in Europe, Kiyotaki and Moore were pursuing a similar line of research but with a different part of the equation – assets – occupying center stage. A firm seeking finance will usually have to provide assets as collateral, as security for the lender in the event of default. If the collateralized assets decline in value, due to contagion to the real economy, this will further hinder the same firm's access to financial markets. The key, says the citation, "lies in the double role of capital as a productive asset and collateral wealth." Thus was born the Kiyotaki-Moore model, and its description of the multiplying effect of collateral. A new channel creating another loop that further amplifies the initial recession.

Thanks to the awardees' contributions, it has become routine for economists to look at the implications of balance sheets for monetary policy, for capital controls, for understanding the role of the shadow banking sector – and related hazards – and for prudential regulation reforms.

This is a pertinent issue, since, as the committee points out, "what the great financial crisis, the European debt crisis, and the current COVID recession have in common is the weak balance sheets of both financial and non-financial firms."

On this point, Moore, a professor at the University of Edinburgh (United Kingdom), believes that "this crisis is even more severe than the last financial crisis, and will end up being a sort of test bed for macroeconomic modeling and thinking for years to come."



Más información: Ben S. Bernanke

Mark Gertler

Nobuhiro Kiyotaki

John Moore



More information:

Ben S. Bernanke

Mark Gertler

Nobuhiro Kiyotaki

John Moore


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

Committee secretary

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

Antonio Ciccone

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

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

Pinelopi Koujianou Goldberg

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

Elihu Professor of Economics at Yale University (United States). Her areas of expertise are applied microeconomics, international trade, and industrial organization, with a particular interest in policy-relevant questions in trade and development, focusing on the determinants and effects of trade policies, trade and inequality, intellectual property rights protection in developing countries, exchange rate pass-through and international price discrimination. Currently President of the Econometric Society, she has also served as vice-president of the American Economic Association and as editor of the *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 de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2009 en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas. Ha sido secretario general del Consejo de Investigación Europeo (ERC) y consejero de Economía y Conocimiento de la Generalitat de Cataluña.

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

Lucrezia Reichlin

Es catedrática de Economía en la London Business School. Su investigación se centra en series temporales aplicadas, ciclos económicos y política monetaria. 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 co-editor 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 decimotercera edición, a **Ben S. Bernanke, Mark Gertler, Nobuhiro Kiyotaki y John Moore** por sus contribuciones fundamentales para comprender cómo las imperfecciones en los mercados financieros pueden amplificar las fluctuaciones macroeconómicas y generar recesiones macroeconómicas profundas.

El trabajo de estos cuatro economistas impulsó una enorme literatura que se expandió con especial rapidez después de que las grandes crisis financieras de 2008 demostraran con claridad la relevancia de sus ideas. Bernanke, Gertler, Kiyotaki y Moore resaltan dos importantes canales a través de los cuales los mercados financieros imperfectos amplifican fluctuaciones macroeconómicas y generan recesiones económicas. El canal de los balances enfatiza la importancia del estado de los balances corporativos para la actividad económica. El canal del crédito muestra cómo los bancos débiles llevan a una crisis crediticia en la que las compañías frágiles (pequeñas y medianas empresas) que dependen de su relación con los bancos sufren. Gracias a sus contribuciones, hoy es habitual que los economistas analicen las implicaciones de los balances para la política monetaria, los controles de capital, para comprender el papel del sector bancario en la sombra —y sus peligros asociados— y para las reformas de la regulación prudencial.

Los primeros trabajos de Bernanke, Gertler, Kiyotaki y Moore se centraron en los balances de las empresas. Estudios posteriores han ampliado el foco del análisis a los balances de los intermediarios financieros con el fin de demostrar cómo las disrupciones en la intermediación financiera pueden

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management goes, in this thirteenth edition, to **Ben S. Bernanke, Mark Gertler, Nobuhiro Kiyotaki and John Moore** for their fundamental contributions to our understanding of how financial market imperfections can amplify macroeconomic fluctuations and generate deep macroeconomic recessions.

The work of these four economists sparked an enormous literature that grew particularly rapidly after the great financial crises of 2008 made the relevance of their ideas clear. Bernanke, Gertler, Kiyotaki and Moore highlight two important channels through which imperfect financial markets amplify macroeconomic fluctuations and generate economic recessions. The “balance-sheet channel” emphasizes the importance of the state of corporate balance sheets for economic activity. The “credit channel” shows how weak banks translate into a credit crunch, in which fragile firms (small and medium enterprises) that rely on relationship banking suffer. Following their contributions, it has become routine for economists to look at the implications of balance sheets for monetary policy, for capital controls, for understanding the role of the shadow banking sector – and the hazards related to it – and for prudential regulation reforms.

The focus of the early work of Bernanke, Gertler, Kiyotaki and Moore was on the balance sheets of firms. Subsequent studies have extended the scope of the analysis to the balance sheets of financial intermediaries, to show how disruptions in financial intermediation can induce a crisis that affects real activity and examine how central banks and governments can work to mitigate such a crisis. They further enriched

provocar una crisis que afecta a la actividad real, y examinar cómo los bancos centrales y los gobiernos pueden trabajar para mitigar una crisis de este tipo. Posteriormente enriquecieron todavía más el marco macroeconómico con imperfecciones de mercados financieros, al incluir la posibilidad de estampidas bancarias y acreditar que la previsión de este evento puede tener efectos perjudiciales sobre la economía, aunque la estampida no tenga lugar.

the macroeconomic framework with financial market imperfections by including the possibility of bank runs, demonstrating that the anticipation of such runs has harmful effects on the economy even if the run does not occur.

Vista aérea de las inundaciones en un camping de Roermond (Países Bajos) en julio de 2021.

Aerial view of flooding at a campsite in Roermond (Netherlands) in July 2021.

Amenazas para las
que no hay vacuna

Threats that have
no vaccine



La normalidad se ha convertido en la cumbre más alta del planeta. Con los rostros sin mascarilla como símbolo, todos los países aspiran a alcanzarla cuanto antes. La buena noticia es que la ciencia—el conocimiento—ha proporcionado gracias a las vacunas una vía hacia el fin de la pandemia. Sin embargo, es ilusorio creer que el jaque a la humanidad se evita derrotando al SARS-CoV-2. La covid-19 se solapa con desafíos tanto o más globales y complejos, como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Son amenazas que no se previenen con un pinchazo.

La irrupción del SARS-CoV-2 ha sacudido los pilares de la sociedad global con una intensidad quizás esperable de un cataclismo, un rápido y violento acontecimiento repentino, pero no tanto de un virus que a muchos ni siquiera provoca síntomas y que fue inicialmente equiparado al de la gripe. Lo cierto es que el impacto de año y medio de pandemia, además de en millones de víctimas, se mide en pobreza, en salud mental, en futuro truncado.

La Unesco estima que en junio de 2021 había todavía 770 millones de niños en todo el mundo que aún no asistían normalmente a la escuela. En el primer informe durante la pandemia de *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*, Naciones Unidas ha alertado de «un empeoramiento dramático» de la situación, atribuible en gran medida a la covid-19. Más de 800 millones de personas, alrededor del diez por ciento de la población mundial, sufrió desnutrición en 2020, y costará «un tremendo esfuerzo» cumplir el compromiso de acabar con el hambre en 2030.

Nuestra falta de preparación para hacer frente a una pandemia ha sido atribuida a la falta de experiencia directa reciente. Los 25 millones de europeos muertos por la peste negra en la epidemia de 1347; los 15 millones de aztecas e incas abatidos por la viruela entre 1520 y 1527; y los entre 18 y 50 millones de víctimas de la gripe llamada española, en 1918, quedaban en un pasado muy remoto.

En cierto modo, en el siglo XXI hemos debido de caer presa de los mismos sesgos cognitivos que enfrentaban a gradualistas y catastrofistas doscientos años atrás, cuando se debatía si el relieve terrestre resultaba de procesos lentos, como la erosión, o violentos, como las erupciones—o el impacto de un meteorito—. Hoy sabemos que no son opciones excluyentes, pero sigue siendo difícil percibir un riesgo que no se anuncia como inmediato.

Con todo, la amenaza se conocía. En los años noventa el virólogo Stephen Morse usó la expresión *virus emergentes* para titular una obra sobre el tráfico viral entre especies como origen de la mayoría de las epidemias: «La mayoría de los virus nuevos o emergentes resultan de cambios en los patrones de tráfico viral, que dan a los virus nuevas autopistas».

Este factor ya se sabía que también está presente en la crisis climática y de pérdida de biodiversidad. Hace ya décadas que la comunidad de conocimiento advierte, con creciente sensación de alarma, tanto de las graves consecuencias de la alteración de los procesos que determinan el clima terrestre, como de la rapidez con que avanza la extinción de especies animales y vegetales. Al igual que con la pandemia, la capacidad de reacción humana se está demostrando insuficiente.

Morse apunta en su obra otro punto de toque entre la pandemia y las crisis ambientales globales: «Quizás lo más importante es que a menudo es la acción humana la que precipita la emergencia viral [...]. Muchos episodios son el producto de cambios en la agricultura o ambientales causados por la acción humana».

Dada la profundidad de la huella humana en el planeta, no es probablemente casual que nuestras grandes amenazas tengan, al menos en parte, un tronco común: nosotros.

El Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático publicará estos meses su próximo informe de situación, el sexto en tres décadas. En uno de sus borradores se afirma: «La vida en la Tierra puede recuperarse de drásticos cambios en el clima evolucionando hacia nuevas especies y creando nuevos ecosistemas; los humanos no podemos».

Deshielo en el Ártico, inundaciones en el corazón de Europa, calor abrasador en Norteamérica y Finlandia. El color de la alerta enrojece. Los procesos graduales se integran y retroalimentan, y llevan a puntos de inflexión: abruptos bordes de precipicio también llamados catástrofes, más huracanes y ciclones, incendios sin fin, lluvias torrenciales.

