

XV Edición
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
15th Edition

Fundación
BBVA

XV Edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

15th Edition

Carlos Torres Vila

Presidente
Fundación BBVA



Este año resulta especialmente ilusionante la celebración de la XV edición de los Premios Fronteras del Conocimiento. Han pasado ya tres lustros desde que en 2008 la Fundación BBVA puso en marcha unos galardones pioneros, concebidos para reconocer y visibilizar la excelencia científica y cultural a escala global.

Una iniciativa que nació desde la convicción de que el conocimiento es la herramienta más eficaz con la que contamos para afrontar los grandes desafíos de la humanidad.

Desde sus orígenes, los galardones de la Fundación BBVA se concibieron para reflejar el mapa del conocimiento en el siglo XXI y reconocer las contribuciones más significativas de los campos de investigación de vanguardia en el mundo actual.

Las contribuciones galardonadas a lo largo de las primeras quince ediciones de los Premios Fronteras del Conocimiento reflejan el extraordinario poder de la ciencia y la cultura como motores que ponen las oportunidades de una nueva era en manos del conjunto de la sociedad: desde la exploración del micromundo cuántico, el desarrollo de nuevos supermateriales y la búsqueda de nuevos planetas fuera del sistema solar en Ciencias Básicas, hasta la inmunoterapia contra el cáncer, el corta y pega de ADN para reparar defectos genéticos y las claves neurológicas del dolor en Biomedicina; y desde la inteligencia artificial, la arquitectura de ordenadores y la criptografía en Tecnologías de la Información y la Comunicación, hasta las claves del crecimiento, el desarrollo y el funcionamiento de los mercados en Economía, así como la comprensión del lenguaje, la cognición y la racionalidad en Humanidades y Ciencias Sociales... Sin olvidar la música como ámbito decisivo a la hora de configurar y definir la sensibilidad de una época.

Destacaría, además, la visión de futuro y el carácter pionero de estos galardones, que desde el inicio reconocen dos áreas fundamentales de las ciencias del medio ambiente —el Cambio Climático, y la Ecología y Biología de la Conservación— como categorías en un plano de igualdad con las Ciencias Básicas, la Biomedicina, las Tecnologías de Información y la Comunicación, y la Economía.

President
BBVA Foundation

This year it is especially exciting to be celebrating the 15th edition of the Frontiers of Knowledge Awards. Fifteen years have passed since the BBVA Foundation launched a trailblazing program of awards designed to recognize and put the spotlight on world-class scientific and cultural excellence.

An initiative born from the conviction that knowledge is the most effective tool at our command to address the great challenges facing humanity. From the outset, the goal of these BBVA Foundation awards was to reflect the knowledge map of the 21st century and recognize contributions in today's most cutting-edge fields of research.

The contributions recognized in the first fifteen editions of the Frontiers of Knowledge Awards are a reflection of the extraordinary power of science and culture as drivers to bring the age of opportunities to everyone: from the exploration of the quantum microworld, the development of novel supermaterials, and the search for new planets beyond the solar system in the Basic Sciences category, to cancer immunotherapy, the "cut and paste" of DNA to repair genetic defects, and the neurological keys to pain in Biology and Biomedicine; and from artificial intelligence, computer architecture and cryptography in Information and Communication Technologies, to the drivers of growth, development and the functioning of markets in Economics, as well as language comprehension, cognition and rationality in Humanities and Social Sciences... Without forgetting music as a critical field when it comes to shaping and defining the sensibility of a given era.

I would also highlight the disruptive, forward-looking nature of these awards, which from the start have reserved honors for two core areas of environmental sciences — Climate Change, and Ecology and Conservation Biology — as categories equally as important as Basic Sciences, Biomedicine, Information and Communication Technologies and Economics.

Society as a whole now understands the scale of the challenges posed by climate change and the accelerated loss of biodiversity, and is calling for governments and companies to take the necessary steps and act now, before it is too late. The Frontiers of Knowledge

Hoy, la sociedad en su conjunto ha entendido la magnitud de los desafíos que suponen el cambio climático y la pérdida acelerada de biodiversidad, y reclama tanto a los gobiernos como a las empresas que adopten las medidas necesarias para actuar antes de que sea demasiado tarde. Los Premios Fronteras del Conocimiento han contribuido a esta toma de conciencia sobre el papel fundamental del conocimiento ante el desafío del medio ambiente y los demás grandes retos del mundo actual.

Quince años después de su nacimiento, nos sentimos orgullosos de que los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento se hayan consolidado como un indicador de excelencia científica y cultural a escala global. Un éxito que no hubiera sido posible sin la imprescindible colaboración de nuestra principal institución científica multidisciplinar, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y la labor de los jurados de expertos de primer nivel que todos los años realizan una rigurosa evaluación de las candidaturas, a los que queremos dejar constancia de nuestro reconocimiento y gratitud.

Awards have contributed to this new awareness of the fundamental role of knowledge in confronting the environmental challenge and other major issues in the world today.

Fifteen years on, we are proud that the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards are acknowledged as an indicator of scientific and cultural excellence on a global scale. Success that would not have been possible without the indispensable collaboration of our premier multidisciplinary scientific institution, the Spanish National Research Council (CSIC), and the work of the committees comprised of leading experts who conduct a rigorous evaluation of the candidatures presented every year, and to whom I wish to express our appreciation and our thanks.

Eloísa del Pino

Presidenta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



Las obras y biografías de las personas galardonadas en esta XV edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento nos invitan a reflexionar este año, quizás más que nunca, sobre una relación tan compleja y tan nuestra, tan humana, como la existente entre la razón y la emoción.

Gracias a los hallazgos de algunos de estos premiados, este año hemos aprendido que la razón nos permite, al ampliar nuestra capacidad de empatía, perseguir objetivos morales que también son aspiraciones sentimentales y emocionales, como buscar el progreso de la humanidad, el interés general, el pacifismo o evitar el sufrimiento de otros seres vivientes. Además, nos han hecho comprender que, para alcanzar estos propósitos, como individuos y como sociedad debemos hacer ciertas elecciones conscientes. La primera es sobre los fines que queremos perseguir. La segunda atañe a los medios. Tenemos que ser diligentes respecto a los medios para conseguir nuestros propósitos, dotándonos de capacidad y diseñando instituciones y políticas públicas que incentiven determinados comportamientos como la cooperación, y que potencien nuestra habilidad de razonar.

La verdad es que hoy, en plena crisis climática y energética, tras una pandemia, con el retorno de los populismos y otros elementos que ponen en peligro la estabilidad de nuestras democracias, y desubicados con los avances en la inteligencia artificial, sabemos que el principal objetivo que siempre se le ha atribuido a la ciencia, el dominio racional del mundo natural o social, es solo una quimera. Sin embargo, aunque ser conscientes de que en el siglo XXI estamos aún muy lejos de ese propósito nos puede parecer perturbador, alguno de los premiados, que declara que su optimismo sobre el progreso de la humanidad está basado en evidencias, nos diría que podemos y debemos estar esperanzados. Nos mostraría datos que demuestran que la humanidad sigue tenaz e infatigablemente tratando de empujar los límites de lo que por ahora modestamente conoce, utilizando la ciencia como herramienta.

Es probable que este esfuerzo científico sea el resultado de una emoción. Todos podemos intuir que, en la esfera científica, la emoción de los individuos precede muchas veces a la razón. Ello ocurre cuando

President

Spanish National Research Council

The accomplishments and life stories of the winners in this 15th edition of the Frontiers of Knowledge Awards invite us to reflect, perhaps more than ever, on a relationship as complex and profoundly human as the one existing between reason and emotion.

Thanks to the findings of some of this year's awardees, we have learned that reason, by expanding our capacity for empathy, equips us to pursue moral objectives, which are also sentimental and emotional aspirations, such as seeking the progress of humanity, the common good, pacifism or preventing the suffering of other living beings. Moreover, they have made us understand that, to achieve these purposes, as individuals and as a society, we must make certain conscious choices. The first is about the ends we want to pursue; the second relates to the means. We need to be diligent about the means we use to get where we want to be, building our capacities and designing public institutions and policies that encourage certain behaviors, like cooperation, while enhancing our ability to reason.

The truth is that today, in the midst of the climate and energy crises, after a horrific pandemic, with the return of populism and other destabilizing elements in our democracies, and bewildered by the advances in artificial intelligence, we know that the main goal that has always been attributed to science, the rational mastery of the natural or social world, is only a chimera. However, while it may be disheartening to think that in the 21st century we are still very far from that goal, one of the awardees, who declares that his optimism with human progress is firmly evidence-based, would tell us that we can and should be hopeful. He would show us data demonstrating that humanity is still tenaciously and persistently seeking to push the limits of what it still only modestly knows, using science as a tool.

It is likely that this scientific effort starts with an emotion. We can all sense that, in the world of science, the emotion or passion of an individual often precedes reason. This happens when we anticipate that after applying reason, and possibly after a great deal of time and dedication, we will feel the intense emotion of understanding, discovery or the satisfaction of our curiosity.

anticipamos que, tras aplicar la razón y quizá tras mucho tiempo y dedicación, sentiremos la emoción intensa del entendimiento, del desarrollo o de la satisfacción de la curiosidad.

Como sociedad también podemos emocionarnos con la ciencia al descubrir quiénes somos y cómo funciona nuestro mundo. Podemos convertir estas emociones en el motor que impulse la apuesta social por la ciencia. Sin embargo, si algo hemos aprendido del trabajo de los premiados, es que, en realidad, no existen las serendipias, aunque a veces nos guste creerlo. En realidad, también, la ciencia necesita emociones, estructuras e instituciones que le proporcionen un apoyo estable y previsible.

Gracias a la Fundación BBVA por formar parte de esta estructura de apoyo a la ciencia. Gracias a todos los premiados por emocionarnos con la música, por desafiar el tiempo, intuir lo que no podemos ver, retornos con lo simple y con lo sofisticado, o por no permitirnos conformarnos con una moral cómoda. Gracias por tratar de resolver los desafíos colectivos, como la lucha contra la enfermedad, la conservación de la biodiversidad o la estabilidad de la democracia o, simplemente, gracias por tratar de ampliar las fronteras del conocimiento humano.

As a society we can also get excited about science as we discover who we are and how our world works. We can turn these emotions into the engine that drives social engagement with science. However, if we have learned anything from the work of the awardees it is that, like it or not, in real life there is no such thing as serendipity. In real life, science needs emotions, structures and institutions that provide it with stable and predictable support.

Thanks to the BBVA Foundation for being part of this support structure for science. Thanks to all the award winners for thrilling us with music, for defying time, for perceiving what we cannot see, for challenging us with the simple and the sophisticated, and for stopping us from settling for an easy morality. Thank you for trying to solve collective challenges, like the fight against disease, the conservation of biodiversity or the stability of democracy, or quite simply thank you for trying to expand the frontiers of human knowledge.

Juan Mari Aburto

Alcalde

Ayuntamiento de Bilbao



¡Qué bueno sería que la humanidad dedicara todos sus esfuerzos al conocimiento y dejaran de sonar para siempre esos tambores de guerra que arruinan países y vidas humanas! Con la esperanza de que un mundo mejor es posible, porque, de hecho, no existe otra alternativa, Bilbao agradece una vez más a la Fundación BBVA su apuesta por nuestra ciudad como sede permanente de los Premios Fronteras del Conocimiento.

Por unos días, esta ciudad orgullosa de sus raíces, pero abierta al futuro, que piensa y actúa con vocación global, se convertirá en punto de encuentro de algunas de las mentes más brillantes del mundo entero, cuyo trabajo y dedicación contribuyen a mejorar la vida de todas las personas, haciendo frente a los grandes retos sociales, económicos y medioambientales a los que nos enfrentamos en la actualidad.

Vivimos tiempos de gran incertidumbre. Nos encontramos en una encrucijada crítica de nuestra historia, en la que es más necesario que nunca hablar de buenas noticias que nos permitan seguir mirando al futuro con esperanza. Y una de esas buenas noticias es que existen grandes personas con grandes capacidades, cuya labor de avanzadilla en el mundo de la ciencia, la investigación, la ecología, el cambio climático, la economía, las humanidades o la música es reconocida cada año por la Fundación BBVA a través de estos Premios Fronteras del Conocimiento.

Es una buena noticia saber que aún podemos evitar los peores escenarios del calentamiento global, como han demostrado James C. Zachos y Ellen Thomas, galardonados con el Premio Fronteras en Cambio Climático.

También es una excelente noticia el avance alcanzado por David Baker, Demis Hassabis y John Michael Jumper —premiados Fronteras en Biología y Biomedicina— en la definición de la estructura tridimensional de las proteínas, que permitirá desarrollar nuevos tratamientos contra múltiples enfermedades.

Otras buenas noticias galardonadas en esta XV edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento hacen referencia a la ecología conductual y evolutiva de los animales, de la mano de Susan C. Alberts, Jeanne Altmann y Marlene Zuk, premiadas en

Mayor

Bilbao City Council

Wouldn't it be wonderful if humanity devoted all its efforts to knowledge, and the drums of war that devastate countries and human lives fell silent for all time! In the hope that a better world is possible, since there is, in fact, no other alternative, Bilbao offers its renewed thanks to the BBVA Foundation for committing to our city as the permanent home of the Frontiers of Knowledge Awards.

For a few days, this city that thinks and acts globally, proud of its roots but embracing the future, will become the meeting place for some of the world's most brilliant minds, whose work and dedication contribute to improving the lives of people everywhere, addressing the huge social, economic and environmental challenges that currently confront us.

We live in times of great uncertainty. We stand at a critical crossroads in our history where, now more than ever, we need to talk about the good news stories that keep us looking to the future with hope. One such story is that there are great people out there with great abilities, whose groundbreaking endeavors in the worlds of science, research, ecology, climate change, economics, the humanities and music are distinguished each year by the BBVA Foundation through these Frontiers of Knowledge Awards.

It is good news that we can still avert the worst-case scenario in global warming, as shown by the Frontiers laureates in Climate Change, James C. Zachos and Ellen Thomas.

And what to say of the advances made by David Baker, Demis Hassabis and John Michael Jumper – Frontiers laureates in Biology and Biomedicine – in defining the three-dimensional structure of proteins, which bring the excellent news of potential new treatments for multiple conditions.