Como en el microrrelato del guatemalteco Augusto Monterroso, cuando despertamos de la pandemia las amenazas todavía estaban ahí. Urge también una vacuna para salvar un planeta habitable.



Normality is right now the world's highest summit. A summit that has maskless faces as its symbol, and that every country is eager to reach. The good news is that science – knowledge – has provided an exit route from the pandemic through the medium of vaccines. Yet it would be foolish to think that the battle will end with the defeat of Sars-CoV-2. For COVID-19 overlaps with equally, if not more, global and complex challenges, such as climate change and biodiversity loss. Threats that cannot be averted with a jab.

The outbreak of SARS-CoV-2 has rocked the foundations of global society with an intensity we might expect from a cataclysm, a sudden, rapid and violent event; not so much from a virus that in many does not even produce symptoms, and was initially likened to the virus causing flu. The reality, however, is that eighteen months of pandemic have taken a measurable toll in terms of poverty, mental health and broken futures, to add to the millions of lives lost.

UNESCO estimates that in June 2021 some 770 million children worldwide had still not returned to normal schooling. In the first report published in the pandemic on *The State of Food Security and Nutrition in the World*, the UN warned of "a dramatic worsening," largely as a consequence of COVID-19. Over 800 million people, around ten percent of the world's population, were undernourished in 2020, and it will take "a tremendous effort" to honor the pledge of ending hunger by 2030.

Our unpreparedness to confront a pandemic is sometimes blamed on a lack of recent, direct experience, with the 25 million Europeans killed in the Black Death epidemic of 1347, the 15 million Aztecs and Incas felled by smallpox between 1520 and 1527, and the 18 to 50 million victims of the 1918 Spanish flu effectively consigned to a dim and distant past.

It could be that we 21st-century citizens have fallen prey to the same cognitive biases that pitted gradualists against catastrophists two hundred years ago, on the subject of whether Earth's landforms were the result of slowly acting processes like erosion, or violent ones like eruptions, or a meteorite impact. We now know that these are not mutually exclusive options, but it is still hard to perceive a risk that is not framed as being imminent.

Yet this was a known threat. In the 1990s, virologist Stephen Morse used the term "emerging viruses" in the title of a paper describing how inter-species "viral traffic" is central to the origin of most epidemics, such that "most 'new' or 'emerging' viruses are the result of changes in traffic patterns that give viruses new highways."

This factor was also known to be at work in the climate crisis and biodiversity decline. For decades now, the knowledge community has been warning, with a growing sense of alarm, of the serious consequences of the alteration of the processes driving the Earth's climate, and of the speed at which the extinction of animal and plant species is advancing. But here, as with the pandemic, human response capacity has shown to be lacking.

Morse talks in his paper about another linkage between pandemics and global environmental crises: "Perhaps most important, human actions often precipitate viral emergence [...]. Many episodes of emergence have been the result of agricultural or environmental changes brought about by human intervention."

Given the depth of humanity's planetary footprint, it is hardly by chance that the biggest threats we face have our own species as one of their common strands.

In the coming months, the Intergovernmental Panel on Climate Change will publish its next assessment report, the sixth in three decades. In one of the draft versions, it warns: "Life on Earth can recover from a drastic climate shift by evolving into new species and creating new ecosystems ... humans cannot."

The Arctic meltdown, flooding in the heart of Europe, scorching heat in North America and Finland. The alert signs are getting redder. Gradual processes merge and feed off one another until a tipping point is reached, a cliff-edge moment whose consequences may be catastrophic: more hurricanes and cyclones, endless wildfires, torrential rains.

As in the micro-story by Guatemalan author Augusto Monterroso, when we awoke from the pandemic, the threats were still there. What's needed now is a vaccine to safeguard a habitable planet.

«Los movimientos para deslegitimar la ciencia convencional siempre están dispuestos a ponerse al servicio de otras fuerzas que buscan desviar el curso de la civilización para sus propios intereses».

“Movements to delegitimize conventional science are ever present, and ready to put themselves at the service of other forces that wish to bend the course of civilization their way.”

Gerald Holton

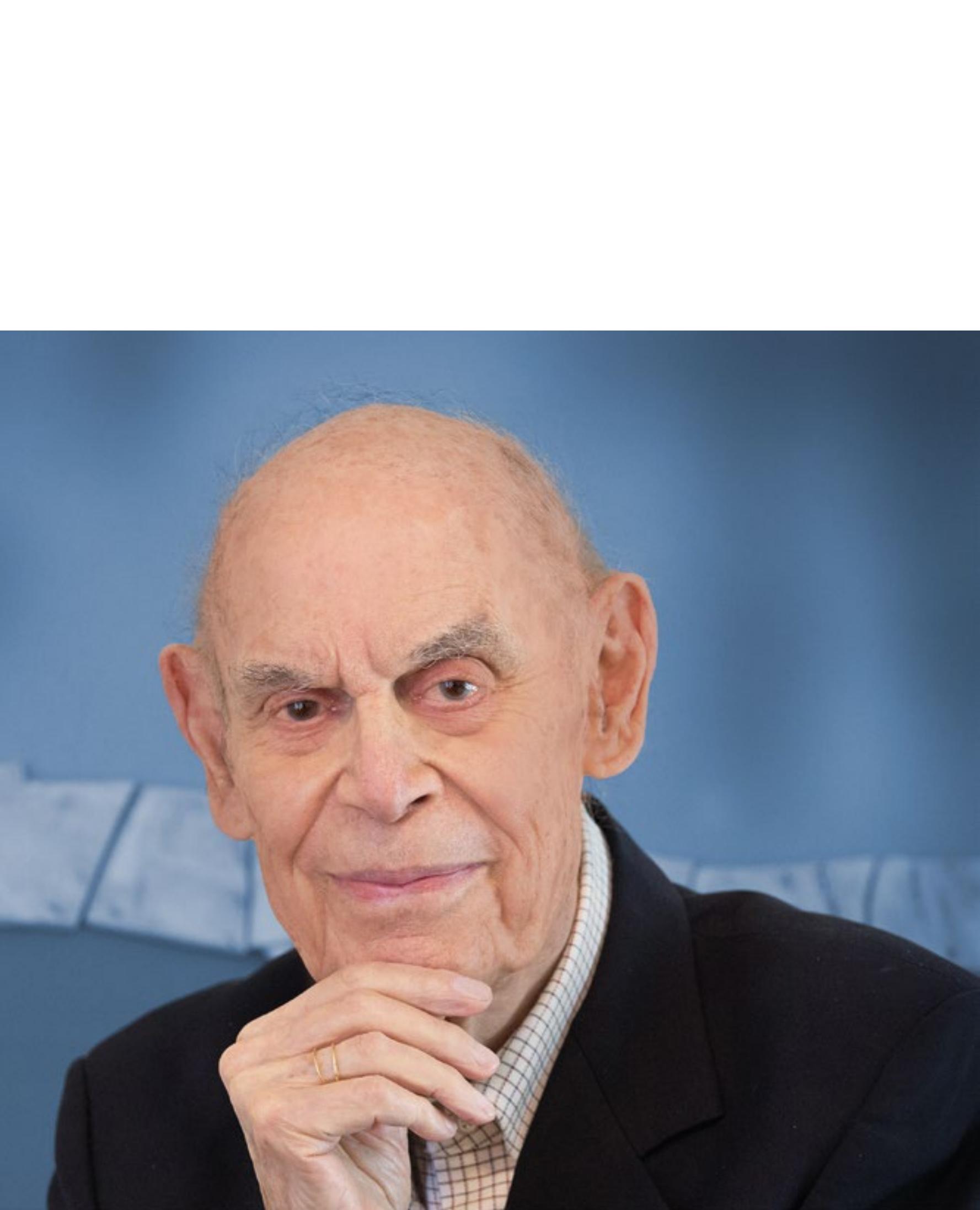
...y ejercicio del famoso hidalgo de la Mancha.

N. Vn lugar de la Mancha
cuyo nombre no quiero ac
darme, no ha mucho tiem
que viuia vn hidalgo de l
lança en astillero, ad
gua, rozin flaco.
que ca-



HAMLET

To be, or not to be, that
is the question;
Whether 'tis Noblet



Gerald Holton

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)

La ciencia en el tapiz de la cultura

«La ciencia forma parte de un tapiz, está entretejida dentro de una cultura». En una entrevista concedida a la Fundación BBVA, Gerald Holton sintetizaba con estas palabras una de las enseñanzas fundamentales de su obra. El catedrático de Física y de Historia de la Ciencia de la Universidad de Harvard ha sido una figura central en el análisis de cómo la ciencia influye en el modelado de la cultura de la sociedad y, a la vez, cómo en una interacción continua, la matriz cultural de cada periodo histórico condiciona la forma en la que piensan y trabajan los científicos.

Holton analiza y reivindica el papel de la ciencia como agente modelador de la cultura de cada época, pero sin deslizarse nunca hacia el cientificismo, la idea de que fuera del lenguaje científico solo hay irracionalidad y sinsentido. Al contrario, siempre ha defendido que existen muchos otros campos, como el arte y la literatura, fundamentales para dar forma y contenido a la cultura de una sociedad. Sin embargo, considera que la ciencia es un elemento civilizador esencial porque contribuye no solo al crecimiento económico, la salud y la eficacia tecnológica, sino —de manera más profunda— a la configuración de los modos de pensar, de tomar decisiones y de actuar en cada periodo, tanto en el plano individual como colectivo.

La ciencia, recuerda Holton, tiene como pilares la veracidad, la objetividad y la generación de un conocimiento que no es inmutable, sino que está permanentemente sometido al escrutinio de otros, y es siempre revisable ante la aparición de nueva evidencia. Desde esta óptica, Holton defiende que, más allá de su contribución a la riqueza y el bienestar, la ciencia aporta herramientas cognitivas que fortalecen la capacidad de una sociedad para afrontar los problemas de su tiempo.