Other upbeat stories recognized in this 15th edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards touch on the behavioral and evolutionary ecology of animals, as studied by Susan C. Alberts, Jeanne Altmann and Marlene Zuk, awardees in the category of Ecology and Conservation Biology; and the linkages between the political and economic world elucidated

la categoría de Ecología y Biología de la Conservación; y a las conexiones entre el mundo político y el económico, gracias al trabajo de Timothy Besley, Torsten Persson y Guido Tabellini en la categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas.

También han sido premiados Anne L'Huillier, Paul Corkum y Ferenc Krausz en la categoría de Ciencias Básicas por sus aportaciones a la attofísica, que han hecho posible la observación de fenómenos subatómicos en la escala de tiempo más breve captada por el ser humano, con enormes implicaciones tanto en la física como en el desarrollo de nuevos materiales y en la cura de enfermedades hasta ahora incurables.

En la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación, el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en esta XV edición ha sido concedido al profesor Alberto Sangiovanni Vincentelli por la transformación radical del diseño de los chips y el impulso a la industria moderna de los semiconductores.

Yo soy de los que piensan que el mundo sigue avanzando a pesar de las dificultades.

Es verdad que los nuevos tiempos traen nuevos riesgos, como los que últimamente se asocian al desarrollo incontrolado de la inteligencia artificial, pero como dice Steven Pinker, premio Fronteras en Humanidades y Ciencias Sociales junto a Peter Singer, «cuando la racionalidad se pone al servicio de maximizar el bienestar humano, eso es lo que puede impulsar el progreso».

Ese sentido de racionalidad solidaria—junto a nuestra capacidad de empatía y respeto a la diversidad, y a esa capacidad de crear belleza en forma de arte, como viene haciéndolo desde hace años Thomas Adès, premio Fronteras en Música y Ópera—es lo que nos hace verdaderamente humanos y lo que nos hace sentir que, efectivamente, otro mundo mejor va a ser posible más pronto que tarde.

by Economics, Finance and Management laureates Timothy Besley, Torsten Persson and Guido Tabellini.

Awards have also gone to Anne L'Huillier, Paul Corkum and Ferenc Krausz in the Basic Sciences category for their contributions in attophysics, which have enabled observation of subatomic processes over the shortest time scale captured by science, with major implications not just in physics but also for the development of novel materials and the treatment of hitherto incurable diseases.

In the Information and Communication Technologies category, the 15th BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award was granted to Professor Alberto Sangiovanni Vincentelli for his radical transformation of chip design, which ushered in the modern semiconductor industry.

I am one of those people who believe that the world will go on advancing, despite the setbacks.

It is true that new times bring new risks, like those lately associated with the uncontrolled development of artificial intelligence, but in the words of Steven Pinker, who, with Peter Singer, shares the Frontiers award in the Humanities and Social Sciences, “when rationality is deployed in the service of maximizing human well-being, that is what can drive progress.”

This kind of caring rationality – together with our capacity for empathy and respect for diversity, and our ability to create beauty in the form of art, as Thomas Adès, Frontiers laureate in Music and Opera, has been doing for years – is what makes us truly human. It is also what makes us feel that, sooner rather than later, another, better world will have its day.



Índice

Premios Awards	12	Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
	14	Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Anne L'Huillier, Paul Corkum y Ferenc Krausz
	26	Biología y Biomedicina David Baker, Demis Hassabis y John Michael Jumper
	36	Tecnologías de la Información y la Comunicación Alberto Sangiovanni Vincentelli
	48	Ecología y Biología de la Conservación Susan C. Alberts, Jeanne Altmann y Marlene Zuk
	62	Cambio Climático James C. Zachos y Ellen Thomas
	72	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Timothy Besley, Torsten Persson y Guido Tabellini
	82	Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades) Steven Pinker y Peter Singer
	92	Música y Ópera Thomas Adès
	102	Símbolo artístico Fronteras del Conocimiento
	104	Concierto
	106	Ceremonia de entrega
	108	Galardonados en ediciones anteriores por categorías
	116	Galardonados en ediciones anteriores por años
	124	Créditos

Contents

About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics) Anne L'Huillier, Paul Corkum and Ferenc Krausz
Biology and Biomedicine David Baker, Demis Hassabis and John Michael Jumper
Information and Communication Technologies Alberto Sangiovanni Vincentelli
Ecology and Conservation Biology Susan C. Alberts, Jeanne Altmann and Marlene Zuk
Climate Change James C. Zachos and Ellen Thomas
Economics, Finance and Management Timothy Besley, Torsten Persson and Guido Tabellini
Humanities and Social Sciences (Humanities) Steven Pinker and Peter Singer
Music and Opera Thomas Adès
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, disciplinares o supradisciplinares, en las áreas de las ciencias básicas, naturales y sociales, y de la tecnología. Se reconoce también la creación de excelencia en la música y la ópera de nuestro tiempo. Asimismo, se presta atención particular a dos áreas críticas de la investigación del medio ambiente: el cambio climático, y la ecología y biología de la conservación. En la XI 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 Biomedicina; Economía, Finanzas y Gestión de Empresas), al tiempo que se preserva la posibilidad de reconocer avances de significado especial en tan solo una de ellas. Los premios, de carácter anual, reconocen además el hecho de que muchas de las contribuciones decisivas al conocimiento de nuestra época son resultado de la colaboración de grandes equipos de investigadores, lo que lleva, a diferencia de otros que recaen en una sola persona o, en todo caso, en un número no superior a tres, a aceptar la

About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

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

The Frontiers Awards distinguish fundamental disciplinary or interdisciplinary advances in basic, natural, and social sciences and technology, alongside creative activity of excellence in the music and opera of our time. Honors are also reserved for two vital areas of environmental research: climate change and ecology and conservation biology. 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 Biomedicine; Economics, Finance and Management), while retaining the option to distinguish an outstanding advance in one discipline alone. The awards, organized annually, also acknowledge the fact that many seminal contributions to our current stock of knowledge are the result of collaborative working between large research teams. This is why, unlike other prizes reserved for one person alone or perhaps three at most, they may be shared by any number of any size teams, provided the achievement being recognized is the result of collaborative or parallel working. They also highlight, alongside the basic and natural sciences and ICT, the importance of the

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.

«La investigación con attosegundos es fascinante y se está expandiendo en muchas direcciones».

“Attosecond research is a fascinating field that is right now exploding in every direction.”

Anne L'Huillier

«La attofísica trata de realizar las mediciones más rápidas que nosotros como humanos podemos lograr».

“Attophysics is about making the fastest measurements that we as humans can make.”

Paul Corkum

«Avanzamos hacia una escala de tiempo hasta entonces inaccesible y logramos que los procesos extremadamente rápidos fueran observables».

“We are moving into a time domain that was once completely inaccessible, where extremely fast processes can be rendered observable.”

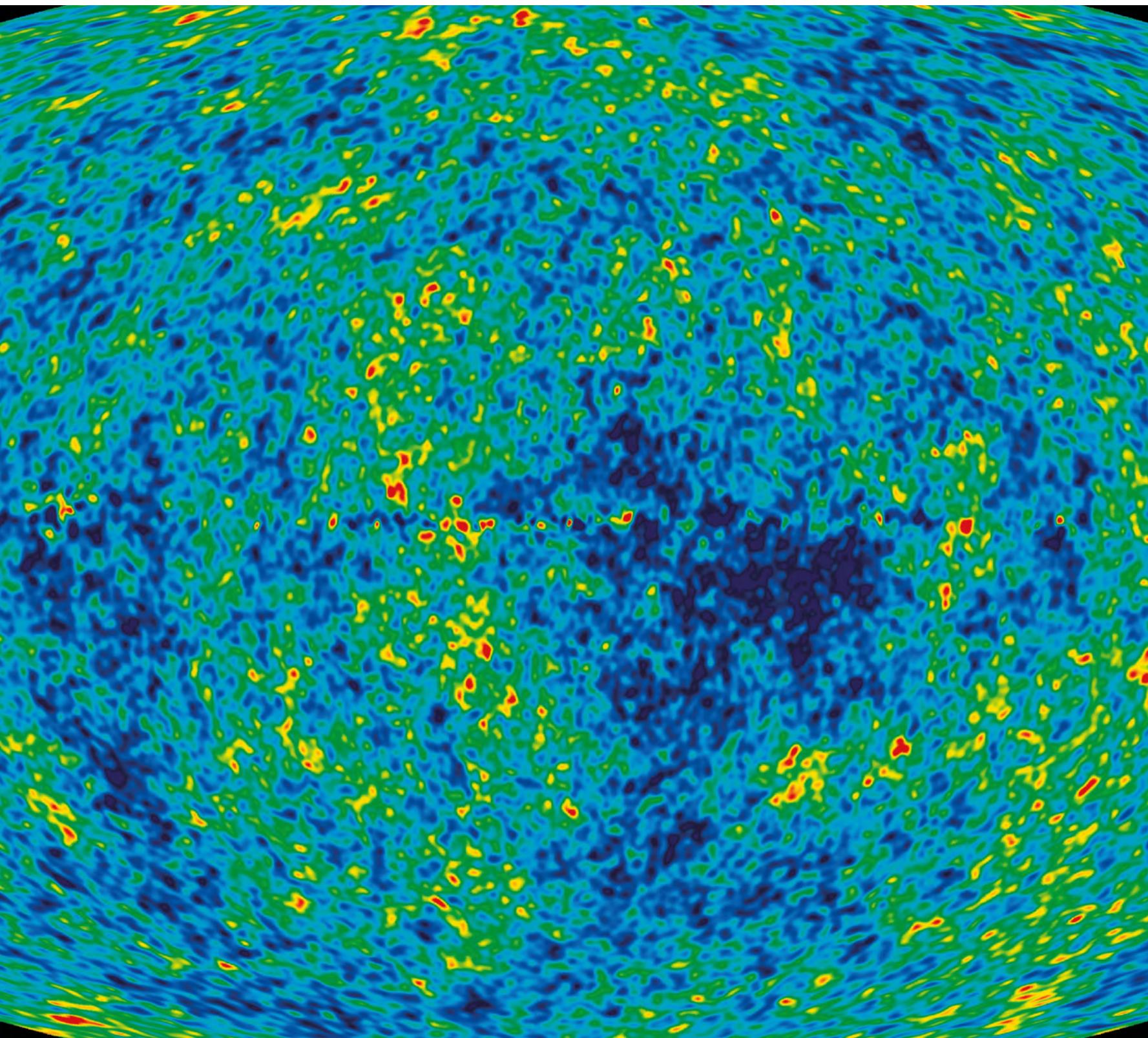
Ferenc Krausz

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas
(Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences
(Physics, Chemistry, Mathematics)





Anne L'Huillier

Paul Corkum

Ferenc Krausz

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas
(Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences
(Physics, Chemistry, Mathematics)

17

La escala de tiempo más breve captada por el ser humano

En 1987, Anne L'Huillier sembró una semilla que, pocos años más tarde, recogieron Paul Corkum y Ferenc Krausz. Sus descubrimientos, por los que han recibido el Premio Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas, sentaron las bases de lo que hoy es la attofísica, un campo de investigación que ha permitido realizar observaciones directas de fenómenos de la naturaleza que anteriormente estaban vetados a la percepción humana.

La herramienta clave que desarrollaron L'Huillier, Corkum y Krausz es la creación de los pulsos de luz más cortos jamás generados. Su duración se mide en attosegundos, un brevíssimo intervalo de tiempo que corresponde a la trillonésima parte de un segundo: un attosegundo es a un segundo lo que un segundo es a la edad del universo. Estos pulsos de luz ultracortos hacen las veces de una cámara con un tiempo de exposición tan asombrosamente rápido que es capaz de captar incluso el movimiento de un electrón que tarda 150 attosegundos en dar una vuelta completa en torno al núcleo de un átomo de hidrógeno.

La attofísica, explica Paul Corkum, catedrático de Física en la Universidad de Ottawa (Canadá), «trata de realizar las mediciones más rápidas que nosotros como humanos podemos lograr. Para mí, eso la sitúa en la vanguardia del conocimiento».

El descubrimiento fundacional de la attofísica lo realizó L'Huillier cuando se propuso averiguar qué sucedía al someter a los átomos a pulsos breves e intensos de luz láser infrarroja. Esperaba ver luz fluorescente, pero se sorprendió al comprobar que los átomos parecían emitir ondas de luz a altísimas frecuencias, es decir, rayos X de altísima energía.

The shortest time scale captured by science

In 1987, Anne L'Huillier sowed a seed that would later be watered and grown by Paul Corkum and Ferenc Krausz. Their discoveries, for which they share the Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences, laid the groundwork for the modern science of attophysics, a research field enabling direct observation of natural processes that were once off-limits to the human eye.

L'Huillier, Corkum and Krausz's achievement was to create the shortest light pulses ever generated. So short that their duration is measured in attoseconds, a minuscule unit of time that equates to one billionth of a billionth of a second, meaning an attosecond is to a second as a second is to the age of the universe. These ultrashort light pulses act like a camera with a shutter time so dizzyingly fast that it can capture the movement of a hydrogen atom electron that takes 150 attoseconds to circle the nucleus.

“Attophysics,” explains Paul Corkum, Professor of Physics at the University of Ottawa (Canada), “is about making the fastest measurements that we as humans can make. And that, I think, is what places it at the forefront of knowledge.”

It was L'Huillier who made the first crucial contribution to the field's development, when she became intrigued by the question of what would happen if atoms were subjected to short, intense infrared laser pulses. She expected to see fluorescent light, but was surprised to find that the atoms appeared to be emitting light waves at very high frequencies, that is, extremely high-energy X-rays.

L'Huillier, now Professor of Atomic Physics at Lund University (Sweden), had achieved the highest

L'Huillier, Corkum y Krausz han logrado generar los pulsos de luz más cortos jamás creados, convirtiéndose en los pioneros de la llamada attofísica. Sus descubrimientos han hecho posible la observación de fenómenos subatómicos en la escala del attosegundo, una medida equivalente a la trillonésima parte de un segundo.

L'Huillier, Corkum and Krausz's achievement in generating the shortest ever light pulses has placed them at the forefront of the field known as attophysics. Their discoveries have permitted observation of subatomic processes on the attosecond scale, a unit of time equating to one billionth of a billionth of a second.

L'Huillier, hoy catedrática de Física Atómica en la Universidad de Lund (Suecia), había alcanzado la frecuencia más alta jamás lograda al hacer interactuar pulsos de luz láser con la materia. «Era realmente fascinante, fue el primer paso para generar un pulso de attosegundos. Desde entonces este campo de investigación se ha expandido en muchas direcciones», recuerda la científica.

Reconstruyendo lo sucedido, L'Huillier reparó en que el láser actuaba sobre los átomos como las olas de mar sobre un alga sujetada a una roca. Cada vez que llega una ola, el alga se extiende completamente, para luego replegarse cuando la ola se retira. Por eso, las algas oscilan arriba y abajo en sintonía con las olas. De la misma forma, la llegada de un pulso de láser provocaba que los electrones, que envuelven a los átomos, se alejaran y posteriormente volvieran a su posición inicial cuando el pulso de láser se retiraba. En el camino de vuelta, los electrones emitían aquellas ondas de luz de altísima frecuencia. La metáfora del alga es creación de Paul Corkum a partir de la reconstrucción de L'Huillier. Corkum, además, desarrolló un modelo que describía matemáticamente la interacción entre el láser y los átomos. El descubrimiento de L'Huillier y el modelo teórico de Corkum sembrarían la semilla de lo que hoy es la attofísica.

Mientras visitaba Viena en la década de 1990, Corkum conoció a Ferenc Krausz, entonces un joven investigador posdoctoral en esa universidad. «Corkum me inspiró como nadie con sus conceptos, que indicaban que podría haber una manera de avanzar hacia una escala de tiempo hasta entonces inaccesible, y lograr que los procesos extremadamente rápidos fueran observables», recuerda Krausz, hoy director de la División de Física del Attosegundo en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania) y catedrático de Física Experimental en la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich.

Corkum y Krausz conocían el trabajo de L'Huillier y enseguida concluyeron que podría ser la base para generar los pulsos de luz más cortos jamás creados. Tenían presente que, en general, los pulsos cortos de luz eran el vehículo para llegar a observar el universo de lo pequeño. Con pulsos de luz solo un poco más largos de

frequency ever recorded through the interaction of laser light pulses with matter. "It was truly fascinating; the first step toward generating an attosecond pulse. And a field of research that has since exploded in every direction," she observes.

Retracing her steps, the scientist realized that the laser was acting on the atoms the way waves act on seaweed on a rock. Each time a wave comes in, the seaweed unfurls to its full extent, only to drop back when the wave recedes. The seaweed, in other words, bounces up and down in time with the waves. In similar fashion, the arrival of a laser pulse pulls away the electrons surrounding the atom, which then resume their initial position once the pulse stops. It was on the way back, it turned out, that the electrons emitted those high-frequency light waves. The seaweed metaphor was originally devised by Paul Corkum on the basis of L'Huillier's reconstruction. He also developed a model that mathematically described the interaction between laser and atoms. It was L'Huillier's discovery and Corkum's theoretical model that together sowed the seeds of today's attophysics.

While visiting Vienna in the 1990s, Corkum met Ferenc Krausz, then studying there as a young postdoc. "Corkum inspired me with his concepts like no one else. What I took from them was that there might be a way to move forward into a time domain that was completely inaccessible beforehand, and render extremely fast processes observable," recalls Krausz, Director of the Attosecond Physics Division at the Max Planck Institute of Quantum Optics (Garching, Germany) and Professor of Experimental Physics at Ludwig Maximilian University of Munich.

Corkum and Krausz were familiar with L'Huillier's work and quickly agreed that it could hold the key to generating the shortest light flashes ever created. They were aware that, in general, short light pulses were the vehicle to access and observe the universe of the small. Indeed with pulses just a little longer than those they were aiming for, scientists had already managed to glimpse the movement of atoms within molecules.

But they wanted to take this idea of ultrafast photography even further, and apply it to tracing the movement

los que ellos querían crear, ya se había logrado atisbar el movimiento de los átomos dentro de las moléculas.

Pero ellos querían ampliar todavía más esta idea de la fotografía ultrarrápida para alcanzar a ver el movimiento de los electrones, que es hasta mil veces más rápido que el de los átomos.

Fue así como repararon en que las ondas de luz generadas por L'Huillier eran las candidatas ideales para la tarea. Aquellas ondas oscilaban a frecuencias tan altas que emitían pulsos de luz de unos cuantos attosegundos de duración.

Faltaba solo aislar los pulsos de luz para poder emitirlos de uno en uno. Para lograrlo, dieron con una idea sencilla pero eficaz: decidieron acortar el pulso inicial de luz infrarroja (el que hace las veces de la ola de mar) todo lo posible para que el electrón (el alga) subiera y bajara una sola vez. Así fue como obtuvieron un solo pulso de luz de unos cien attosegundos de duración. Aquel experimento, publicado en 2001, marcó «el nacimiento de la atófísica experimental», en palabras de Krausz. Abrió la puerta a observaciones detalladas del movimiento de los electrones y validó una serie de predicciones formuladas por la física teórica décadas atrás, pero que nunca se habían podido comprobar en el laboratorio.

Ahora que la física del attosegundo ha demostrado su potencial, los premiados tratan de exprimirla al máximo con el fin de explorar la materia de la que está compuesta la naturaleza y desarrollar posibles aplicaciones en campos como la biomedicina.

En concreto, Krausz se ha propuesto analizar el plasma sanguíneo mediante pulsos de attosegundos para extraer la valiosa información que contiene sobre el estado de salud del propio individuo. En análisis preliminares de muestras con esta técnica, ya se han podido detectar ocho tipos de cáncer, diabetes e infarto, abriendo la puerta al diagnóstico temprano de multitud de enfermedades.

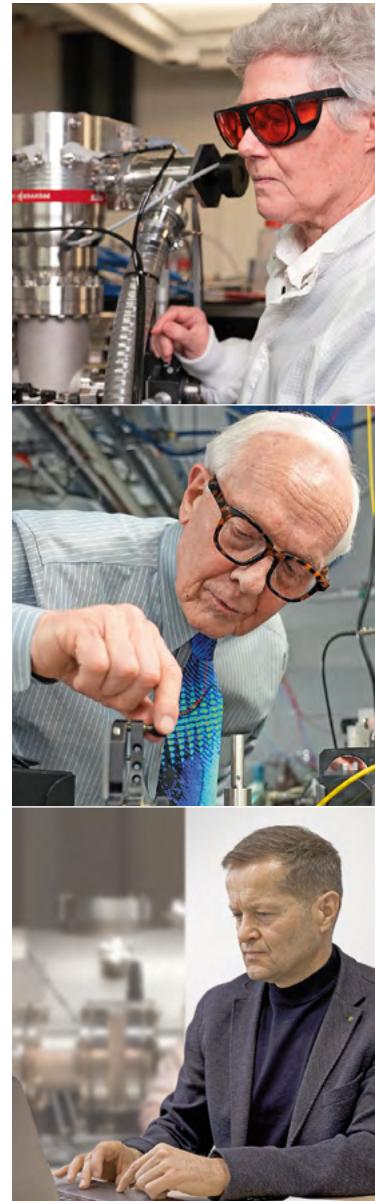
of electrons, up to a thousand times faster than that of atoms.

The light waves generated by L'Huillier, they realized, could be the ideal candidate for the task, as they oscillated at such high frequencies that they emitted light pulses of a few attoseconds duration.

All that was needed was to isolate the light pulses into individual flashes so they could be emitted one by one. The solution they came up with was simple but effective. They decided to go as far as possible in shortening the initial infrared pulse (the wave hitting the rock), so the electron (the seaweed) would rise and fall just once, and by doing so obtained a single light pulse lasting around one hundred attoseconds. This experiment, published in 2001, marked what Krausz calls “the birthday of experimental attophysics.” As well as opening the door to detailed observation of electron motion, it was able to validate a series of predictions formulated decades back by theoretical physics, which had previously been inaccessible to testing in the lab.

Now that attosecond physics has revealed its unquestionable potential, the awardees wish to use it to delve deeper into the mysteries of the matter all nature is composed of, and to develop possible applications in fields like biomedicine.

Krausz, in particular, has been looking at ways to use attosecond pulses in the analysis of blood plasma, to extract the valuable cues it can offer on the donor's health status. He explains that in preliminary studies, researchers have detected eight different types of cancers, diabetes, and stroke, suggesting that the technique could prove game-changing for the early diagnosis of multiple conditions.



Más información:

Anne L'Huillier



Paul Corkum



Ferenc Krausz



Más información:

Anne L'Huillier



Paul Corkum



Ferenc Krausz

**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 catedrático de Física Experimental 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).

Hongkun Park

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

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).

María José García Borge

Profesora de investigación en el Instituto de Estructura de la Materia (CSIC), su campo de especialización es la estructura nuclear de núcleos exóticos, y entre sus hallazgos figuran nuevos isótopos del radón y nuevos modos exóticos de desintegración, así como caracterizar la estructura de halo en los núcleos mediante numerosos procesos. Autora de más de trescientas publicaciones, ha sido directora de ISOLDE, la instalación del CERN dedicada a la investigación de frontera sobre el núcleo atómico. Es asesora de diversas instalaciones de física nuclear en Italia, Alemania, Estados Unidos, Japón y Corea.

Nigel Hitchin

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

Aitziber López Cortajarena

Es profesora de investigación Ikerbasque y líder del laboratorio de Nanotecnología Biomolecular en el CIC biomaGUNE (Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales, España), institución de la que es directora científica. Autora de más de cien artículos científicos, dos libros y cinco patentes, es editora senior de *Protein Science* y ha sido editora asociada de *ACS Applied Biomaterials*. Es vicepresidenta de la Sociedad de Biofísica de España y ha recibido, entre otras distinciones, el Premio Horizon de la Royal Society de Química (Reino Unido).

Committee chair

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

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.

A Research Professor at the Institute of the Structure of Matter (CSIC, Spain), her specialist field is the nuclear structure of exotic nuclei, where her findings include new radon isotopes and new exotic modes of decay. She has also characterized the halo structure of nuclei by numerous processes. Author of more than 300 publications, she is a former head of ISOLDE, the CERN facility dedicated to frontier research on the atomic nucleus, and currently serves as an advisor to nuclear physics facilities in Italy, Germany, the United States, Japan and South Korea.

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

Ikerbasque Research Professor and head of the Biomolecular Nanotechnology Group at CIC biomaGUNE (Center for Cooperative Research in Biomaterials, Spain), where she is also Scientific Director. Author of over 100 scientific papers, two books and five patents, she is a Senior Editor of *Protein Science* (Wiley) and has served as an associate editor for *ACS Applied Biomaterials*. She is currently Vice-President of the Spanish Biophysical Society (SBE), and her distinctions include the Horizon Prize of the Royal Society of Chemistry (United Kingdom).



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.

Es titular de la Cátedra Charles N. Mellowes de Ingeniería en la Universidad de Cornell (Estados Unidos) y *distinguished visiting professor* en el Instituto Indio de Tecnología de Kanpur (India). Ha sido director de lo que hoy se denomina la Infraestructura Nacional Coordinada en Nanotecnología (NNCI) (Estados Unidos). 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 nanoescala, que obliga a aplicar conocimientos de ingeniería, física e informática.

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 previously served as president.

Charles N. Mellowes Professor in Engineering at Cornell University (United States), and currently a Distinguished Visiting Professor at the Indian Institute of Technology in Kanpur. He is also a former director of what is now the National Nanotechnology Coordinated Infrastructure (United States), and was a founding editor of the journal *Transactions on Nanotechnology*. His research primarily concerns the questions that arise when connecting large scales, such as those of massively integrated electronic systems, to nanoscales, applying knowledge from engineering, physics and computing sciences.

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 la categoría de Ciencias Básicas ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **Anne L'Huillier**, **Paul Corkum** y **Ferenc Krausz** por sus estudios pioneros de los procesos ultrarrápidos y sus avances en la física del attosegundo.

Los galardonados han mostrado cómo observar y controlar el movimiento de los electrones en átomos, moléculas y sólidos con pulsos de luz ultracortos en escalas de tiempo de cien attosegundos. Un attosegundo es aproximadamente el tiempo que tarda la luz en atravesar un átomo y es la escala natural del movimiento electrónico en la materia. Esta escala temporal era hasta ahora inaccesible para los estudios experimentales debido a la falta de pulsos de luz con una duración lo suficientemente corta.

Anne L'Huillier realizó innovadores experimentos para producir luz con longitudes de onda y duración muy cortas, que fueron fundamentales para la exploración de la materia en attosegundos. Paul Corkum desarrolló experimentos y una imagen física intuitiva para la generación de luz de longitud de onda corta, que en última instancia permitió obtener imágenes de orbitales moleculares. Ferenc Krausz generó pulsos de luz ultracortos individuales y los utilizó para sondear el movimiento de los electrones en los átomos. Estas contribuciones pioneras han abierto nuevas y apasionantes fronteras en distintos campos, como la física atómica, la fotoquímica y la ciencia de los materiales.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Basic Sciences category goes, in this fifteenth edition, to **Anne L'Huillier**, **Paul Corkum** and **Ferenc Krausz** for their pioneering studies of ultrafast processes and breakthroughs in attosecond physics.

The awardees have shown how to observe and control the motion of electrons in atoms, molecules, and solids with ultrashort light pulses on time scales of about one hundred attoseconds. One attosecond is approximately the time for light to travel across an atom and is the natural scale for electronic motion in matter. This time scale was previously inaccessible to experimental studies due to the lack of light pulses with short enough duration.