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Humanities and Social Sciences (Humanities)

Science in the tapestry of culture

“Science is part of a tapestry, it is woven into a culture.” These words, spoken by Gerald Holton in an interview granted to the BBVA Foundation, encapsulate what is one of the central teachings in a lifetime of work. The Professor of Physics and the History of Science at Harvard University has been a leader in analyzing the influence of science on a society’s culture, and how the cultural matrix of each historical period molds the way scientists think and work, in a mutually reinforcing process.

Holton analyzes and vindicates the role of science in shaping the culture of each era, without ever falling into scienticism, the belief that beyond scientific language lie only irrationality and meaninglessness. On the contrary, he argues that many fields, art and literature among them, are instrumental in giving form and content to a given culture. He sees science, however, as an essential civilizing force, contributing not only to economic growth and societal welfare but also, at a deeper level, to the configuration of modes of thinking, decision-making and behavior in each time period, on both the individual and collective plane.

The pillars of science, Holton reminds us, are truthfulness, objectivity and the generation of knowledge. This knowledge, furthermore, is not immutable but is open to scrutiny by others, so invariably subject to revision in the light of new evidence. From this perspective, he argues, the great gift of science, beyond its contribution to wealth and wellbeing, is to provide the cognitive tools that equip society to confront the problems of its time.

Gerald Holton was born in Berlin in 1922. The rise of Nazism forced his family to move to Vienna, where he spent most of his childhood and adolescence. At age

Holton ha sido una figura central en el análisis de cómo la ciencia influye en el modelado de la cultura de la sociedad y, a la vez, cómo en una interacción continua, la matriz cultural de cada periodo histórico condiciona la forma en la que piensan y trabajan los científicos.

Holton has been a leader in analyzing the part that science plays in shaping a society's culture, and how the cultural matrix of each historical period informs the way that scientists work and think, in a mutually reinforcing process.

Nacido en el Berlín de 1922, el auge de los nazis obligaría a su familia a trasladarse a Viena, donde pasó la mayor parte de su infancia y adolescencia. A los dieciséis años se vio forzado a huir de nuevo tras la anexión de Austria por la Alemania del Tercer Reich y, tras dos años de acogida en el Reino Unido, se trasladó a Estados Unidos, el país donde pudo desarrollar toda su carrera académica. Holton, por tanto, forma parte del exiguo siete por ciento de niños judíos —de un total de 1,6 millones— que sobrevivieron al Holocausto, una experiencia que ha influido de manera latente en toda su obra.

Gracias al hecho de que varias universidades estadounidenses ofrecían plazas a refugiados europeos, Holton tuvo la oportunidad de estudiar Física en la Universidad Wesleyan (Middletown, CT, Estados Unidos), y una vez finalizada la guerra, en 1947 se doctoraría en Harvard, la universidad a la que ha permanecido vinculado hasta hoy. A los treinta años, en 1952, empezó a dirigir su propio laboratorio de física de altas presiones, aunque a la vez impartía una asignatura poco habitual, una introducción a la física como parte de la cultura, con contenidos netamente científicos, pero también de historia y filosofía de la ciencia. Fue el embrión de su primer libro, *Introduction to concepts and theories of Physical Science*, una obra seminal cuya génesis Holton atribuyó a su formación humanística en Viena, que le llevó a percibir la cultura como «un continuo que abarca todas las disciplinas, desde la poesía hasta las matemáticas».

Como estudioso de la historia de la ciencia, y de la manera en que surgen los descubrimientos científicos, una de sus principales aportaciones ha sido la identificación de los *themata*, cristalización de ideas muy generales que emergen de manera recurrente —a menudo de forma no consciente— en el pensamiento de los científicos más creativos a lo largo de la historia, como la simetría, la causalidad o la búsqueda de la unificación en las fuerzas fundamentales.

Holton reparó en su existencia mientras analizaba los documentos de Albert Einstein, que se ocupó por primera vez de archivar y poner a disposición de la comunidad científica tras el fallecimiento en 1955 del padre de la teoría de la relatividad: «Me di cuenta de

16, he found himself fleeing once more after Austria was annexed, first to the United Kingdom and two years later to the United States, which he made his home and where he has spent his entire academic career. He is thus one of the mere seven percent of Jewish children, out of 1.6 million, who survived the Holocaust. An experience that runs through all of his later work.

At the time some American universities were offering places to European refugees, and Holton was able to take a physics degree at Wesleyan University (Middletown, CT, United States). After the war, in 1947, he earned a PhD from Harvard, beginning a long association that continues to this day.

At the age of thirty, in 1952, Holton got to head his own laboratory of high-pressure physics. But he was also teaching what was then a left-field subject; an introduction to physics as culture, combining strictly scientific contents with others drawn from the history and philosophy of science. This would provide the seeds for his first book, *Introduction to Concepts and Theories of Physical Science*, a landmark publication which, he says, owes much to the humanistic education he received in Vienna, which led him to see culture as “a continuity that runs across all fields, from poetry to mathematics.”

As a scholar of science history and how scientific discoveries are made, one of Holton’s greatest contributions has been the identification of what he called “themata,” the crystallization of very general ideas that emerge recurrently – often unconsciously – in the thought of history’s most creative scientific minds; among them symmetry, causality and the search for the unity of fundamental forces.

Holton came to this idea in the course of studying Albert Einstein’s papers, which he was able to archive and make available to the scientific community following the death in 1955 of the father of the theory of relativity: “It became clear to me that Einstein obeyed an inner epistemological compulsion, as do so many scientists, of seeing science through certain keyholes, certain lenses.” These themata, for Holton, “determine the basic underlying structure of their work,” and, as

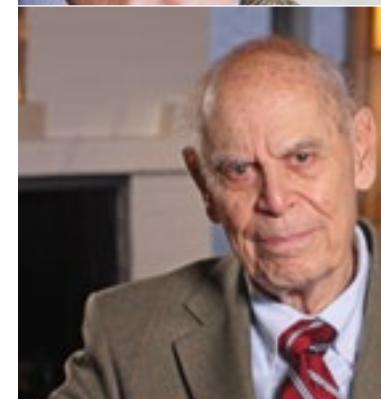
que Einstein obedecía a una compulsión epistemológica, como tantos otros científicos, de ver la ciencia como si miraran a través de ciertas cerraduras, ciertas lentes». Para Holton, estos *themata* «determinan la estructura básica que subyace a todo su trabajo» y, por tanto, reflejan la impronta de las ideas y metáforas culturales en el pensamiento científico, la huella de la cultura en la ciencia.

Holton es también uno de los autores que más ha iluminado analíticamente, al tiempo que alertado de los riesgos que conlleva el fenómeno de la *anticiencia*. En varios de sus trabajos, ha insistido en que, aunque el conocimiento científico esté avanzando, esto no garantiza que la cultura general de la sociedad se desarrolle en la misma dirección. Holton vio crecer de forma directa la barbarie nazi en una sociedad culta en apariencia, y desde esa vivencia temprana ha reflejado con la mayor fuerza y claridad que la exaltación de la irracionalidad, cuando engrana con el populismo y el nacionalismo, es una ecuación cuyo resultado acostumbra a desembocar en movimientos y régimen totalitarios: «Desde la Grecia Antigua a la Alemania fascista y la Rusia de Stalin, e incluso en nuestros días, los registros muestran que los movimientos para deslegitimar la ciencia convencional siempre están dispuestos a ponerse al servicio de otras fuerzas que buscan desviar el curso de la civilización para sus propios intereses». Su obra, en definitiva, representa un potente antídoto frente al veneno de la *anticiencia*, una robusta defensa de la racionalidad científica como factor unificador de la humanidad frente a las emociones nocivas que pueden desatar los populismos y nacionalismos.

such, show the stamp of cultural ideas and metaphors in scientific thought, the footprint of culture in science.

Holton is also among the authors who has most incisively pinned down the phenomenon of "anti-science," while alerting to the manifold dangers such attitudes pose. In a number of his articles, he insists that although science may be advancing, there is no guarantee that a society's general culture will advance in the same direction. Holton witnessed the rise of Nazi barbarism with his own eyes in an apparently civilized society, and from that early experience has warned with the utmost force and clarity that the cult of irrationality, when combined with populism and nationalism, is an equation whose result all too easily leads to totalitarian movements and regimes: "The record from Ancient Greece to Fascist Germany and Stalin's USSR to our day shows that movements to delegitimize conventional science are ever present, and ready to put themselves at the service of other forces that wish to bend the course of civilization their way."

His work, in sum, stands as a powerful antidote to the poison of "anti-science," a robust defense of scientific rationality as a force that can unify humankind, in contrast to the divisive feelings stirred up by populist or nationalist currents.



Más información:



More information:

**Carmen Iglesias**

Presidenta del Jurado
Es directora de la Real Academia de la Historia y académica de número de la Real Academia Española. Catedrática de Historia de las Ideas y Formas Políticas de la Universidad Complutense de Madrid, y catedrática de Historia de las Ideas Morales y Políticas de la Universidad Rey Juan Carlos, ha sido también directora del Centro de Estudios Políticos y Constitucionales, y consejera nata del Consejo de Estado. Especialista en historia moderna europea y española, y en historia y filosofía política de diversas épocas, es autora de más de doscientas publicaciones, varios libros y numerosas monografías.

Committee chair

Director of the Real Academia de la Historia and a numbered member of the Real Academia Española. Professor of History of Political Thought and Systems at the Universidad Complutense de Madrid (UCM) and Professor of Moral and Political Thought at the Universidad Rey Juan Carlos (URJC), she has also served as head of Spain's Centre for Political and Constitutional Studies, and as an ex-officio member of the Council of State. She specializes in European and Spanish modern history with an interest in other eras of history and political thought, and has published several books and numerous monographs.