Anne L'Huillier performed pathbreaking experiments to produce light with very short wavelengths and duration that were seminal to attosecond probing of matter. Paul Corkum developed experiments and an intuitive physical picture for short wavelength light generation, which ultimately allowed the imaging of molecular orbitals. Ferenc Krausz generated ultrashort single light pulses and used them to probe electron motion in atoms. These groundbreaking contributions have opened exciting new frontiers in different areas, including atomic physics, photochemistry, and materials science.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Comisión de Física

COORDINADORA

Marisol Martín González

Investigadora científica en el Instituto de Micro y Nanotecnología (CSIC)

MIEMBROS

Alberto Casas González

Profesor de investigación en el Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM)

Alfonso Cebollada Navarro

Profesor de investigación en el Instituto de Micro y Nanotecnología (CSIC)

Lourdes Fábrega Sánchez

Científica titular en el Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona (CSIC)

Alejandro Luque Estepa

Científico titular en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)

Comisión de Química

COORDINADOR

José M. Mato

Director general de CIC bioGUNE (Centro de Investigación Cooperativa en Biociencias) y de CIC biomaGUNE (Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales)

Physics Committee

COORDINATOR

Marisol Martín González

Research Scientist at the Institute of Micro- and Nanotechnology (CSIC)

MEMBERS

Alberto Casas González

Research Professor at the Institute for Theoretical Physics (CSIC-UAM)

Alfonso Cebollada Navarro

Research Professor at the Institute of Micro- and Nanotechnology (CSIC)

Lourdes Fábrega Sánchez

Tenured Researcher at the Institute of Materials Science of Barcelona (CSIC)

Alejandro Luque Estepa

Tenured Researcher at the Institute of Astrophysics of Andalusia (CSIC)

Chemistry Committee

COORDINATOR

José M. Mato

General Director of CIC bioGUNE (Center for Cooperative Research in Biosciences) and CIC biomaGUNE (Center for Cooperative Research in Biomaterials)

MIEMBROS

Miguel Ángel Bañares González

Profesor de investigación en el Instituto de Catálisis y Petroquímica (CSIC)

Ethel Eljarrat Esebag

Investigadora científica en el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (CSIC)

Francisco García Labiano

Coordinador adjunto del Área Global Materia e investigador científico en el Instituto de Carboquímica (CSIC)

Jesús Jiménez-Barbero

Director científico de CIC bioGUNE y profesor de investigación Ikerbasque en el Laboratorio de Glicobiología Química

Gonzalo Jiménez-Osés

Investigador principal en el Laboratorio de Química Computacional de CIC bioGUNE

Luis Liz-Marzán

Investigador principal en el Laboratorio de Bionanoplasmónica de CIC biomaGUNE

Aitziber López Cortajarena

Profesora de investigación Ikerbasque, directora científica e investigadora principal en el Laboratorio de Nanotecnología Biomolecular de CIC biomaGUNE

María Luz Sanz Murias

Investigadora científica en el Instituto de Química Orgánica General (CSIC)

MEMBERS

Miguel Ángel Bañares González

Research Professor at the Institute of Catalysis and Petrochemistry (CSIC)

Ethel Eljarrat Esebag

Research Scientist at the Institute of Environmental Assessment and Water Research (CSIC)

Francisco García Labiano

Deputy Coordinator of the Materia Global Area and Research Scientist at the Institute of Carbochemistry (CSIC)

Jesús Jiménez-Barbero

Scientific Director of CIC bioGUNE and Ikerbasque Research Professor in the Chemical Glycobiology Lab

Gonzalo Jiménez-Osés

Principal Investigator in the Computational Chemistry Lab at CIC bioGUNE

Luis Liz-Marzán

Principal Investigator in the Bionanoplasmronics Lab at CIC biomaGUNE

Aitziber López Cortajarena

Ikerbasque Research Professor, Scientific Director and Principal Investigator in the Biomolecular Nanotechnology Lab at CIC biomaGUNE

María Luz Sanz Murias

Research Scientist at the Institute of General Organic Chemistry (CSIC)

Comisión de Matemáticas

COORDINADOR

José María Martell Berrocal

Vicepresidente de Investigación Científica y
Técnica del CSIC

MIEMBROS

María Jesús Carro Rosell

Catedrática de Análisis Matemático en la
Universidad Complutense de Madrid

Alberto Enciso Carrasco

Profesor de investigación en el Instituto de
Ciencias Matemáticas (CSIC)

Elisenda Feliú

Profesora asociada en el Departamento de Ciencias
Matemáticas de la Universidad de Copenhague
(Dinamarca)

Francisco Martín Serrano

Catedrático en el Departamento de Geometría y
Topología de la Universidad de Granada

Mathematics Committee

COORDINATOR

José María Martell Berrocal

CSIC Vice-President for Scientific and Technical
Research

MEMBERS

María Jesús Carro Rosell

Professor of Mathematical Analysis at the
Universidad Complutense de Madrid

Alberto Enciso Carrasco

Research Professor at the Institute of Mathematical
Sciences (CSIC)

Elisenda Feliú

Associate Professor in the Department of
Mathematical Sciences at the University of
Copenhagen (Denmark)

Francisco Martín Serrano

Professor in the Department of Geometry and
Topology at the University of Granada

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Anne L'Huillier

Fue nominada por:

- **Stephen Leone**, titular de la Cátedra John R. Thomas de Química Física en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)
- **Fernando Martín**, director científico del proyecto Severo Ochoa de IMDEA Nanociencia (España)
- **Pascal Salières**, director del Grupo de Attofísica en CEA París-Saclay (Comisión Francesa de Energías Alternativas y Energía Atómica), Francia

Paul Corkum y Ferenc Krausz

Fueron nominados por:

- **Stephen Leone**, titular de la Cátedra John R. Thomas de Química Física en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)
- **Fernando Martín**, director científico del proyecto Severo Ochoa de IMDEA Nanociencia (España)

Anne L'Huillier

Was nominated by:

- **Stephen Leone**, John R. Thomas Endowed Chair in Physical Chemistry at the University of California, Berkeley (United States)
- **Fernando Martín**, Scientific Director of the Severo Ochoa project at IMDEA Nanociencia (Spain)
- **Pascal Salières**, Head of the Attophysics Group at CEA Paris-Saclay (French Alternative Energies and Atomic Energy Commission), France

Paul Corkum and Ferenc Krausz

Were nominated by:

- **Stephen Leone**, John R. Thomas Endowed Chair in Physical Chemistry at the University of California, Berkeley (United States)
- **Fernando Martín**, Scientific Director of the Severo Ochoa project at IMDEA Nanociencia (Spain)

«Creemos que casi toda la medicina se verá transformada por la revolución del diseño de proteínas».

“We believe that almost all of medicine will be transformed by the protein design revolution.”

David Baker

«AlphaFold ya ha incidido en la investigación biológica con un gran impacto en muy poco tiempo».

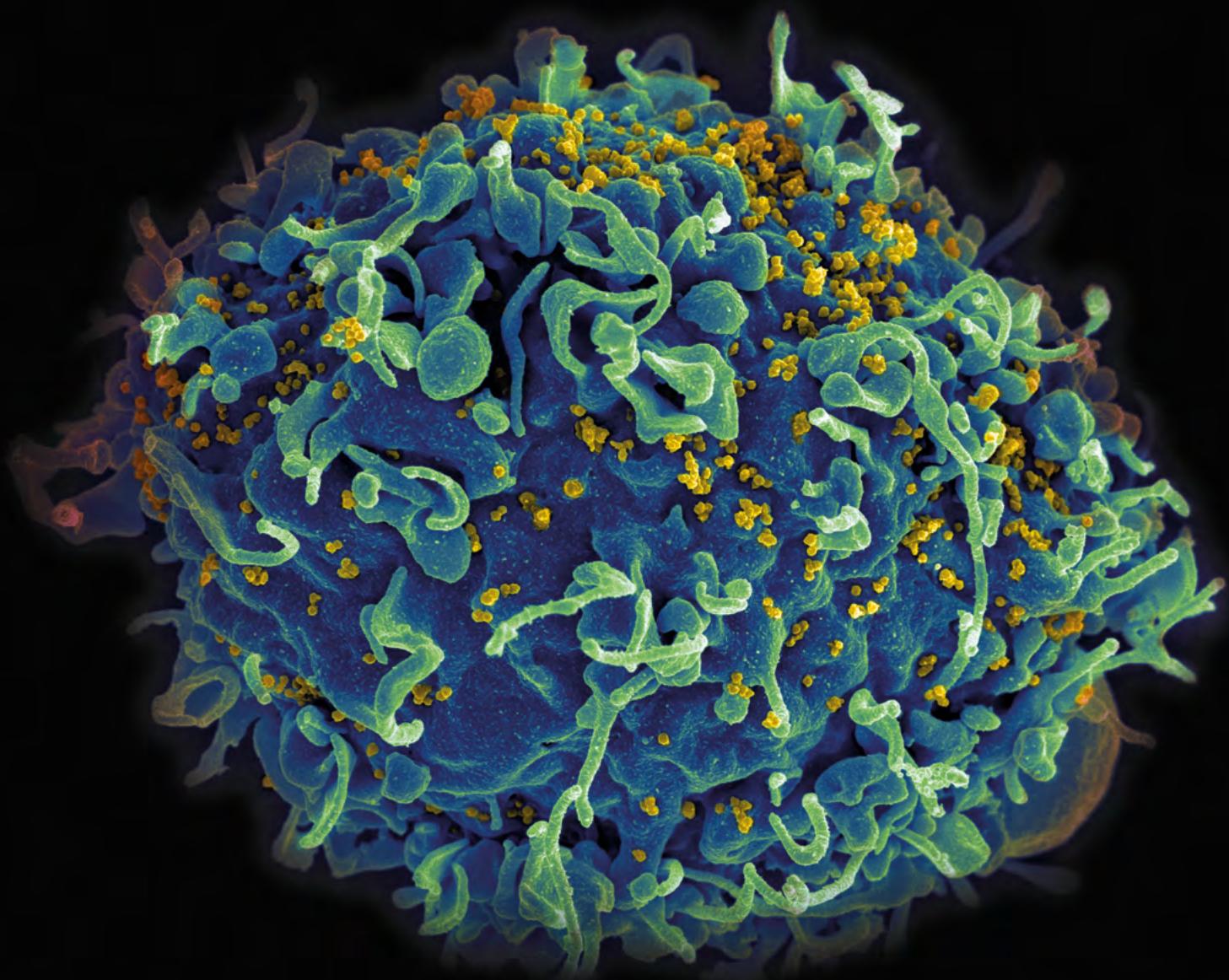
“AlphaFold has made a huge impact on biological research in quite a short space of time.”

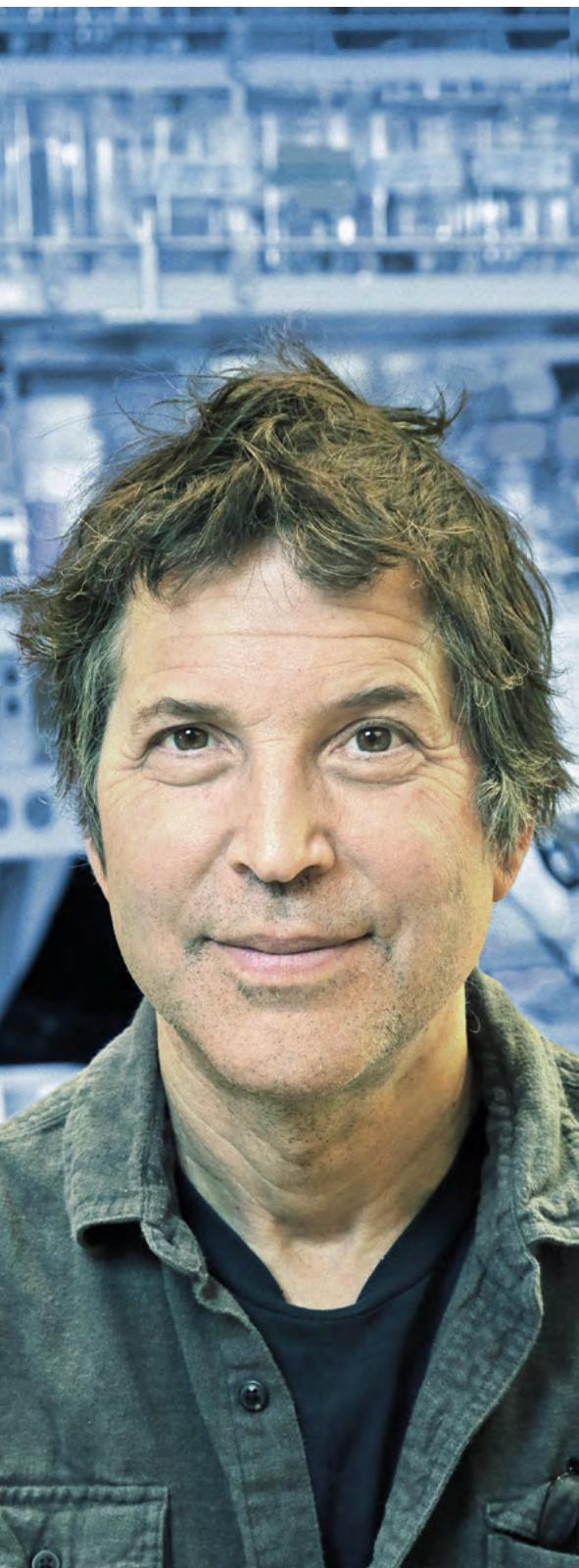
Demis Hassabis

«AlphaFold es el primer ejemplo de cómo el aprendizaje profundo desarrolla la comprensión matemática de cosas extraordinariamente complejas».

“AlphaFold represents the first example of how deep learning is able to develop mathematical understandings of extraordinarily complex things.”

John Michael Jumper





David Baker

Demis Hassabis

John Michael Jumper

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Biología y Biomedicina

Inteligencia artificial para diseñar proteínas a la carta

En el ADN de nuestras células residen todas las instrucciones que necesitamos para desarrollarnos, sobrevivir y reproducirnos. Pero las auténticas responsables de llevar a cabo estas funciones son las proteínas, y su estructura tridimensional juega un papel determinante en su misión. Para conocer la función de una proteína no basta con conocer la secuencia de ADN de la que parte, ni siquiera con identificar la secuencia de aminoácidos que media en el proceso. La disposición en el espacio que adopta la proteína cuando se pliega es clave para decidir cómo actúa, pero descifrarla en el laboratorio es un proceso lento y sujeto a errores. Predecirla a partir de su composición química es también una tarea compleja.

A finales de la década de los 90 del siglo pasado, David Baker —catedrático de Bioquímica en la Universidad de Washington e investigador del Howard Hughes Medical Institute— comenzó a explorar maneras de deducir la estructura de las proteínas a partir de los principios físicos, y plasmó sus conclusiones en un algoritmo bautizado como Rosetta. Funcionaba relativamente bien para proteínas pequeñas, pero requería grandes recursos computacionales y un conocimiento muy experto para emplearlo.

En paralelo, los otros dos galardonados con el Premio Fronteras del Conocimiento en Biología y Biomedicina, Demis Hassabis y John M. Jumper —CEO e investigador senior, respectivamente, de la compañía de inteligencia artificial DeepMind—, se propusieron utilizar la inteligencia artificial para tratar de resolver el problema de manera más ágil y accesible. Jumper lideró un equipo que empleó herramientas de aprendizaje profundo que ya estaban disponibles para toda la comunidad

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Biology and Biomedicine

Artificial intelligence for designing proteins “à la carte”

The DNA of our cells contains all the instructions we need to develop, survive and reproduce. But proteins are the real workhorses that keep all these functions running, and it is their three-dimensional structure that determines their mission. To know the specific role a protein fulfils, it is not enough to know the DNA sequence encoding it, or even to identify the amino acid sequence into which the genetic information is translated. The key to understanding how a protein will act lies in the arrangement in space it adopts through folding, but deciphering this in the lab is a slow and fairly scattergun process. And predicting its function from its chemical composition is likewise a complex and uncertain task.

In the late 1990s, David Baker – Professor in Biochemistry at the University of Washington and a Howard Hughes Medical Institute Investigator – began exploring ways to deduce the structure of proteins guided by the principles of physics, and wrote his findings into an algorithm known by the name Rosetta. The new method performed fairly well with small proteins but demanded large computational resources and expert knowledge to get it working properly.

In parallel, Demis Hassabis and John M. Jumper – CEO and Senior Staff Research Scientist respectively at AI company DeepMind, who share with Baker the Frontiers of Knowledge Award in Biology and Biomedicine – decided to use artificial intelligence to solve the problem in a quicker, more accessible way. Jumper led a team using deep-learning tools available to the scientific community and vast quantities of data on the sequences and structures of known proteins, and set to work training the neural network.

Baker, Hassabis y Jumper han desarrollado dos herramientas de inteligencia artificial, RoseTTAFold y AlphaFold, capaces de predecir en solo unos minutos la estructura tridimensional de una proteína a partir de la secuencia de aminoácidos que la genera. Estas herramientas han revolucionado la biología por su potencial para desarrollar nuevos fármacos.

Baker, Hassabis and Jumper have developed two artificial intelligence tools, RoseTTAFold and AlphaFold, which, in a matter of minutes, can reliably predict a protein's three-dimensional structure from its amino acid sequence. These instruments have revolutionized biology through their potential for new drug discovery.

científica y utilizó ingentes cantidades de datos acerca de las secuencias y estructuras de las proteínas conocidas para entrenar a la red neuronal.

El lanzamiento de ese primer intento, al que llamaron AlphaFold, tuvo lugar en 2018. «Teníamos el mejor sistema del mundo en aquel momento —declara Jumper—, pero distaba mucho de tener la precisión que sabíamos que era necesaria para ser relevante a nivel experimental».

De inmediato, se pusieron a trabajar para diseñar un sistema mejor. Comenzaron de cero y decidieron integrar todo el conocimiento que poseían acerca de cómo se pliegan las proteínas dentro de la propia red neuronal. Así, la red no solo tenía la información que aportaban las proteínas ya conocidas, sino que además incorporaba partes del mecanismo de plegado dentro del diseño. El aprendizaje era radicalmente más rápido. En diciembre de 2020 presentaron la nueva herramienta, AlphaFold2, a un concurso internacional, y el éxito rotundo superó las expectativas de los propios investigadores. AlphaFold2 conseguía en solo unos días lo que en el laboratorio habría llevado años de trabajo.

Durante el anuncio de AlphaFold2, Jumper había perfilado algunos de los conceptos clave para la herramienta, y Baker tomó buena nota de aquellas pistas. Se puso manos a la obra junto con su grupo de investigación hasta acabar desarrollando RoseTTAFold. El lanzamiento llegó pocos meses después. El nivel de exactitud era comparable al de AlphaFold2, y contaba con una funcionalidad añadida. No solo predecía la estructura de una proteína a partir de la secuencia de aminoácidos que la generaba en cuestión de horas o incluso minutos, sino que incorporaba también el proceso contrario: a partir de una proteína con una forma dada, obtenía la secuencia de aminoácidos correspondiente.

Ahora, tanto RoseTTAFold como AlphaFold2 son herramientas de acceso libre para la comunidad científica, y las mejoras recientes casi han igualado los tiempos de computación que necesita cada una. Aunque estos programas de inteligencia artificial no han sustituido del todo a las técnicas experimentales, ya han

This first iteration, which they called AlphaFold, was launched in 2018. “We had the best system in the world at the time,” says Jumper, “but it was still far, far off from what we knew was the kind of accuracy needed to be really experimentally relevant.”

They accordingly set to work to design a better system. Starting from scratch, they decided to take all the knowledge they possessed on how proteins fold and feed it into the neural network. So as well as the information provided by known proteins, the network also had some knowledge about the folding mechanism built into its design. And its learning speed rose dramatically. In December 2020 they entered the new tool, AlphaFold2, for an international challenge, where its resounding success went far beyond the researchers’ expectations. AlphaFold2 achieved in a few short days what would have taken years of work in the lab.

When announcing AlphaFold2, Jumper had outlined some of its underlying concepts, and Baker was quick to take note. He began working up ideas with his research group that ultimately led to the development of RoseTTAFold. The product was launched a few months later. The level of accuracy was comparable to that of AlphaFold2, plus it came with an added functionality. Not only could it predict a protein’s structure from its amino acid sequence in hours or even minutes, it could also run the process in reverse, determining the corresponding amino acid sequence from a protein of a given shape.

Nowadays both RoseTTAFold and AlphaFold2 are freely available to the scientific community, and recent upgrades have practically equalized the computing times required by each. Although these artificial intelligence tools have not entirely supplanted experimental methods, they have made a strong appearance at their side, revolutionizing the whole of biology.

“I believe AlphaFold represents the first powerful example of how deep learning is able to capture the complexity of biological systems and really develop mathematical understandings of extraordinarily complex things,” says Jumper. “It is very, very difficult to handle the extraordinary complexity that you see in a

irrumpido con fuerza como complemento a las mismas, revolucionando el campo de la biología.

«Creo que AlphaFold representa el primer ejemplo poderoso de cómo el aprendizaje profundo es capaz de desarrollar realmente la comprensión matemática de cosas extraordinariamente complejas —señala Jumper—. Es muy difícil manejar la extraordinaria complejidad que se observa en una célula viva, pero creo que con esta tecnología somos capaces de captar esa complejidad».

«AlphaFold ya ha incidido en la investigación biológica con un gran impacto en muy poco tiempo —resalta Hassabis—. Más de un millón de investigadores han utilizado las estructuras predichas por AlphaFold en sus investigaciones, y prácticamente todas las compañías farmacéuticas del mundo las están aplicando al descubrimiento de fármacos».

La actualización más reciente de RoseTTAFold permite, incluso, crear proteínas a partir de descripciones sencillas. «Es como DALL-E, pero para las proteínas», compara Baker, haciendo referencia al sistema de inteligencia artificial que crea imágenes realistas a partir de una descripción textual. «Puedes decirle a RoseTTAFold: diseña una proteína que bloquee esta proteína del virus de la gripe, u otra que bloquee estas células cancerígenas. RoseTTAFold creará esas proteínas».

«Creemos que casi toda la medicina se verá transformada por la revolución del diseño de proteínas —asegura Baker—. La mayoría de los fármacos actuales se fabrican introduciendo pequeñas modificaciones en las proteínas que ya existen en la naturaleza. Ahora que somos capaces de diseñar proteínas completamente nuevas, podremos desarrollar fármacos mucho más sofisticados que, por ejemplo, puedan tratar el cáncer sin los efectos secundarios, fabricarse muy rápidamente en caso de brote de una nueva pandemia y, en general, que sean más precisos y robustos».

living cell, but I think with this technology we can really capture that complexity.”

“AlphaFold has already made a huge impact on biological research in quite a short space of time,” adds Hassabis. “We know that over a million researchers have used the structures predicted by AlphaFold in their research, and pretty much every pharmaceutical company in the world has been using AlphaFold in their drug discovery programs.”

The latest version of RoseTTAFold is even capable of creating proteins from simple descriptions. “It’s like DALL-E but for proteins,” Baker explains, referring to the artificial intelligence system where users can generate images from simple text prompts. “So for example, you can tell RoseTTAFold: design a protein which blocks this flu virus protein, or design a protein which will block these cancer cells. RoseTTAFold will then make those proteins.”

“We believe that almost all of medicine will be transformed by the protein design revolution,” says Baker. “Most medicines today are made by introducing small modifications to the proteins which already exist in nature. Now that we can design completely new proteins, we can develop much more improved, more sophisticated medicines that, for example, can treat cancer without the side effects, be made very quickly upon the outbreak of a new pandemic, and in general will be more precise and more robust.”



Más información:

David Baker

Demis Hassabis

John Michael Jumper



More information:

David Baker

Demis Hassabis

John Michael Jumper

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

Presidenta del jurado
Catedrática emérita 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 y del Centro de Neurobiología del Desarrollo, proyectos del Medical Research Council británico en el King's College de Londres. Estudia el desarrollo del córtex cerebral y las bases biológicas de trastornos del neurodesarrollo como el autismo o la esquizofrenia. Es miembro del consejo de edición y revisión de la revista *Science* y de otros consejos editoriales, *fellow* de la Royal Society, premio Jaime I de Investigación Básica y premio Roger de Spoelberch, entre otras distinciones.

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

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

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

Es científica invitada del Instituto de Medicina Cardiovascular Experimental de la Universidad de Friburgo (Alemania), donde previamente fue catedrática senior. 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, Emerita, 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 the Centre for Developmental Neurobiology, Medical Research Council centers at King's College London. He studies the development of the cerebral cortex and the biological bases of neurodevelopmental disorders such as autism and schizophrenia. Among his many editorial appointments, he currently serves on the Board of Reviewing Editors of *Science*. A Fellow of the Royal Society, his distinctions include the Rey Jaime I Award in Basic Research and the Roger de Spoelberch Prize.

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

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

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

Guest Scientist in the Institute of Experimental Cardiovascular Medicine at the University of Freiburg (Germany), where she held the post of Senior Professor. 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.

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.

Es director del Instituto Roslin y catedrático de Biotecnología Animal en la Royal (Dick) School of Veterinary Studies (RDSVS), en la Universidad de Edimburgo (Reino Unido). Pionero en el uso de virus en técnicas transgénicas, hoy trabaja en construir una metodología robusta de manipulación del genoma (*genome editing*) en biotecnología ganadera con el fin de obtener tratamientos para 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.

Director of the Roslin Institute and Professor of Animal Biotechnology at the Royal (Dick) School of Veterinary Studies (RDSVS), both forming part of the University of Edinburgh (United Kingdom). A pioneer in the use of lentivirus vectors for transgene delivery, he is currently 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. A former editor-in-chief of *Transgenic Research*, he has worked with the World Organization for Animal Health.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Biología y Biomedicina

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Biology and Biomedicine

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Biología y Biomedicina ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **David Baker**, **Demis Hassabis** y **John Michael Jumper** por sus contribuciones al uso de la inteligencia artificial para predecir con precisión la estructura tridimensional de las proteínas a partir de sus secuencias de aminoácidos primarios.

El Dr. Baker desarrolló RoseTTAFold, mientras que el Dr. Hassabis y el Dr. Jumper crearon AlphaFold2. Ambos métodos informáticos están basados en una sofisticada técnica de aprendizaje automático denominada aprendizaje profundo para predecir la forma de las proteínas con una precisión sin precedentes, similar a la de las estructuras determinadas experimentalmente, y a una velocidad excepcional.

Este trascendental avance está revolucionando el conocimiento de cómo la secuencia de aminoácidos de las proteínas origina estructuras tridimensionales ordenadas de forma única. Ya ha reducido a solo unas pocas las proteínas sobre las que no se dispone de datos estructurales. Los científicos utilizan ahora estos nuevos métodos para predecir conformaciones de proteínas, comprender los complejos de proteínas, diseñar proteínas completamente nuevas y encontrar nuevas dianas farmacológicas.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Biology and Biomedicine category goes, in this fifteenth edition, to **David Baker**, **Demis Hassabis** and **John Michael Jumper** for their contributions to the use of artificial intelligence for the accurate prediction of the three-dimensional structure of proteins from their primary amino acid sequences.

Dr. Baker developed RoseTTAFold, while Dr. Hassabis and Dr. Jumper created AlphaFold2. Both computing methods rely on a sophisticated machine learning technique known as deep learning to predict the shape of proteins with unprecedented accuracy, similar to experimentally-determined structures, and with exceptional speed.