José Manuel Sánchez Ron

Secretario del jurado
Es catedrático emérito de Historia de la Ciencia en la Universidad Autónoma de Madrid y académico de número de la Real Academia Española, de la que es vicedirector. Entre sus más de cuarenta libros destacan *El mundo después de la revolución: la física de la segunda mitad del siglo XX* (Premio Nacional de Ensayo), *Albert Einstein: su vida, su obra y su mundo*, o *El país de los sueños perdidos: historia de la ciencia en España*. Dirige la colección Drakontos (editorial Crítica) y ha editado la obra de científicos como Albert Einstein, Galileo Galilei, James Clerk Maxwell, Charles Darwin o Blas Cabrera.

Committee secretary

Emeritus Professor of History of Science at the Universidad Autónoma de Madrid (UAM), he is a numbered member of the Real Academia Española and, since 2015, its Vice-Director. His more than 40 book titles include *El mundo después de la revolución. La física de la segunda mitad del siglo XX* (National Essay Prize), *Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo* and *El país de los sueños perdidos. Historia de la ciencia en España*. Director of publishing house Crítica's "Drakontos" collection, he has edited works by, among others, Albert Einstein, Galileo Galilei, James Clerk Maxwell, Charles Darwin and Blas Cabrera.

Ignacio Bosque

Es académico de número de la Real Academia Española y catedrático honorario de Lengua Española de la Universidad Complutense de Madrid. Especialista en gramática española y teoría gramatical, dirigió, junto con Violeta Demonte, la *Gramática descriptiva de la lengua española* y fue el académico ponente de la *Nueva gramática de la lengua española*, la primera elaborada y consensuada por todas las Academias de la Lengua Española. Ha dirigido dos diccionarios combinatorios (*Redes* y *Práctico*), publicado numerosos trabajos sobre la relación entre el léxico y la gramática, y dirigido veinte tesis doctorales.

Numbered member of the Real Academia Española and Honorary Professor of Spanish at the Universidad Complutense de Madrid (UCM). An expert in Spanish grammar and grammatical theory, he co-edited the *Gramática descriptiva de la lengua Española* (with Violeta Demonte), and was the academician coordinating *Nueva gramática de la lengua Española*, the first comprehensive grammar drawn up with all academies of the Spanish language. He has edited two combinatorial dictionaries (*Redes* and *Práctico*) and published extensively on the relationship between lexis and grammar, as well as supervising 20 PhD theses.

Isabel Burdiel

Es catedrática de Historia Contemporánea en la Universidad de Valencia y honorary research fellow de la Universidad de East Anglia (Reino Unido). Su investigación se centra en la historia política y cultural del liberalismo europeo en el siglo XIX, con un interés especial en las monarquías constitucionales posrevolucionarias. Ha explorado las relaciones entre historia y literatura, y el potencial heuristicólico de la historia biográfica. Entre sus libros destacan *Isabel II: una biografía (1830-1904)*, *La historia biográfica en Europa* (con Roy Foster) y *Emilia Pardo Bazán*.

Professor of Contemporary History at the University of Valencia (Spain) and an Honorary Research Fellow at the University of East Anglia (United Kingdom). Her research focuses on the political and cultural history of 19th-century European liberalism, with a particular interest in post-revolutionary constitutional monarchies. She has also studied the relationship between history and literature, and the heuristic potential of biographical history. Her books include *Isabel II. Una biografía (1830-1904)*, *La historia biográfica en Europa* (with Roy Foster), and *Emilia Pardo Bazán*.

Violeta Demonte

Es catedrática emérita de Lengua Española en la Universidad Autónoma de Madrid y académica correspondiente de la Real Academia Española. Sus áreas de especialización son la lingüística teórica y la gramática descriptiva, a las que ha contribuido con obras como *Teoría sintáctica: de las estructuras a la recepción*, *Detrás de la palabra* y *Gramática descriptiva de la lengua española*, que codirigió con Ignacio Bosque. Ha sido directora del Instituto de Lengua y Literatura del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del CSIC, y directora general de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia.

Emeritus Professor of Spanish at the Universidad Autónoma de Madrid (UAM) and a corresponding member of the Real Academia Española. Her specialist areas are theoretical linguistics and descriptive grammar, where she has contributed such titles as *Teoría sintáctica. De las estructuras a la recepción*, *Detrás de la palabra* and *Gramática descriptiva de la lengua española*, co-edited with Ignacio Bosque. She is a former Director of the Institute of Language and Literature of the Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC) and Director General of Research with the Spanish Ministry of Education and Science.

José María Fernández Cardo

Es catedrático de Filología Francesa en la Universidad de Oviedo. Sus áreas de estudio se han centrado en la lírica francesa del siglo XX, y más concretamente en autores como Alain Robbe-Grillet, André Malraux o Albert Camus. También ha trabajado sobre distintos aspectos de la literatura comparada y la intertextualidad. Editor de *La esperanza*, de André Malraux, entre sus libros figurán, además, *El «nouveau roman»* y la significación o *El estilo formulario en la épica y en la novela francesas del siglo XX*. Es autor, junto con Francisco González, del manual universitario *Literatura francesa del siglo XX*, y de *Antonio Viñayo, abad de San Isidoro. Diccionario biográfico*.

Professor of French at the University of Oviedo (Spain), his interests lie in the French novel of the 20th century, with a focus on authors such as Alain Robbe-Grillet, André Malraux and Albert Camus, and in the areas of comparative literature and intertextuality. Editor of the Spanish edition of André Malraux's *L'Espoir*, among his own titles are *El «nouveau roman» y la significación* and *El estilo formulario en la épica y en la novela francesas del siglo XX*. He is also author of the textbook *Literatura francesa del siglo XX* (with Francisco González) and of *Antonio Viñayo. Abad de San Isidoro. Diccionario biográfico*.

Jurado

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Humanities and Social Sciences (Humanities)

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades) ha sido concedido, en su decimotercera edición, a **Gerald Holton** por sus numerosas y seminales contribuciones a la historia de la ciencia de los siglos XIX y XX, en las que ha mostrado una sensibilidad especial a los contextos culturales, filosóficos, sociológicos y de diferencias de género.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Humanities and Social Sciences (Humanities) goes, in this thirteenth edition, to **Gerald Holton** for his numerous seminal contributions to the history of 19th and 20th century science, in which he has shown a special sensitivity to cultural, philosophical and sociological contexts and to issues of gender differences.

«Hoy en día se siguen representando óperas de hace más de cuatrocientos años. Doy por hecho que, si escribo una ópera de calidad, se seguirá representando en el futuro. Y en ese caso, es importante que los espectadores de entonces se lleven una impresión de nuestra vida ahora».

“Operas from over 400 years ago continue to be staged today. I assume that if I can write a good opera it will still be staged in the future. And in that case, it’s important that those future spectators get a picture of our life today.”

Peter Eötvös

PARTITUR
 in C, 1988

No. 1 Seite 1 (16 AUG 96)
 (29.02.96)

TPH СОСТРН
 (Чехия) EÖTVÖS (1996/97)

No. 1 TIPAKS - Prolog - Prologue
 (Со скрипкой звучит зептима) (Vom Klavier (mit einer Akkordentönung) die Szene einstellt (leise d'escenam))
 OLEA, NATASHA, IRLINA, später KATE NATASHA.

AKKORDEN 98
 16 B=36

16 B=444

(Accord, dirigé à l'opéra, dans lequel il joue un accord de septième majeure) (Die Szene einstellt (le son d'accordam))

OLEA, NATASHA, IRLINA, später KATE NATASHA.

pp p pp molto pp adagio

① (AKK. individuell)
 AKK.

Fag. (legg.) parlante
 Bcl.
 Bsn.
 Tba.
 Tbb.
 Hn.
 Btr.
 Bmf.
 Bcl.
 (alle fag., hingewand rotiert)

Fag. (legg.) parlante
 Bcl.
 Bsn.
 Tba.
 Tbb.
 Hn.
 Btr.
 Bmf.
 Bcl.

(die Zeichen der AKK.)

3 4 5



Peter Eötvös

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Música y Ópera

Una voz de nuestro tiempo

Cada tiempo tiene su voz o, mejor, sus voces y, a decir del jurado del Premio Fronteras del Conocimiento, la de Peter Eötvös es una de las más importantes voces de nuestro tiempo. Su música habla a la persona de hoy, sobre lo que hoy nos ocupa, con el acento múltiple que corresponde a nuestro mundo, cada vez más multicéntrico, y con la perfección artística y la originalidad propias de los grandes creadores de significado. Se puede pensar que, por la elocuencia de la palabra y la escena, la voz de Eötvös nos llega más nítida a través de sus diez óperas (destaquemos *Tri sestri*, *El amor y otros demonios*, *Angels in America* y *Senza sangue*, basadas respectivamente en textos de Chejov, García Márquez, Kushner y Baricco), pero, en realidad, son igualmente expresivas sus obras instrumentales, y no porque algunas contengan un programa explícito (*Alle vittime senza nome*, sobre la tragedia de la emigración; *Multiversum*, sobre los misterios del cosmos; *Levitation*, sobre la danza de los objetos ingravidos), sino porque la autenticidad de Eötvös como compositor hace que todas sus creaciones, aun las más abstractas, nos convuelvan y nos trasladen un mensaje que es inefable, pero radicalmente humano.