This breakthrough is revolutionizing our understanding of how the amino acid sequence of proteins leads to uniquely ordered three-dimensional structures. It has already reduced the number of proteins for which no structural data is available to just a few. Scientists are now using these new methods to predict protein conformations, understand protein complexes, design entirely new proteins, and identify novel drug targets.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Biología y Biomedicina

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Biology and Biomedicine

COORDINADOR

José M. Mato

Director general de CIC bioGUNE (Centro de Investigación Cooperativa en Biotecnologías) y de CIC biomaGUNE (Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales)

MIEMBROS

Edurne Berra

Investigadora principal asociada de CIC bioGUNE en el Laboratorio de Hipoxia

Jerónimo Bravo Sicilia

Científico titular y director del Instituto de Biomedicina de Valencia (CSIC)

Arkaitz Carracedo

Investigador principal de CIC bioGUNE en el Laboratorio de Cáncer

Óscar Millet

Investigador principal de CIC bioGUNE en el Laboratorio de Medicina de Precisión y Metabolismo

Liset M. de la Prida

Investigadora científica en el Instituto Cajal (CSIC)

James D. Sutherland

Investigador principal asociado de CIC bioGUNE en el Laboratorio de Biología del Desarrollo

Isabel Varela Nieto

Profesora de investigación en el Instituto de Investigaciones Biomédicas Alberto Sols (CSIC-UAM)

COORDINATOR

José M. Mato

General Director of CIC bioGUNE (Center for Cooperative Research in Biosciences) and CIC biomaGUNE (Center for Cooperative Research in Biomaterials)

MEMBERS

Edurne Berra

CIC bioGUNE Associate Principal Investigator in the Hypoxia Lab

Jerónimo Bravo Sicilia

Tenured Researcher and Director of the Institute of Biomedicine of Valencia (CSIC)

Arkaitz Carracedo

CIC bioGUNE Principal Investigator in the Cancer Lab

Óscar Millet

CIC bioGUNE Principal Investigator in the Precision Medicine and Metabolism Lab

Liset M. de la Prida

Research Scientist at the Cajal Institute (CSIC)

James D. Sutherland

CIC bioGUNE Associate Principal Investigator in the Developmental Biology Lab

Isabel Varela Nieto

Research Professor at the Alberto Sols Biomedical Research Institute (CSIC-UAM)

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Biología y Biomedicina

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Biology and Biomedicine

David Baker

Fue nominado por:

- **George M. Church**, catedrático de Genética y Biofísica en la Universidad de Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)
- José M. Mato, director general de **CIC bioGUNE (Centro de Investigación Cooperativa en Biociencias)** (España), en nombre de esta institución
- Jesús Jiménez Barbero, director científico de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución
- Gonzalo Jiménez-Osés, investigador principal del Laboratorio de Química Computacional de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución
- Óscar Millet, investigador principal del Laboratorio de Medicina de Precisión y Metabolismo de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución

Demis Hassabis y John Michael Jumper

Fueron nominados por:

- José M. Mato, director general de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución
- Jesús Jiménez Barbero, director científico de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución
- Gonzalo Jiménez-Osés, investigador principal del Laboratorio de Química Computacional de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución
- Óscar Millet, investigador principal del Laboratorio de Medicina de Precisión y Metabolismo de **CIC bioGUNE** (España), en nombre de esta institución
- Isabel Varela Nieto, presidenta de la **Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM)** (España), en nombre de esta institución

David Baker

Was nominated by:

- **George M. Church**, Professor of Genetics and Biophysics at Harvard University and Massachusetts Institute of Technology (United States)
- José M. Mato, General Director of **CIC bioGUNE (Center for Cooperative Research in Biosciences)** (Spain), on behalf of the organization
- Jesús Jiménez Barbero, Scientific Director of **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization
- Gonzalo Jiménez-Osés, Principal Investigator in the Computational Chemistry Lab at **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization
- Óscar Millet, Principal Investigator in the Precision Medicine and Metabolism Lab at **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization

Demis Hassabis and John Michael Jumper

Were nominated by:

- José M. Mato, General Director of **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization
- Jesús Jiménez Barbero, Scientific Director of **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization
- Gonzalo Jiménez-Osés, Principal Investigator in the Computational Chemistry Lab at **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization
- Óscar Millet, Principal Investigator in the Precision Medicine and Metabolism Lab at **CIC bioGUNE** (Spain), on behalf of the organization
- Isabel Varela Nieto, President of the Spanish **Society of Biochemistry and Molecular Biology (SEBBM)** (Spain), on behalf of the organization

«En 1975, el chip más grande tenía unos 2.000 transistores y los de hoy en día, gracias a la automatización de su diseño, cuentan con más de 2.000 millones».

“In 1975, the largest chip had about 2,000 transistors, and now, thanks to their design automation, they are packed with more than two billion.”

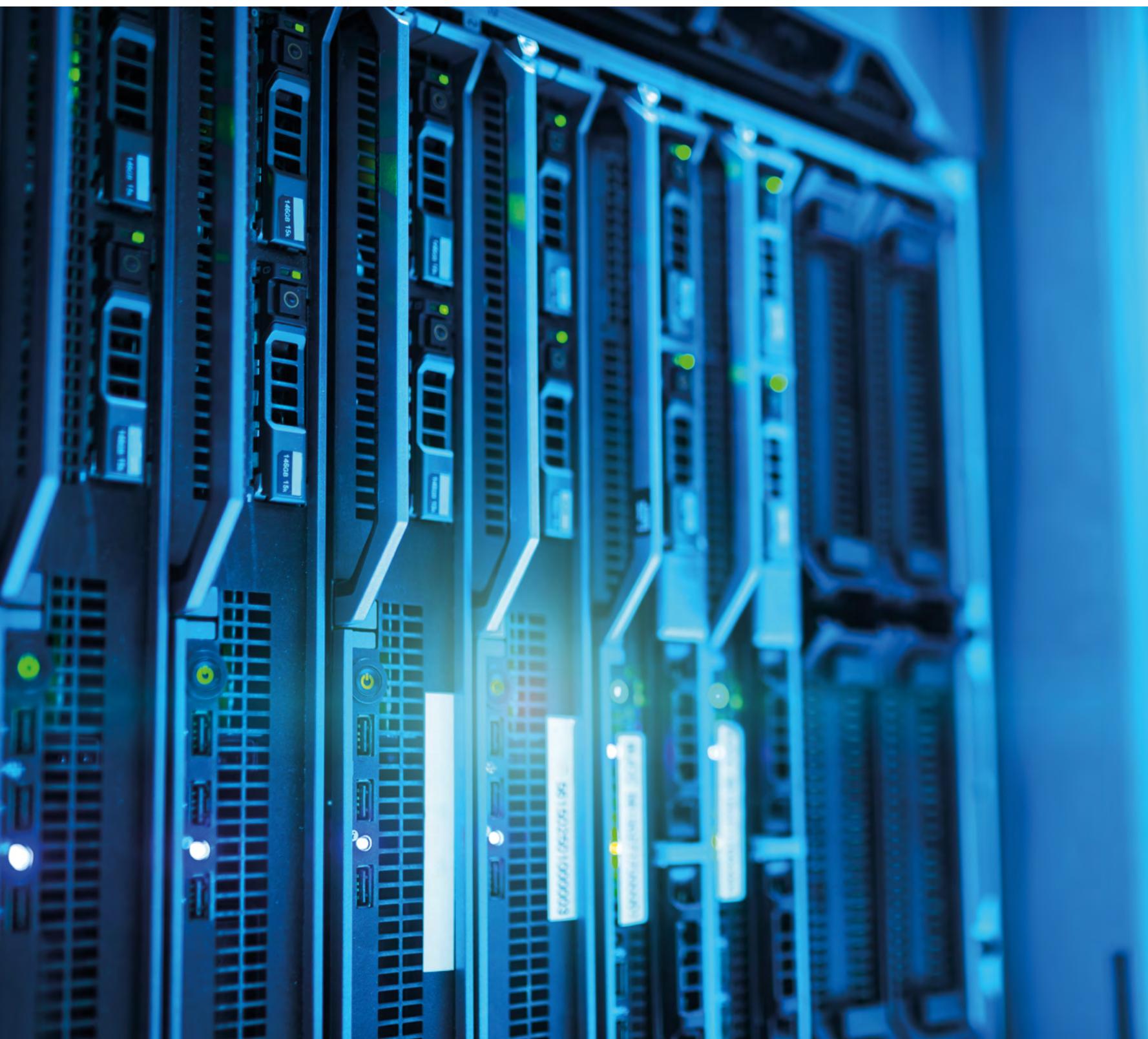
Alberto Sangiovanni Vincentelli

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Tecnologías de la Información
y la Comunicación**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Information and
Communication Technologies**





Alberto Sangiovanni Vincentelli

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

De la artesanía a la automatización en la industria del chip

El interior de todos nuestros ordenadores, teléfonos inteligentes, coches o televisores contiene finísimas obleas de silicio compuestas por un gran número de transistores y otros minúsculos componentes electrónicos que forman un circuito. Estos chips son los responsables de mostrar el canal de televisión que pulsamos en el mando a distancia, encender una luz de alerta cuando la presión de las ruedas del coche está baja o realizar los complejísimos cálculos necesarios para mostrar una imagen en la pantalla del ordenador.

Para realizar cada una de estas funciones en los dispositivos electrónicos que utilizamos todos los días, se necesita un conjunto específico de transistores conectados de la manera adecuada. Cuando Alberto Sangiovanni Vincentelli comenzó su carrera investigadora, el proceso de elegir cada componente, conectarlos uno a uno hasta formar el circuito deseado y comprobar que efectivamente realizaban la función prevista se realizaba a mano.

Incluso en aquella época, los chips ya contenían cientos de transistores, con lo que el proceso era laborioso, «muy aburrido», recuerda el premiado, y sujeto a errores en cada paso del diseño. Era «un proceso más artesanal que científico» que Sangiovanni Vincentelli acabaría transformando radicalmente, tal y como ha resaltado el jurado que le ha otorgado el Premio Fronteras del Conocimiento en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Ya entonces existía un programa informático, denominado SPICE, capaz de simular el funcionamiento de un circuito electrónico sin necesidad de construirlo físicamente. Sin embargo, para lograrlo, el programa tenía que resolver una serie de ecuaciones matemáticas

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

The chip industry: from craft process to automation

Inside all our computers, smartphones, cars and TV sets are the thinnest of silicon wafers on which a large number of transistors and other miniature electronic components are laid out to form a circuit. It is these chips that call up the TV channel we have selected on the remote control, turn on a warning light when our car's tire pressure is low or run the complex calculations needed to display an image on our computer screens.

To perform all these functions on the electronic devices we use each day requires a specific set of transistors arranged in just the right way. When Alberto Sangiovanni Vincentelli began his research, this layout process was done by hand, selecting the individual components, connecting them together to form a circuit to the right specifications, and checking that they did what they were meant to do.

Chips, even then, had hundreds of transistors, so the work was slow and laborious – “very, very boring” according to the awardee – with the risk of error looming at every stage. It was this process, “more art than science,” that Sangiovanni Vincentelli would end up transforming out of all recognition, said the committee granting him the Frontiers of Knowledge Award in the Information and Communications Technology category.

A computer program called SPICE was already available to simulate component behavior, enabling a circuit's operation to be verified without the need to physically build it. To do so, however, the program had to solve a series of fairly complex mathematical equations. And for the most elaborate circuits, it could take so long to arrive at a solution that its practical utility was limited in the extreme.

Sangiovanni Vincentelli transformó el proceso artesanal del diseño de chips en la fabricación automatizada de los circuitos que se encuentran hoy en ordenadores, móviles y todos los dispositivos electrónicos del mundo actual. Además, fundó las dos empresas que se han convertido en los referentes mundiales en la industria de los semiconductores.

Sangiovanni Vincentelli transformed chip design from a craft process into an automated industry turning out the circuits found in computers, mobile phones and other electronic devices ubiquitous in today's world. He is also the founder of two companies that are global leaders in the modern semiconductor industry.

bastante complejas. Para los circuitos más elaborados, el programa tardaba tanto en llegar a una solución que su utilidad práctica era sumamente limitada.

Sangiovanni Vincentelli, hoy catedrático de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos), diseñó un nuevo conjunto de algoritmos que, según explica, «cambiaban la manera de ver la solución de estas ecuaciones». Gracias a ellos, se pudo verificar que un circuito funcionaba correctamente en cuestión de segundos. El avance supuso, además, un gran ahorro económico al permitir comprobar la funcionalidad del circuito antes de fabricarlo físicamente.

El premiado también simplificó en gran medida la creación de los propios circuitos. Para implementar una operación tan básica como la suma de dos números, un circuito puede requerir millones de componentes, y elegir cuáles son y cómo disponerlos es una tarea compleja. Cuando el galardonado comenzó su andadura en la electrónica, existían personas especializadas en elegir todos los componentes y formar un circuito que realizaría una tarea dada. Era un trabajo arduo que Sangiovanni Vincentelli se empeñó en mejorar.

Así, su segunda contribución destacada fue inventar un programa capaz de generar circuitos a partir de comandos sencillos de programación. Gracias al premiado, cuando se diseña un circuito, basta con formular la tarea que se quiere realizar en un lenguaje comprensible por el ordenador para que automáticamente este genere el conjunto de componentes que la llevan a cabo.

Además, Sangiovanni Vincentelli desarrolló maneras de verificar automáticamente que la correspondencia entre la función del circuito formulada por el código del programa y los componentes generados para diseñar el chip era la correcta. Sin esta comprobación, los circuitos resultantes podrían dar lugar a errores que quedaran ocultos entre tal profusión de componentes.

Por último, el galardonado reparó en que la disposición geométrica de todos estos componentes podía ser clave para que el circuito tuviera un mayor rendimiento o un consumo energético menor. Por eso automatizó

Sangiovanni Vincentelli, Chair of Electrical Engineering and Computer Sciences at the University of California, Berkeley (United States), designed a new set of algorithms which, he says, "provided a new way of looking at the solution of the equations." Now, it was possible to simulate even the most complex circuit, verifying its correct operation in a matter of seconds. This also meant a huge cost saving, as the circuit's integrity could be checked before proceeding to its fabrication.

The awardee also greatly simplified the creation of the circuits themselves. To conduct an operation as basic as adding two numbers, a circuit may require millions of components. And choosing which to use and how to arrange them is complicated work. At the time when he was starting out in electronics, the job of selecting components and forming a target circuit was reserved for highly specialized operatives. Sangiovanni Vincentelli set himself the mission to alleviate this arduous task.

This simplification underlay what would be his second major contribution: the invention of a program able to generate circuits through the expression of simple programming commands. Thanks to the awardee, it is now possible to design a circuit simply by formulating the task to be performed in a language understood by a computer, which then automatically generates the set of components needed for its execution.

For further assurance, Sangiovanni Vincentelli developed ways to automatically verify that the components generated for the chip design corresponded to the circuit function formulated by the code. Without this check, errors might get overlooked among the profusion of circuit components.

Finally, he noticed that the geometrical arrangement of circuit components could hold the key to delivering either higher performance or lower energy consumption. With this in mind, he also automated this stage of the circuit design process, developing algorithms that proposed an optimal placement for best performance or lowest power, according to the priority.

With these three contributions, the awardee enabled what he describes as "very large designs with minimal

también esta parte del diseño de circuitos, desarrollando algoritmos que proponían la colocación óptima según se priorizara el rendimiento o el consumo.

Con estas tres aportaciones, el galardonado posibilitó «el diseño de circuitos muy complejos sin apenas intervención humana», como él mismo destaca, permitiendo a las personas centrarse en los aspectos creativos del diseño sin tener que preocuparse por los detalles más tediosos y susceptibles de errores fatales.

Así, el trabajo de Sangiovanni Vincentelli ha abierto la puerta a fabricar chips muchísimo más complejos de lo que era posible anteriormente. «En 1975, el chip más grande tenía unos 2.000 transistores —recuerda el premiado—, y los de hoy en día cuentan con más de 2.000 millones».