Las contribuciones de Peter Eötvös al avance del arte de la música se encuentran en casi cualquier región de su catálogo en la que fijemos nuestra atención. Enamorado de su oficio y del teatro, en algunas obras instrumentales (*DoReMi* o *Aventuras de un acorde séptima de dominante*), Eötvös llama a escena a las piezas y herramientas de su taller de músico, y disfruta viéndolas evolucionar ante el público. Por otra parte, la aportación de Peter Eötvös está siendo decisiva para dos géneros musicales que estaban necesitados de renovación: el de la ópera, al que aporta en cada título un camino a seguir, y el del concierto con solista que, en manos de Eötvös, cobra nuevo sentido. La mayoría

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Music and Opera

A voice of our time

Each period has its voice or rather voices, and in the estimation of the Frontiers of Knowledge Awards committee, that of Peter Eötvös is among the most important of our time. His music speaks to the person of today, about the things that concern us, in the variegated accent that corresponds to our increasingly multicentric world, and with the originality and artistic perfection that characterize the great creators of meaning. One might think that, for its elegance of word and scene, Eötvös's voice reaches us most clearly through his ten operas (notably *Three Sisters*, *Love and Other Demons*, *Angels in America* and *Senza sangue*, based respectively on texts by Chekhov, García Márquez, Kushner and Baricco), but, in truth, his instrumental works are no less expressive, and not because some have an avowed agenda (*Alle vittime senza nome*, on the tragedy of emigration; *Multiversum*, on the mysteries of the cosmos; *Levitation*, on the dance of weightless objects), but because Eötvös's authenticity as a composer ensures that all his creations, even the most abstract, not only move us but convey a message that is at once ineffable and radically human.

Peter Eötvös's contributions to the advancement of the musical art can be found in almost any portion of his catalogue we choose to focus on. Enamored of his craft and of the theater, in certain instrumental works (*DoReMi* or *Adventures of the Dominant Seventh Chord*), Eötvös gives the stage to tools and pieces from his musical workshop and enjoys watching them evolve before the public. At the same time, his work has proved decisive for two musical genres in need of renewal: the opera, where each of his titles offers a fresh road to explore, and the solo concerto, which, in Eötvös's hands, becomes invested with new meaning. The majority of his orchestral works have a solo instrument which leads the action, using novel procedures

Peter Eötvös considera la música como una oportunidad para compartir emociones de manera creativa, un enfoque humano que empapa todas sus líneas de actividad profesional (composición, dirección y enseñanza) e impresiona vivamente a quien entra en contacto con él.

Peter Eötvös sees music as an opportunity to share emotions creatively. This human approach permeates all strands of his professional activity (composition, conducting and teaching) and vividly impresses all who meet him.

de sus obras orquestales tienen un instrumento solista que protagoniza la acción por procedimientos novedosos que dejan muy atrás el concepto de virtuosismo y definen espacios originales de diálogo del solista con el conjunto. Además, los conciertos con solista de Eötvös son, según confesión propia, «conciertos retrato», porque retratan, efectivamente, la personalidad musical del intérprete al que están destinados. Es el caso, por citar solo los más recientes, de la violinista Isabelle Faust en *Alhambra*, estrenada en el Festival de Granada, del contrabajista Matthew Macdonald en *Aurora*, del saxofonista Marcus Weiss en *Focus*, que se estrenará en 2022 en Colonia, o del clarinetista Jörg Widmann en *Joyce*, estrenado recientemente en el Centro Nacional de Difusión Musical (CNDM) con el Cuarteto Quiroga.

La vida musical de Peter Eötvös avanza paralelamente por tres caminos inseparables: composición, dirección y enseñanza. Su brillantísima carrera como director ha contribuido a restaurar la unidad compositor-intérprete, que fue norma hasta su disociación en el siglo xx. La importancia de esta unidad radica en la alimentación recíproca de ambas actividades, pero, sobre todo, en el contacto directo con el público que el compositor experimenta cuando es, además, intérprete. Al dirigir, Eötvös no solo sabe, sino siente, que tiene el público a su espalda, lo que le recuerda la esencia de la composición: en sus propias palabras, «hechizar al público con sonidos». Eötvös ha dirigido a los principales conjuntos orquestales o de cámara del mundo, algunos de ellos de forma estable. Dirigió el Ensemble Intercontemporain de París durante más de un decenio. Como sucesor en esa tarea de Pierre Boulez, llevó aún más allá la precisión técnica de las interpretaciones y les dio un sello estilístico propio.

De su forma de dirigir, que es a la vez rigurosa, dialogante y cercana a los músicos, se han beneficiado muchos compositores. Además de la interpretación de sus propias obras, se pueden señalar como hitos de su carrera el estreno de la ópera *Jueves de luz*, de Stockhausen, en el Teatro La Scala de Milán, y sus interpretaciones del *Requiem* de Ligeti, *Le marteau sans maître*, de Boulez, la *Sinfonia* de Berio o *El castillo de Barbazul*, de Bartók, todas ellas hoy, versiones de referencia.

far removed from any concept of virtuosity that mark out original spaces for dialogue between soloist and ensemble. Not only that, Eötvös's solo concertos are, he admits, "a kind of portrait," in that they depict the musical personality of the performer they are meant for. This is the case, to give just the latest examples, of the violinist Isabelle Faust in *Alhambra*, premiered at the Festival of Granada, or the double bassist Matthew Macdonald in *Aurora*, saxophonist Marcus Weiss in *Focus*, to have its debut in 2022 in Cologne, and clarinetist Jörg Widmann in *Joyce*, recently premiered at the Centro Nacional de Difusión Musical (CNDM) with the Cuarteto Quiroga.

Peter Eötvös's musical life has advanced in parallel along three inseparable paths: composition, conducting and teaching. His dazzling conducting career has helped restore composer/performer unity, which was the norm until the two parts became uncoupled in the course of the 20th century. The importance of this unity resides in the feedback between the two activities, but, even more so, in the direct connection with the public the composer experiences when they are also a performer. Eötvös the conductor not only feels but actually has the audience at his back, returning him to the essence of composition, to what he calls "the enchantment of the audience through sound." As well as conducting some of the world's leading orchestral and chamber ensembles, some of them on a stable basis, Eötvös spent more than ten years at the helm of the Ensemble Intercontemporain in Paris. As successor in the post to Pierre Boulez, he took the technical precision of their performances to even greater heights while giving them their own signature style.

He has put his conducting, at once rigorous, communicative and attuned to his musicians, at the service of numerous composers. Besides his readings of his own works, among his career milestones are the premiere of Stockhausen's opera *Donnerstag aus Licht* in the Teatro alla Scala in Milan, and his performances of Ligeti's *Requiem*, Boulez's *Le marteau sans maître*, Berio's *Sinfonia* or Bartók's *Bluebeard's Castle*, all of them now considered landmark versions.

Eötvös's third vocation, teaching, helps to keep in motion the wheel of musical knowledge that has been

La tercera vocación musical de Peter Eötvös, la de pedagogo, contribuye a mantener en movimiento la rueda del conocimiento musical que viene girando desde los monjes del gregoriano hasta hoy. Eötvös es heredero y transmisor de dos grandes tradiciones: la de la Academia Liszt de Budapest, que es la de su maestro Kodály, Ligeti, Bartók y el propio Liszt, y la de la vanguardia europea de los años sesenta: trabajó estrechamente con Stockhausen en Colonia y con Boulez en París. Después de su periodo de profesor en Karlsruhe y Colonia, Eötvös continúa pasando a las siguientes generaciones estas dos visiones de la música, enriquecidas por su propia sensibilidad y creatividad, a través de dos instituciones de apoyo a los jóvenes compositores-directores: el Instituto Internacional Eötvös y la Fundación Peter Eötvös de Música Contemporánea, ambas en Budapest.

Peter Eötvös considera la música como una oportunidad para compartir emociones de manera creativa. Este enfoque humano empapa las tres líneas de su actividad profesional e impresiona vivamente a quien entra en contacto con él. Está también detrás, sin duda, de esta frase de la presidenta del jurado sobre el estilo del premiado: «Un lenguaje muy afectivo, pero a la vez nuevo».

turning since the time of the Gregorian monks. Eötvös is the heir and torchbearer of two great traditions: that of the Liszt Academy in Budapest reaching back from his maestro Kodály, Ligeti and Bartók to Franz Liszt himself; and that of the European avant-garde of the 1970s, when he worked closely alongside Stockhausen in Cologne and Boulez in Paris. After a spell teaching at the Karlsruhe and Cologne conservatories, Eötvös continues to transmit these two visions of music to the coming generations, enriched by his own sensibility and creativity, through two institutions devoted to supporting young musicians/conductors: the International Eötvös Institute and the Peter Eötvös Contemporary Music Foundation, both in Budapest.

Peter Eötvös sees music as an opportunity to share emotions creatively. This human approach permeates the three strands of his professional activity and vividly impresses all who meet him. It is also, without doubt, why the committee chair describes his style as: "A highly affective language, but at the same time new."



Más información:



More information:




Joana Carneiro

Presidenta del Jurado
Es la directora principal de la Orquesta Sinfónica Portuguesa y del Teatro San Carlos de Lisboa, directora artística del Estagio Gulbenkian para Orquesta y directora principal invitada de la Real Filharmonía de Galicia. Entre 2009 y 2018 fue directora musical de la Sinfónica de Berkeley. Se ha puesto al frente de la Sinfónica de la BBC, la Real Filarmónica de Estocolmo (a la que dirigió en la ceremonia del Premio Nobel de 2017), la Sinfónica de la Radio Sueca o la Orquesta del Centro Nacional de Artes de Ottawa, entre otras formaciones. Es Premio Helen M. Thompson de la Liga de Orquestas Americanas.

Committee chair

Principal Conductor with the Orquesta Sinfónica Portuguesa and Teatro São Carlos in Lisbon, Artistic Director of the Estágio Gulbenkian para Orquesta and Principal Guest Conductor of the Real Filharmonía de Galicia. Music Director of Berkeley Symphony from 2009 to 2018, she has also appeared with the BBC Symphony, the Royal Stockholm Philharmonic (which she led at the Nobel Prize Ceremony in 2017), the Swedish Radio Symphony Orchestra, and the National Arts Centre Orchestra in Ottawa, among other ensembles. Holder of the Helen M. Thompson Award of the League of American Orchestras.

Víctor García de Gomar

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

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 Trecanni y como consultor de RAI Radio 3, el canal de música clásica de la radio nacional italiana. Asimismo, ha sido investigador en la Fundación Rossini en Pesaro, donde colaboró en la edición crítica de las obras completas del compositor.

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

Raquel García-Tomás

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

Composer specializing in interdisciplinary creation who completed her doctorate at the Royal College of Music in London. Highlights of her career include collaborations with English National Ballet, the Royal Academy of Arts and the Dresden Musikfestspiele. Her catalogue spans chamber, choreographic, electro-acoustic, jazz and solo works, video and opera. In this last genre, she created *Je Suis Narcissiste*, nominated in the 2020 edition of the International Opera Awards. She holds a Leonardo Grant in Music and Opera from the BBVA Foundation, and in 2020 was awarded Spain's National Music Prize.

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 schwigsame Frau* at the Bavarian State Opera and Munich's Opera Festival, and *Salomé* and *Der ferne Klang* in Staatsoper Unter den Linden in Berlin, among others.

Kathryn McDowell

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

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



Jurado

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Música y Ópera

Annilese Miskimmon

Es, desde mayo de 2020, directora artística de la Ópera Nacional Inglesa y el London Coliseum, instituciones a las que se incorporó tras ser directora de ópera en la Ópera y Ballet de Noruega y, antes, directora artística y directora general de la Ópera Nacional Danesa. Trabaja, además, como directora freelance, y entre sus estrenos recientes y próximos se incluyen producciones para Oslo, el Liceo de Barcelona y la Folkoperan de Estocolmo. Es comentarista y crítica de ópera en distintos medios nacionales e internacionales (prensa, radio y televisión) de Noruega, Irlanda, Reino Unido y Dinamarca.

Appointed Artistic Director of English National Opera and the London Coliseum in May 2020, she was previously Director of Opera for Norwegian Opera and Ballet and, before that, Artistic Director and General Manager of Danish National Opera. In the present, she continues to work as a freelance director, with recent and upcoming debuts including productions for Oslo, Teatre del Liceu in Barcelona and Folkoperan Stockholm. She commentates and writes regularly on opera for Norwegian, Irish, UK and Danish national and international television, radio and press.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Música y Ópera ha sido concedido, en su decimotercera edición, a **Peter Eötvös**, sin duda, una de las voces musicales más importantes de nuestro tiempo.

Su importancia artística, originalidad y contribución al avance de la música desde la segunda mitad del siglo XX se aprecia con claridad en sus partituras para voz, instrumento solo y orquesta, y en óperas como *Three sisters*, *Love and other demons* y *Senza sangue*. Sus composiciones instrumentales han sido interpretadas por los ensambles y orquestas más importantes del mundo.

Peter Eötvös sobresale como compositor, director y pedagogo, y ha tenido una influencia profunda en la siguiente generación de artistas. Es bien conocido por ser un artista generoso, que goza del aprecio y la confianza de sus colegas y de públicos de todo el mundo.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Music and Opera

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Music and Opera goes, in this thirteenth edition, to **Peter Eötvös**, undoubtedly one of the most important musical voices of our time.

His artistic significance, originality and contribution to the advancement of music since the second half of the 20th century can be recognized in his writing for voice, solo instrument and orchestra, and in operas such as *Three Sisters*, *Love and Other Demons* and *Senza sangue*. His instrumental compositions have been played by the most important ensembles and orchestras around the world.

Peter Eötvös excels as a composer, conductor and pedagogue, having a profound influence on the next generation of artists. He is known to be a generous artist, beloved and trusted by his colleagues and audiences all around the world.

Comités técnicos de apoyo / Evaluation support panels

Coordinadora / Coordinator

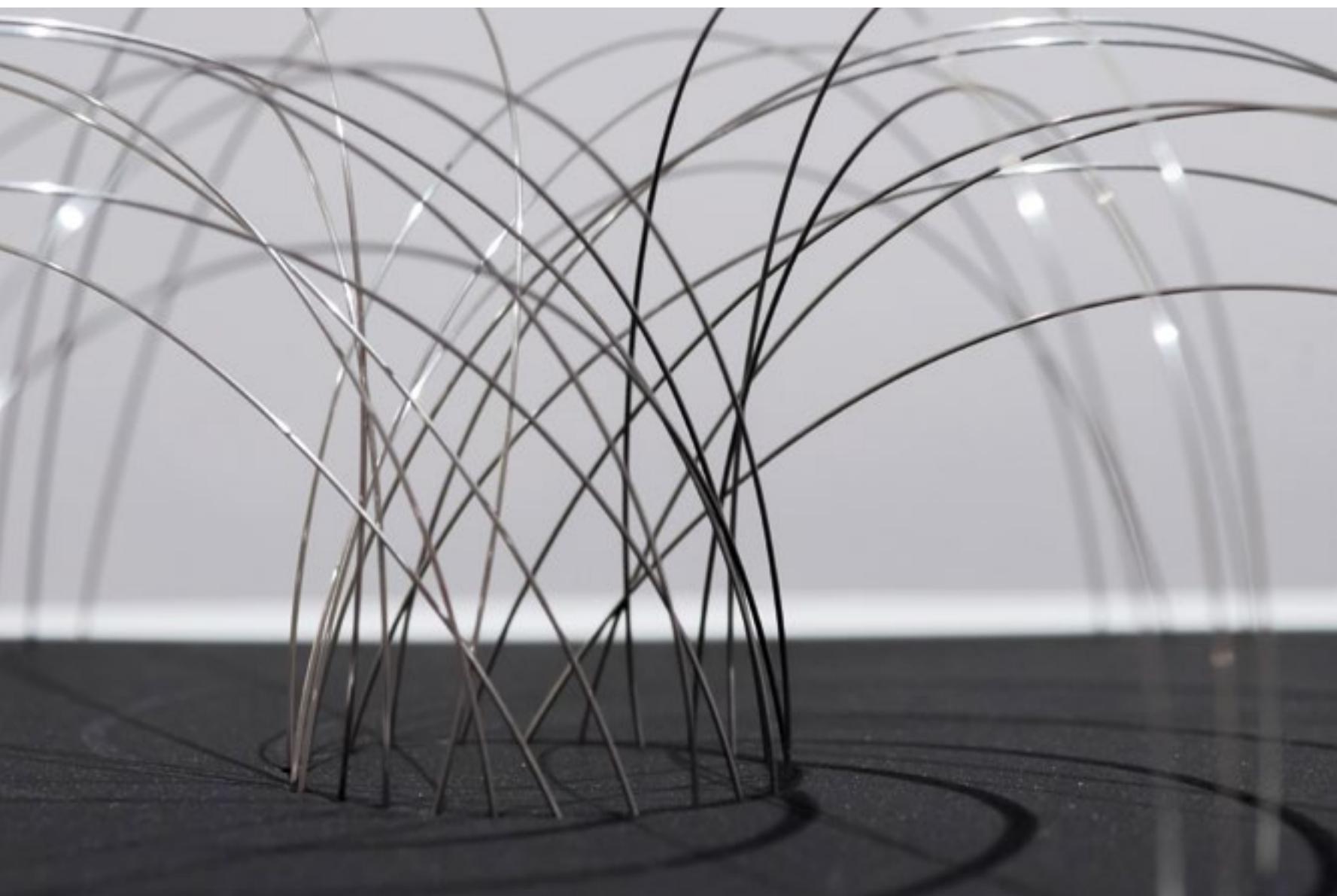
M. Victoria Moreno Arribas

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
José Luis Fernández Barbón Investigador científico en el Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM) Research Scientist at the Institute for Theoretical Physics (CSIC-UAM)	José Félix de Celis Ibeas Profesor de investigación en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CSIC-UAM) Research Professor at the Molecular Biology Center "Severo Ochoa" (CSIC-UAM)	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)	Xavier Bellés Ros Profesor de investigación en el Instituto de Biología Evolutiva (CSIC-UPF) Research Professor at the Institute of Evolutionary Biology (CSIC-UPF)
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)	Gabriela Cembrano Gennari Científica titular en el Instituto de Robótica e Informática Industrial (CSIC-UPC) Tenured Researcher at the Institute of Robotics and Industrial Informatics (CSIC-UPC)	Marta Coll Mnton Científica titular en el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC) Tenured Researcher at the Institute of Marine 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)	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)	Dolores González Pacanowska Coordinadora del Área Global Vida y profesora de investigación en el Instituto de Parasitología y Biomedicina López-Neyra (CSIC) Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Institute of Parasitology and Biomedicine "López-Neyra" (CSIC)
José Luis 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)	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)	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)
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)	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)	Blas Valero Garcés Coordinador adjunto del Área Global Vida y profesor de investigación en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Pyrenean Institute of Ecology (CSIC)	