Sangiovanni Vincentelli no solo ha sido, en palabras del jurado, un «prolífico inventor» y un «extraordinario mentor» que ha creado escuela mundial desde Berkeley, sino que además su legado ha traspasado las fronteras de la universidad y se ha asentado como referente global también en la industria. Fundó dos empresas, Cadence y Synopsys, que se han vuelto fundamentales en la industria de los semiconductores.

Sin embargo, Sangiovanni Vincentelli siempre ha primado el avance del conocimiento sobre los intereses económicos. Por ello, las herramientas que él desarrolló son de libre acceso, y cualquiera puede utilizarlas para mejorar el diseño de sus chips.

Ahora, Sangiovanni Vincentelli se ha enfocado hacia otras áreas en las que la automatización del diseño puede ser de utilidad, como los automóviles, los aviones o, particularmente, la biología. Su aspiración es diseñar fármacos eficaces minimizando los efectos secundarios, e incluso crear formas de vida sintética capaces de realizar funciones específicas que ayuden en el tratamiento de enfermedades. «Ahora —asegura— todo esto es posible».

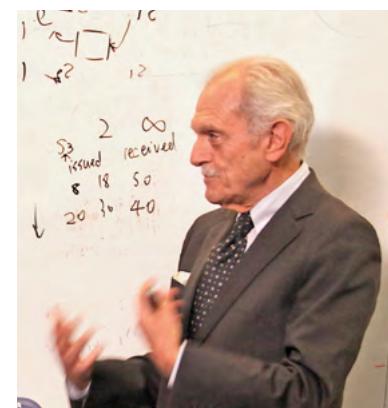
intervention from humans,” so team members could concentrate on the creative side of the design process without having to bother with the more tedious details which were, furthermore, susceptible to fatal errors.

The result is that, thanks to Sangiovanni Vincentelli, today's manufacturers can turn out chips vastly more complex than in the past. “In 1975,” he recalls, “the largest chip had about 2,000 transistors, and now they are packed with more than two billion.”

Sangiovanni Vincentelli is not just a “prolific inventor” and “outstanding educator,” as described by the committee, who has founded a worldwide school of thought from his base at Berkeley. His influence has extended beyond academia into the leading edge of industry, with the founding of two companies, Cadence and Synopsys, that are the driving force of today's semiconductor sector.

But Sangiovanni Vincentelli also insists on putting the advancement of knowledge before any economic interest. As such, the tools he has developed are open source, meaning anyone can use them to improve their chip design.

The Italian scientist is now looking at other areas where design automation could usefully contribute, among them automobiles, planes and, particularly, biology. His ambition is to design effective drugs with minimal side effects and even to create synthetic life forms that can be engineered for specific tasks in the treatment of disease. “Now anything is possible,” he affirms.



Más información:



More information:





Joos Vandewalle

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

Committee chair

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

Ron Ho

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

Regina Barzilay

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

Georg Gottlob

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

Oussama Khatib

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

Rudolf Kruse

Es catedrático 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 secretary

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

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

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



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 codirector del Grupo de Investigación Alarcos. Trabaja en ingeniería de software, computación cuántica, gobernanza y auditoría en tecnologías de la información, e ingeniería de datos. Es uno de los diez mejores investigadores de España en Ciencias de la Computación en 2021 según Research.com; y aparece en la edición 2022 del *Ranking of the World Scientists: World's Top 2% Scientists* que publica la Universidad de Stanford. Es Premio Aritmel de la Sociedad Científica Informática de España.

Professor of Computer Languages and Systems at the University of Castilla-La Mancha (Spain), where he co-leads the Alarcos Research Group, his areas of interest include software engineering, quantum computing, IT governance and audit and data engineering. One of Spain's ten best computer science researchers in 2021, according to the ranking drawn up by Research.com, he also appears in the 2022 edition of the World's Top 2% Scientists list published by Stanford University. He holds the Aritmel Prize of the Sociedad Científica Informática de España.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **Alberto Sangiovanni Vincentelli** por transformar radicalmente el proceso de diseño de los chips en los que se basa el funcionamiento de todos los dispositivos electrónicos actuales, abriendo paso a la actual industria del diseño de silicio. Al proporcionar herramientas de software para facilitar la creación de chips complejos, posibilitó una explosión mundial del diseño de semiconductores que abarcó la investigación, la industria y el mundo académico.

Los innovadores métodos que Sangiovanni Vincentelli inventó para acelerar drásticamente los simuladores del comportamiento de circuitos permitieron a los diseñadores modelizar y probar ideas cada vez más complejas antes de construir costosos chips. Además, las ideas de síntesis lógica que formuló permiten a los diseñadores crear sistemas de silicio mediante la expresión de comandos de lenguaje de programación. Por otro lado, desarrolló algoritmos para disponer y conectar geométricamente esos bloques lógicos en un chip a fin de obtener un rendimiento óptimo o el menor consumo posible.

La posterior creación de toda una industria del diseño de silicio asistido por ordenador demuestra la durabilidad e importancia de estas ideas. Cadence y Synopsys, dos gigantes tecnológicos cofundados por Sangiovanni Vincentelli para integrar las técnicas de automatización de diseño electrónico (EDA, por sus siglas en inglés) en potentes plataformas de software, impulsan en conjunto toda la industria del silicio: sus herramientas de diseño se utilizan en todos y cada uno de los chips informáticos que se construyen hoy en día.

Prolífico inventor, destacado docente y empresario de éxito, Sangiovanni Vincentelli ha creado innovaciones, algoritmos y metodologías que han definido toda una industria y han hecho posible el vasto tapiz de los actuales sistemas electrónicos.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Information and Communication Technologies category goes, in this fifteenth edition, to **Alberto Sangiovanni Vincentelli** for radically transforming the design of the chips that power today's electronic devices, giving rise to the modern silicon design industry. By providing software tools to ease the creation of complex chips, he made possible a worldwide explosion of semiconductor design spanning research, industry and academia.

The novel methods Sangiovanni Vincentelli invented to dramatically speed up simulators of circuit behavior allowed designers to model and test increasingly complex ideas before building expensive chips. Second, he formulated ideas of logic synthesis, enabling designers to create silicon systems through the expression of programming language commands. Third, he developed algorithms for geometrically placing and connecting these logic blocks on a chip for optimal performance or lowest power.

The subsequent creation of an entire industry of silicon computer-aided design bears witness to the durability and importance of these ideas. Cadence and Synopsys, two technology giants co-founded by Sangiovanni Vincentelli to integrate electronic design automation (EDA) ideas into powerful software platforms, collectively drive the entire silicon industry: their design tools are used in every single computer chip built today.

A prolific inventor, outstanding educator, and successful entrepreneur, Sangiovanni Vincentelli created innovations, algorithms, and methodologies that defined an entire industry and made possible the vast tapestry of today's electronic systems.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
**Tecnologías de la Información
y la Comunicación**

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
**Information and
Communication Technologies**

COORDINADORA

Marisol Martín González

Coordinadora del Área Global Materia y profesora de investigación en el Instituto de Micro y Nanotecnología (CSIC)

MIEMBROS

Alberto Ibáñez Rodríguez

Científico titular en el Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información Leonardo Torres Quevedo (CSIC)

Luis Fonseca Chácharo

Profesor de investigación en el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (CSIC)

Felip Manya Serres

Científico titular en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (CSIC)

COORDINATOR

Marisol Martín González

Coordinator of the Materia Global Area and Research Professor at the Institute of Micro- and Nanotechnology (CSIC)

MEMBERS

Alberto Ibáñez Rodríguez

Tenured Researcher at the Leonardo Torres Quevedo Institute of Physical and Information Technologies (CSIC)

Luis Fonseca Chácharo

Research Professor at the Institute of Microelectronics of Barcelona (CSIC)

Felip Manya Serres

Tenured Researcher at the Artificial Intelligence Research Institute (CSIC)

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

Alberto Sangiovanni Vincentelli

Fue nominado por:

- **Karl Johan Åström**, catedrático emérito en el Departamento de Control Automático de la Universidad de Lund (Suecia)
- **Barry C. Barish**, titular emérito de la Cátedra Ronald y Maxine Linde de Física en el Instituto Tecnológico de California (Estados Unidos). Premio Nobel de Física 2017
- **Alvise Bonivento**, socio en Indaco Venture Partners (Italia)
- Lip-Bu Tan, CEO de **Cadence Design Systems** (Estados Unidos), en nombre de esta institución
- **Claudio Giovanni Demartini**, catedrático de Ingeniería de Control y de la Computación en el Politécnico de Turín (Italia)
- Andrea Bianco, director del **Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones del Politécnico de Turín** (Italia), en nombre de esta institución
- **Srinivas Devadas**, titular de la Cátedra Edwin Sibley Webster de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)
- Simone Astasio Garcia, vicepresidente de Ingeniería de **Elettronica Group** (Italia), en nombre de esta institución
- S. Shankar Sastry, decano de la **Facultad de Ingeniería de la Universidad de California en Berkeley** (Estados Unidos), en nombre de esta institución
- **Alessandro Ferrero**, catedrático en el Departamento de Electrónica, Información y Bioingeniería del Politécnico de Milán (Italia)

Alberto Sangiovanni Vincentelli

Was nominated by:

- **Karl Johan Åström**, Professor Emeritus in the Department of Automatic Control at Lund University (Sweden)
- **Barry C. Barish**, Ronald and Maxine Linde Professor of Physics, Emeritus, at California Institute of Technology (United States). 2017 Nobel Prize in Physics
- **Alvise Bonivento**, partner at Indaco Venture Partners (Italy)
- Lip-Bu Tan, Chief Executive Officer at **Cadence Design Systems** (United States), on behalf of the organization
- **Claudio Giovanni Demartini**, Professor of Control and Computer Engineering at Politecnico di Torino (Italy)
- Andrea Bianco, Head of the **Department of Electronics and Telecommunications at Politecnico di Torino** (Italy), on behalf of the organization
- **Srinivas Devadas**, Edwin Sibley Webster Professor of Electrical Engineering and Computer Science at Massachusetts Institute of Technology (United States)
- Simone Astasio Garcia, Vice-President of Engineering at **Elettronica Group** (Italy), on behalf of the organization
- S. Shankar Sastry, Dean of the **College of Engineering at the University of California, Berkeley** (United States), on behalf of the organization
- **Alessandro Ferrero**, Professor in the Department of Electronics, Information and Bioengineering at Politecnico di Milano (Italy)

- Roberto Cingolani, director científico de la **Fundación Instituto Italiano de Tecnología** (Italia), en nombre de esta institución
- **Giovanni De Micheli**, catedrático y director del Laboratorio de Sistemas Integrados de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza)
- Lucio Pinto, director de la **Fundación Silvio Tronchetti Provera** (Italia), en nombre de esta institución
- **Tom Henzinger**, catedrático en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Austria
- **Avinoam Kolodny**, catedrático de Ingeniería Eléctrica en Technion-Instituto Tecnológico de Israel
- **Edward A. Lee**, Robert S. Pepper Distinguished Professor de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)
- **Sharad Malik**, titular de la Cátedra George Van Ness Lothrop de Ingeniería en la Universidad de Princeton (Estados Unidos)
- Dario Ferrarini, director de **Mechatronic Application Research Center (MARC)** (Italia), en nombre de esta institución
- **Gregory Papadopoulos**, venture partner en New Enterprise Associates (Estados Unidos)
- **Georges J. Pappas**, titular de la Cátedra Fundación UPS en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Sistemas de la Universidad de Pensilvania (Estados Unidos)
- **Daniele Pecchini**, miembro del Consejo de Ingersoll Machine Tools (Estados Unidos)
- **Dario Petri**, catedrático en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Trento (Italia)
- Roberto Cingolani, Scientific Director of the **Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia** (Italy), on behalf of the organization
- **Giovanni De Micheli**, Professor and Director of the Integrated Systems Laboratory at École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Switzerland)
- Lucio Pinto, Director of the **Fondazione Silvio Tronchetti Provera** (Italy), on behalf of the organization
- **Tom Henzinger**, Professor at the Institute of Science and Technology Austria
- **Avinoam Kolodny**, Professor of Electrical Engineering at Technion-Israel Institute of Technology
- **Edward A. Lee**, Robert S. Pepper Distinguished Professor of Electrical Engineering and Computer Sciences at the University of California, Berkeley (United States)
- **Sharad Malik**, George Van Ness Lothrop Professor of Engineering at Princeton University (United States)
- Dario Ferrarini, Director de **Mechatronic Application Research Center (MARC)** (Italy), on behalf of the organization
- **Gregory Papadopoulos**, Venture Partner at New Enterprise Associates (United States)
- **Georges J. Pappas**, UPS Foundation Professor in the Department of Electrical and Systems Engineering at the University of Pennsylvania (United States)
- **Daniele Pecchini**, board member at Ingersoll Machine Tools (United States)
- **Dario Petri**, Professor in the Industrial Engineering Department at the University of Trento (Italy)

- **Pasquale Pistorio**, presidente de honor de la Fundación STMicroelectronics (Suiza)
- **James D. Plummer**, titular de la Cátedra John M. Fluke de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Stanford (Estados Unidos)
- **Andrea Ruckstuhl**, director de Italia y Europa Continental en Lendlease (Reino Unido)
- **John B. Shoven**, titular emérito de la Cátedra Charles R. Schwab de Economía en la Universidad de Stanford (Estados Unidos)
- **Joseph Sifakis**, investigador senior CNRS emérito en Verimag (Francia)
- Benedetto Vigna, presidente de **STMicroelectronics Analog, MEMS and Sensor Group** (Países Bajos), en nombre de esta institución
- **Pasquale Pistorio**, Honorary Chairman of the STMicroelectronics Foundation (Switzerland)
- **James D. Plummer**, John M. Fluke Professor of Electrical Engineering at Stanford University (United States)
- **Andrea Ruckstuhl**, Head of Italy and Continental Europe at Lendlease (United Kingdom)
- **John B. Shoven**, Charles R. Schwab Professor of Economics, Emeritus, at Stanford University (United States)
- **Joseph Sifakis**, Senior CNRS Researcher, Emeritus, at Verimag (France)
- Benedetto Vigna, President of **STMicroelectronics Analog, MEMS and Sensor Group** (Netherlands), on behalf of the organization

48

«Hemos contribuido a comprender que el entorno social es igual de importante que el físico en la salud y la supervivencia».