Cambio Climático Climate Change	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Economics, Finance and Management	Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades) Humanities and Social Sciences (Humanities)	Música y Ópera Music and Opera
<p>Santiago Beguería Portugués</p> <p>Científico titular en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC)</p> <p>Tenured Researcher at the Aula Dei Experimental Station (CSIC)</p>	<p>Elena Castro Martínez</p> <p>Coordinadora del Área Global Sociedad y científica titular en el Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento (INGENIO) (CSIC-UPV)</p> <p>Coordinator of the Society Global Area and Tenured Researcher at the Institute of Innovation and Knowledge Management (INGENIO) (CSIC-UPV)</p>	<p>Jon Arrizabalaga Valbuena</p> <p>Profesor de investigación en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)</p> <p>Research Professor at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)</p>	<p>Luis Antonio González Marín</p> <p>Científico titular en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)</p> <p>Tenured Researcher at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)</p>
<p>Josep María Gasol Piqué</p> <p>Profesor de investigación en el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)</p> <p>Research Professor at the Institute of Marine Sciences (CSIC)</p>	<p>Adela García Aracil</p> <p>Científica titular en el Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento (INGENIO) (CSIC-UPV)</p> <p>Tenured Researcher at the Institute of Innovation and Knowledge Management (INGENIO) (CSIC-UPV)</p>	<p>Esther Hernández Hernández</p> <p>Investigadora científica en el Instituto de Lengua, Literatura y Antropología (CSIC)</p> <p>Research Scientist at the Institute of Language, Literature and Anthropology (CSIC)</p>	<p>Ignacio Montero Ruiz</p> <p>Coordinador adjunto del Área Global Sociedad e investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC)</p> <p>Deputy Coordinator of the Society Global Area and Research Scientist at the Institute of History (CSIC)</p>
<p>Francisca Martínez Ruiz</p> <p>Investigadora científica en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR)</p> <p>Research Scientist at the Andalusian Earth Sciences Institute (CSIC-UGR)</p>	<p>Adelheid Holl</p> <p>Científica titular en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC)</p> <p>Tenured Researcher at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)</p>	<p>Ignacio Montero Ruiz</p> <p>Coordinador adjunto del Área Global Sociedad e investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC)</p> <p>Deputy Coordinator of the Society Global Area and Research Scientist at the Institute of History (CSIC)</p>	<p>Emilio Ros Fábregas</p> <p>Investigador científico en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)</p> <p>Research Scientist at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)</p>
<p>Ángel Ruiz Mantecón</p> <p>Coordinador adjunto del Área Global Vida y profesor de investigación en el Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE)</p> <p>Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Mountain Stockbreeding Institute (CSIC-ULE)</p>	<p>Samir Mili Chargui</p> <p>Científico titular en el Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC)</p> <p>Tenured Researcher at the Institute of Economics, Geography and Demography (CSIC)</p>	<p>Consuelo Naranjo Orovio</p> <p>Profesora de investigación en el Instituto de Historia (CSIC)</p> <p>Research Professor at the Institute of History (CSIC)</p>	<p>Juan Manuel Vicent García</p> <p>Investigador científico en el Instituto de Historia (CSIC)</p> <p>Research Scientist at the Institute of History (CSIC)</p>
<p>Blas Valero Garcés</p> <p>Coordinador adjunto del Área Global Vida y profesor de investigación en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)</p> <p>Deputy Coordinator of the Life Global Area and Research Professor at the Pyrenean Institute of Ecology (CSIC)</p>	<p>Hugo Rodríguez Mendizábal</p> <p>Científico titular en el Instituto de Análisis Económico (CSIC)</p> <p>Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis (CSIC)</p>	<p>Fernando Rodríguez Mediano</p> <p>Investigador científico en el Instituto de Lenguas y Culturas del Mediterráneo y Oriente Próximo (CSIC)</p> <p>Research Scientist at the Institute of Languages and Cultures of the Mediterranean and the Near East (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

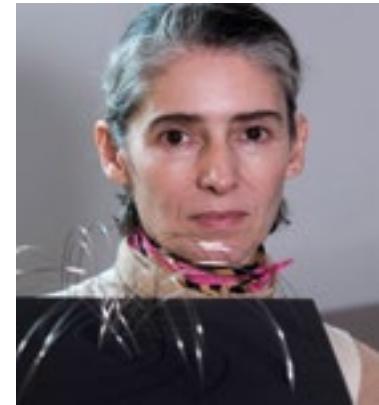
Blanca Munoz obtained a BA in Fine Arts from the Universidad Complutense de Madrid. She has held scholarships at Calcografía Nazionale (1989), awarded by the Italian Government, at the Spanish Royal Academy in Rome (1990), and in Mexico City (1992), awarded by the Mexican Department of Foreign Affairs. 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.

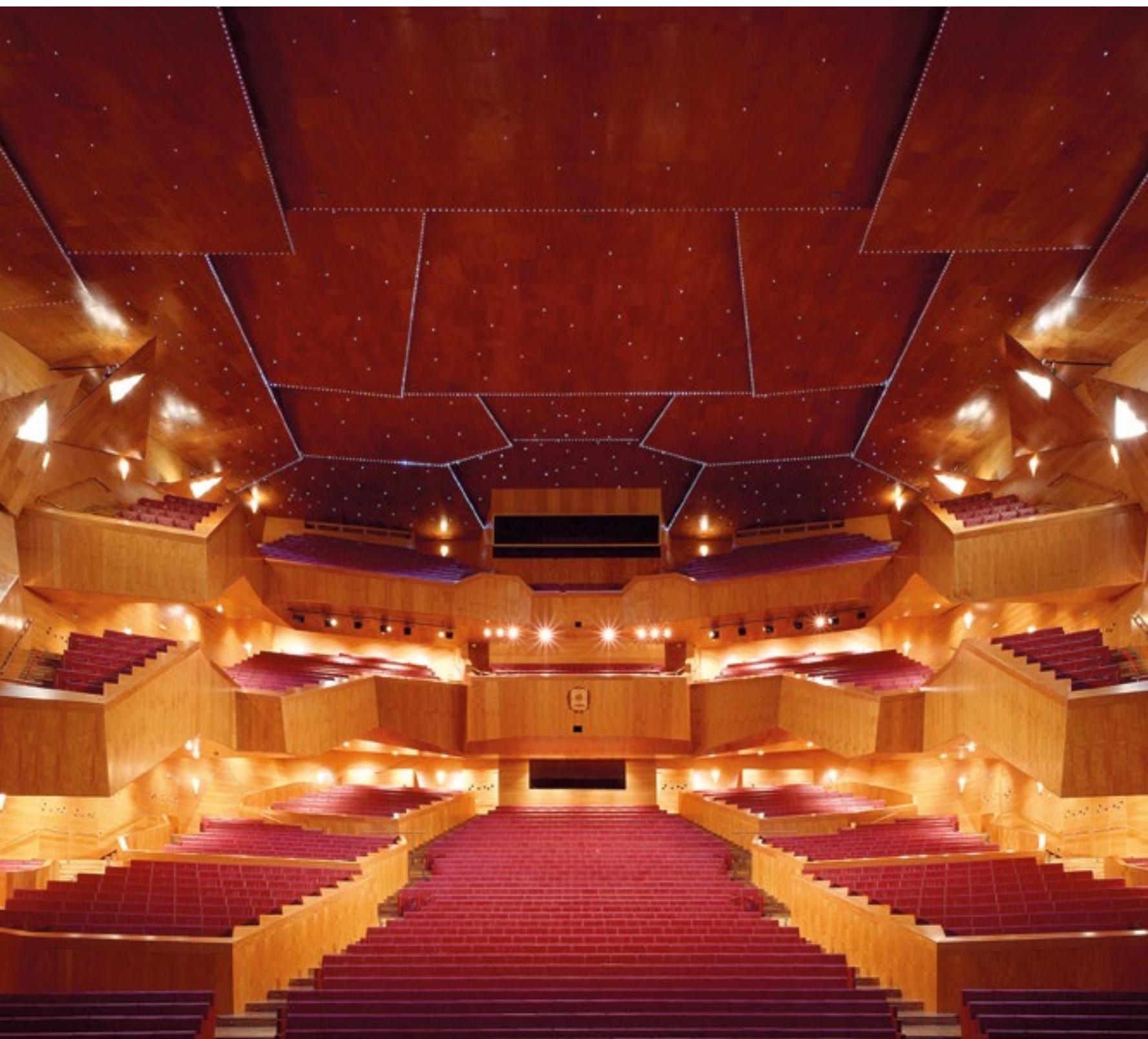
Monumental sculpture: *Altiva*, Fundación Masaveu, Madrid (2019); *Talismán*, Banca March, Madrid (2016); *Géminis*, Torre Cepsa, architect Norman Foster, Madrid (2009); *Panta rei*, Málaga (2008); *Eclíptica*, Badajoz Exhibition Center (2006); *Perseidas II*, Parque de la Curva de Elorrieta, Bilbao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

91

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



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

XII Edición / 12th Edition

2019



Charles H. Bennett

IBM Research
(Estados Unidos / United States)

Gilles Brassard

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

Peter Shor

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

XI Edición / 11th Edition

2018



Charles L. Kane Eugene Mele

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

X Edición / 10th Edition

2017



Omar Yaghi

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

IX Edición / 9th Edition

2016



David Cox

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

Bradley Efron

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

VIII Edición / 8th Edition

2015



Stephen Hawking

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

Viatcheslav Mukhanov

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

VII Edición / 7th Edition

2014



Stephen L. Buchwald

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

VI Edición / 6th Edition

2013



Maximilian Haider

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

Harald Rose

Universidad de Ulm (Alemania)
Ulm University (Germany)

Knut Urban

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

V Edición / 5th Edition

2012



Ingrid Daubechies

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

David B. Mumford

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

IV Edición / 4th Edition

2011



Michel G.E. Mayor Didier Queloz

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

III Edición / 3rd Edition

2010



Gabor A. Somorjai

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

II Edición / 2nd Edition

2009



Richard N. Zare

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

Michael E. Fisher

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

I Edición / 1st Edition

2008



Ignacio Cirac

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

Peter Zoller

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

Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Biología y Biomedicina

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Biology and Biomedicine

XII Edición / 12th Edition

2019



Michael N. Hall

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

David M. Sabatini

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

XI Edición / 11th Edition

2018



Jeffrey I. Gordon

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

X Edición / 10th Edition

2017



James P. Allison

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

XII Edición / 12th Edition 2019



Isabelle Guyon

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

Bernhard Schölkopf

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

Vladimir N. Vapnik

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

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

XII Edición / 12th Edition

2019



Carlos M. Duarte

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

Terence P. Hughes

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

Daniel Pauly

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

XI Edición / 11th Edition

2018



Gretchen Cara Daily

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

Georgina Mace

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

X Edición / 10th Edition

2017



B. Rosemary Grant Peter R. Grant

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

IX Edición / 9th Edition

2016



Gene E. Likens

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

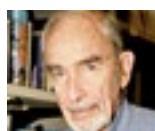


David Tilman

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

XII Edición / 12th Edition

2019



Kerry A. Emanuel

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos)

Massachusetts Institute of Technology (United States)

XI Edición / 11th Edition

2018



Anny Cazenave

Laboratorio de Estudios de Geofísica y Oceanografía Espaciales (Francia)
Instituto Internacional de Ciencias Espaciales (ISSI) (Suiza)

Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (France)
International Space Science Institute (Switzerland)

John A. Church

Universidad de Nueva Gales del Sur (Australia)

University of New South Wales (Australia)

Jonathan Gregory

Universidad de Reading (Reino Unido)

University of Reading (United Kingdom)

X Edición / 10th Edition

2017



William Nordhaus

Universidad de Yale (Estados Unidos)

Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2018

Yale University (United States)
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2018

IX Edición / 9th Edition

2016



James E. Hansen

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

Syukuro Manabe

Universidad de Princeton (Estados Unidos)
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

XII Edición / 12th Edition

2019



Philippe Aghion

Collège de France (Francia / France)

Peter Howitt

Universidad de Brown (Estados Unidos)

Brown University (United States)

XI Edición / 11th Edition

2018



Claudia Goldin

Universidad de Harvard (Estados Unidos)

Harvard University (United States)

X Edición / 10th Edition

2017



Tim Bresnahan

Universidad de Stanford (Estados Unidos)

Stanford University (United States)

Ariel Pakes

Universidad de Harvard (Estados Unidos)

Harvard University (United States)

Robert Porter

Universidad Northwestern (Estados Unidos)

Northwestern University (United States)

IX Edición / 9th Edition

2016



Daron Acemoglu

Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)

Massachusetts Institute of Technology (United States)

VIII Edición / 8th Edition

2015



Robert B. Wilson

Universidad de Stanford (Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2020

Stanford University (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2020

VII Edición / 7th Edition

2014



Richard Blundell

University College de Londres
University College London (United Kingdom)

David Card

Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)
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

XII Edición / 12th Edition

2019

(Ciencias Sociales / Social Sciences)



Susan T. Fiske

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

Shelley E. Taylor

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

XI Edición / 11th Edition

2018

(Humanidades / Humanities)



Noam Chomsky

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

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cooperación al desarrollo

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Development Cooperation

X Edición / 10th Edition

2017



Nubia Muñoz

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

IX Edición / 9th Edition

2016



Pedro L. Alonso

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

Peter J. Myler

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

VIII Edición / 8th Edition

2015



Martin Ravallion

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

VII Edición / 7th Edition

2014



Helen Keller International

Estados Unidos
United States

VI Edición / 6th Edition

2013



Pratham

India

V Edición / 5th Edition

2012



DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative)

Suiza
Switzerland

IV Edición / 4th Edition

2011



Ciro de Quadros

Sabin Vaccine Institute (Estados Unidos / United States)

III Edición / 3rd Edition

2010



International Rice Research Institute (IRRI)

Filipinas
The Philippines

II Edición / 2nd Edition

2009



Development Research Institute (DRI)

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

I Edición / 1st Edition

2008



Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL)

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

Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Música y Ópera

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Music and Opera

XII Edición / 12th Edition

2019



Arvo Pärt

Compositor (Estonia)
Composer (Estonia)

XI Edición / 11th Edition

2018



John Adams

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

X Edición / 10th Edition

2017



Kaija Saariaho

Compositora (Finlandia)
Composer (Finland)

IX Edición / 9th Edition

2016



Sofia Gubaidulina

Compositora
(Federación de Rusia)
Composer
(Russian Federation)

VIII Edición / 8th Edition

2015



Georges Aperghis

Compositor (Grecia)
Composer (Greece)

VII Edición / 7th Edition

2014



György Kurtág

Compositor (Hungria)
Composer (Hungary)

VI Edición / 6th Edition

2013



Steve Reich

Compositor (Estados Unidos)
Composer (United States)

V Edición / 5th Edition

2012



Pierre Boulez

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

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

XII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

12th Edition

2019

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

Charles H. Bennett

IBM Research (Estados Unidos / United States)

Gilles Brassard

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

Peter Shor

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

Biología y Biomedicina / Biology and Biomedicine

Michael N. Hall

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

David M. Sabatini

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Isabelle Guyon

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

Bernhard Schölkopf

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

Vladimir N. Vapnik

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

Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

Carlos M. Duarte

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

Terence P. Hughes

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

Daniel Pauly

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

Cambio Climático / Climate Change

Kerry A. Emanuel

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

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

Philippe Aghion

Collège de France (Francia / France)

Peter Howitt

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

Humanidades y Ciencias Sociales / Humanities and Social Sciences

Susan T. Fiske

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

Shelley E. Taylor

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

Música y Ópera / Music and Opera

Arvo Pärt

Compositor (Estonia) / Composer (Estonia)

XI Edición

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 (LEGOS) (Francia) ·
Instituto Internacional de Ciencias Espaciales (Suiza)
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (France) ·
International Space Science Institute (Switzerland)

John A. Church

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

Jonathan Gregory

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

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

Claudia Goldin

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

Humanidades y Ciencias Sociales
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

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

Illiya 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

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

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

5th Edition

2012

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

Ingrid Daubechies

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

David B. Mumford

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

Biomedicina
Biomedicine

Douglas L. Coleman

The Jackson Laboratory (Estados Unidos / United States)

Jeffrey M. Friedman

Howard Hughes Medical Institute (Estados Unidos / United States)

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Lotfi A. Zadeh

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Jane Lubchenco

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

Cambio Climático
Climate Change

Susan Solomon

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

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

Paul R. Milgrom

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative)

Suiza / Switzerland

Música Contemporánea
Contemporary Music

Pierre Boulez

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

IV Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

4th Edition

2011

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

Michel G.E. Mayor

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

Didier Queloz

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

Biomedicina
Biomedicine

Alexander Varshavsky

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Carver A. Mead

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Daniel H. Janzen

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

Cambio Climático
Climate Change

Isaac Meyer Held

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

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

Angus Deaton

Universidad de Princeton (Estados Unidos)
Princeton University (United States)
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2015
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) / University of Chicago (United States).
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2013 / 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

108

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) / Jean-Jacques Laffont Foundation (France).
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2014 / 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)

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; *Amenazas para las que no hay vacuna / Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics); Biology and Biomedicine; Information and Communication Technologies; Ecology and Conservation Biology; Climate Change; Threats that have no vaccine*

Juan Pujol: Economía, Finanzas y Gestión de Empresas / Economics, Finance and Management

Pablo Jáuregui: Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades) / Humanities and Social Sciences (Humanities)

Álvaro Guibert: Música y Ópera / Music and Opera

Carlos Gil: Jurados / Committees

Traducción / Translations

Karen Welch: todos los textos a excepción de las páginas 5-6 / all texts except pages 5-6

Diseño gráfico / Graphic design
nu comunicación

Impresión / Printed by
Gráficas Ingugom

Depósito Legal / Legal deposit: BI 01070-2021
Impreso en España / Printed in Spain
Impreso en papel ecológico / Printed on environmentally responsible paper

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*)
 - Ría de Bilbao, Luchana / Bilbao river estuary, Luchana
 - Fondo S. Arana Gorostiaga (Departamento de Historia Contemporánea de la UPV-EHU) / S. Arana Gorostiaga Archive (Department of Contemporary History, UPV-EHU)
 - Bilbao. Altos Hornos de Vizcaya (Desierto) / Bilbao. Altos Hornos de Vizcaya (Desierto plant)
 - Fondo S. Arana Gorostiaga (Departamento de Historia Contemporánea de la UPV-EHU) / S. Arana Gorostiaga Archive (Department of Contemporary History, UPV-EHU)
 - Babcock Wilcox, 1928
 - Fondo S. Arana Gorostiaga (Departamento de Historia Contemporánea de la UPV-EHU) / S. Arana Gorostiaga Archive (Department of Contemporary History, UPV-EHU)
 - Ayuntamiento de Bilbao / Bilbao City Chambers. Getty Images
 - 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. *Foto / Photo:* Erika Barahona Ede, Bilbao, 2021
- 19 NASA, Christopher E. Henze, Science Source
- 20 (A. Paul Alivisatos) Universidad de California en Berkeley / University of California, Berkeley
- 27,43 Sanne Derkx, Getty Images
 - 31 (*Ardem Patapoutian*) Sandy Huffaker, AP Images for HHMI
 - 35 Science Photo
 - 44 (*Sandra Díaz*) Daniel M. Cáceres
 - 44 (*Mark Westoby*) Chris Stacey
 - 51 NASA, USGS EROS Data Center Satellite Systems Branch
 - 59 Opportunity Insights and the US Census Bureau
 - 60 (*Ben S. Bernanke*) The Brookings Institution
 - 68 Sanne Derkx, Getty Images
 - 72 Paul Horowitz, Harvard University
 - 75 (*arriba / top*) Stephanie Mitchell, Harvard University
 - 79 Colección Peter Eötvös, Fundación Paul Sacher, Basilea / Peter Eötvös Collection, Paul Sacher Foundation, Basel
 - 80 Felvégí Andrea
 - 83 Bálint Hrotkó
 - 90 Aitor Ortiz, Palacio Euskalduna / Euskalduna Conference Centre
 - 92 Enrique Moreno Esquibel, Palacio Euskalduna / Euskalduna Conference Centre