“Our work has helped us understand that the social environment is just as important as the physical environment in determining health and survival.”

Susan C. Alberts

«Los babuinos experimentan cambios ambientales de forma similar a los humanos. Son un modelo para adaptaciones a entornos cambiantes».

“Baboons experience environmental shifts in much the same way as humans, and this provides us with a model for adaptation to changing environments.”

Jeanne Altmann

«Los parásitos desempeñan un papel clave en determinar cómo los animales eligen a sus parejas e interactúan entre ellos».

“Parasites play a role in everything their host animals do from choosing a mate to the way they interact with each other.”

Marlene Zuk





Susan C. Alberts

Jeanne Altmann

Marlene Zuk

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

El papel clave de la interacción social entre animales

En 1963, Jeanne Altmann viajó hasta el Parque Nacional de Amboseli, en Kenia, para estudiar por primera vez a los babuinos que habitaban en esta reserva natural. Ocho años después regresó para fundar un innovador proyecto de investigación que durante más de cinco décadas ha realizado un seguimiento de unos 2.000 individuos de esta especie a lo largo de varias generaciones, y que hoy todavía sigue en curso.

El Proyecto de Investigación sobre el Babuino de Amboseli pronto se convirtió en referente internacional para el estudio de estos primates, y Susan C. Alberts lo eligió como destino para su primera experiencia investigadora nada más terminar la carrera en 1983. Fue el comienzo de cuatro décadas de colaboración muy estrecha entre ambas científicas, que han sido las pioneras en el estudio del comportamiento social de los babuinos.

En paralelo, las investigaciones de Marlene Zuk durante las últimas tres décadas han sido clave para entender la relevancia que tienen los parásitos en el comportamiento social de los animales. «Antes pensábamos que lo único que hacían estos organismos era transportar enfermedades —explica—, pero en realidad desempeñan un papel clave en muchos aspectos de los organismos en los que se hospedan: cómo eligen a sus parejas y cómo interactúan entre ellos».

El trabajo conjunto de estas tres investigadoras no solo ha sido fundamental para desvelar el papel clave del comportamiento social «como motor de la supervivencia, la reproducción y la adaptación de los animales», sino que además ha servido para demostrar «la necesidad de incorporar las interacciones sociales a los planes de protección de especies animales», en palabras del jurado que les ha otorgado el

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Ecology and Conservation Biology

The key role of animal social interaction

In 1963, Jeanne Altmann traveled to Amboseli National Park in Kenya to conduct a first-time study of the baboons living in this nature reserve. Eight years later, she returned to set up an innovative research project, which over five decades has followed some 2,000 individuals of the species across several generations, and continues to this day.

The Amboseli Baboon Research Project quickly became an international benchmark in the study of these primates, leading Susan C. Alberts to choose it as her first research destination in 1983, right after graduating. And so began four decades of close collaboration between the two scientists, who have pioneered the study of baboon social behavior.

In parallel, Marlene Zuk's research over the past three decades has shed new light on the importance of parasites in determining animals' social behavior. "We used to think that these organisms were just the causes of diseases," she explains. "But they actually play a role in shaping just about everything that their host organisms do, from how they choose their mates to the way they interact with each other."

The combined contributions of these three scientists have not only laid bare the vital significance of social behavior "in driving animal survival, reproduction and fitness," but have also enriched our understanding of "the need to incorporate social interactions into conservation plans for animal species," in the words of the committee granting them the Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology.

Susan C. Alberts, Professor of Biology and Evolutionary Anthropology at Duke University (United States), and

Las tres galardonadas han liderado el estudio de las interacciones sociales de los animales y cómo influyen en su salud y supervivencia. Las contribuciones de Altmann y Alberts sobre babuinos y de Zuk sobre cómo los parásitos condicionan el comportamiento de múltiples especies son hoy herramientas clave para la conservación de especies amenazadas.

The three awardees have led the study of social interaction among animals and how it shapes their health and survival. Altmann and Alberts' work with baboons and Zuk's on the role of parasites in determining the social behavior of multiple species are nowadays key tools in endangered species conservation.

Premio Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ecología y Biología de la Conservación.

Susan C. Alberts, catedrática de Biología y Antropología Evolutiva en la Universidad de Duke (Estados Unidos), codirige hoy junto con Jeanne Altmann, catedrática emérita de Ecología y Biología Evolutiva en la Universidad de Princeton (Estados Unidos), el Proyecto sobre el Babuino de Amboseli, que ha desvelado, por ejemplo, el importante papel que desempeñan los machos en el cuidado de sus crías. Aunque tanto los machos como las hembras de esta especie se aparean con varias parejas, los machos son capaces de identificar a sus propias crías y les proporcionan cuidados, un comportamiento que Altmann y Alberts calificaron como «auténtico cuidado paternal».

Además, las científicas galardonadas han mostrado a través de su investigación la importancia de la interacción social en la salud, que a su vez media en la evolución de las especies. Entre los babuinos, tener vínculos sociales fuertes se asocia a una mayor esperanza de vida, y, en el caso de las hembras, se asocia además a una mayor supervivencia de las crías. «Hemos comprobado que el entorno social es igual de importante que el físico a la hora de determinar la salud y la supervivencia —resalta Alberts—. Los animales resuelven problemas en su entorno mediante el comportamiento social, a través de múltiples estrategias desarrolladas durante milenios de evolución».

Marlene Zuk, catedrática de Ecología, Evolución y Comportamiento en la Universidad de Minnesota (Estados Unidos), descubrió, por su parte, la rápida respuesta evolutiva del comportamiento de una especie de grillos en respuesta a la presión de un parásito. En general, los grillos macho cantan para atraer a las hembras, de modo que la selección natural suele favorecer a los machos que cantan más y mejor. Sin embargo, el canto de una especie de grillos no solo atrae a las hembras, sino que además llama la atención de una mosca parasitaria. Estas moscas depositan sus larvas en los grillos, y las larvas se alimentan de los insectos desde dentro, comiéndoseles vivos.

Es decir, el macho experimenta un conflicto resultante de una pugna entre la selección sexual (obtención de

Jeanne Altmann, Professor of Ecology and Evolutionary Biology, Emerita, at Princeton University (United States), currently co-direct the Amboseli Baboon Project. Among the discoveries made through their fieldwork there is that male baboons take an active role in caring for their offspring. Despite multiple mating by both males and females of the species, baboon fathers, it turns out, can distinguish their own infants from those of other males and look out for them accordingly, demonstrating what Altmann and Alberts refer to as "true paternal care."

Another conclusion of the awardees' work is the importance of social interaction for animal health, and thereby the evolution of the species. Among baboons, for example, strong social bonds are linked to longevity, and, in the case of females, also positively predict the survival of their offspring. "We have found that the social environment is just as important as the physical environment in determining health and survival," says Alberts. "What that means is that animals use social behavior to solve the problems in their environment, and the ways they do so reflect the multiple strategies they have developed over millennia of evolution."

Marlene Zuk, Professor of Ecology, Evolution and Behavior at the University of Minnesota (United States), was first to observe the rapid evolutionary response of a cricket species to the pressure exerted by a parasite. In general, male crickets use a mating song to attract females, meaning natural selection tends to favor those that sing the loudest and the best. But the song of a particular type of cricket doesn't just attract females, it also grabs the attention of a parasitoid fly that deposits its larvae in the cricket; larvae that then burrow into its body and eat it from within.

The male, then, experiences a conflict that springs from the struggle between sexual selection (obtaining a mate) and natural selection (survival): the more it sings, the more it will attract females, which is what it must do to pass on its genes. But, at the same time, its chirps attract the fly that may eventually destroy it, a clear evolutionary disadvantage.

What the ecologist observed was that, in a few generations, a mutation spread through the cricket populations

pareja) y la selección natural (supervivencia): cuanto más cante el macho, más seducirá a las hembras, que es clave a la hora de transmitir sus genes. Pero, al mismo tiempo, su canto atrae a la mosca, que puede acabar matándolo, lo que supone una clara desventaja evolutiva ante la amenaza del parásito.

Lo que la ecóloga pudo observar es que, a lo largo de unas pocas generaciones, se expandió una mutación en las poblaciones de grillos que los torna silenciosos. De esa manera, la detección por parte de las moscas se disminuyó en gran medida, aunque con la contrapartida de una menor eficacia de atracción del sexo opuesto. Esto ilustra que la evolución gira hacia un sentido u otro según sean las presiones del entorno.

Además, Zuk se dio cuenta de que los ornamentos que caracterizan a los machos de muchas especies animales, como las colas de los pavos reales, son indicadores de su fortaleza ante los parásitos. Concluyó así que una hembra que elige a un macho con ornamentos muy elaborados está eligiendo a una pareja sexual más resistente a las infecciones de estos patógenos.

Todos estos hallazgos, tal y como ha resaltado el jurado, se han convertido en herramientas clave para las estrategias de conservación de especies amenazadas. «Los babuinos—señala Altmann—experimentan cambios medioambientales de forma muy parecida a los humanos, y esto nos da un modelo para las adaptaciones a entornos cambiantes».

Zuk, por su parte, recalca que «no podemos conservar algo si no sabemos que está ahí». La llamada *megafauna carismática*, como los elefantes y los pandas, tiende a centrar toda la atención de la sociedad, pero Zuk pone el foco sobre otros organismos que cumplen una función esencial en los ecosistemas, como los polinizadores y los carroñeros: «Si no entendemos lo que hacen y no comprendemos su biología, nunca podremos salvarlos».

Más información:



Susan C. Alberts



Jeanne Altmann



Marlene Zuk

that rendered them silent. This meant they were substantially less prone to being detected by the fly, but with the adverse effect of reducing their attractiveness to the opposite sex. Evolution, in other words, bends this way or that depending on the pressures of the environment.

Zuk also realized that the ornaments characterizing the males of many animal species, like the tails of peacocks, are a way to signal their resistance to parasites. So when a female chooses a male with particularly elaborate ornamentation, she is also choosing a mate that is more resistant to infection by these pathogens.

All of these findings, the committee observes, have become key tools for endangered species conservation strategies. "Baboons," Altmann says, "experience environmental shifts in much the same way as humans, and this provides us with a model for adaptation to changing environments."

Zuk, for her part, insists that "we can't conserve something if we don't know whether it's there to begin with." The so-called "charismatic megafauna," like elephants and pandas, tend to get most of society's attention, but she makes a plea for those other organisms, like the pollinators or scavengers, that play a key role in ecosystem functioning. "If we don't understand what they're doing, and we don't understand their biology, we're never going to be able to save them."

More information:



Susan C. Alberts



Jeanne Altmann



Marlene Zuk




Emily S. Bernhardt

Presidenta del jurado
Es James B. Duke Distinguished Professor y directora del Departamento de Biología en la Universidad de Duke (Estados Unidos). Especializada en ecología de los ecosistemas y en biogeoquímica, 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 CSIC y profesor asociado en el Departamento de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Sevilla. Estudia 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 emérito en el Departamento 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, cómo el propio desarrollo puede contribuir a modelar las trayectorias evolutivas y el papel de los rasgos metabólicos, fisiológicos y morfológicos en la adaptación ecológica. Ha presidido la Sociedad Linneana de Londres, es fellow de la Royal Society, y miembro extranjero de la Real Academia de Artes y Ciencias de los Países Bajos.

María Begoña García

Es investigadora en el Departamento de Conservación de la Biodiversidad del Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, del que fue vice-directora entre 2010 y 2017. Especialista en la dinámica a largo plazo de especies de flora y hábitats, así como en interacciones entre plantas y animales, coordina una red de monitorización de tendencias poblacionales de plantas y modificaciones de hábitats en el noreste de España que abarca 180 especies. Es, además, cocordinadora de la Plataforma Interdisciplinar ECOBIODIV del CSIC y miembro del Comité Científico de Parques Nacionales.

Joanna E. Lambert

Es catedrática de Estudios Medioambientales en la Universidad de Colorado Boulder (Estados Unidos). Su trabajo aborda cuestiones relativas a la coexistencia de especies, la biología de la resiliencia y la evolución rápida desde la perspectiva que ofrece la biología de la alimentación y la dieta. Cofundadora de la Sociedad Noroccidental de Conservación de los Primates, ha sido asesora del Programa Medioambiental de la ONU y es miembro del Grupo de Especialistas en Primates de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Rik Leemans

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

Committee chair

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

Committee secretary

Research Professor in the Department of Integrative Ecology at Doñana Biological Station, CSIC, and Associate Professor in the Department of Plant Biology and Ecology at the University of Seville (Spain). He researches into biodiversity from both ecological and evolutionary perspectives, with a focus on how interactions between plants and animals shape complex ecological systems. The current head of the Environmental Science and Technology Area of Spain's National Research Agency (Ministry of Science and Innovation), he holds the Mercer Award of the Ecological Society of America.

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

A researcher in the Department of Biodiversity Conservation at the Pyrenean Institute of Ecology (CSIC, Spain), where she also served as vice-chair from 2010 to 2017. Her research focuses on the long-term dynamics of plant species and habitats, as well as interactions between plants and animals, and she is currently coordinating a monitoring network of plant population trends and habitat changes in northeastern Spain that is tracking 180 species. She is also co-coordinator of the CSIC Interdisciplinary Platform ECOBIODIV and a member of the scientific committee for Spain's National Parks.

Professor of Environmental Studies at the University of Colorado Boulder (United States), her research addresses questions related to species coexistence, the biology of resilience, and rapid evolution, all through the lens of feeding biology and diet. She is the co-founder of the Northwest Primate Conservation Society, and has served as an advisor to the UN Environmental Program, as well as belonging to the Primate Specialist Group of the International Union for the Conservation of Nature.

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

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ecología y Biología de la Conservación ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **Susan C. Alberts, Jeanne Altmann y Marlene Zuk** por su destacada contribución a la ecología conductual y evolutiva de los animales.

Altmann y a Alberts han ampliado el conocimiento de la función y la evolución del comportamiento social, con especial énfasis en los primates. Sus nombres son inseparables del Proyecto de los Babuinos de Amboseli, en Kenia, una de las investigaciones de campo más prolongadas sobre comportamiento animal, iniciada en 1971. Este estudio ha recogido observaciones de más de dos mil ejemplares de babuino de varias generaciones y con el tiempo se ha extendido más allá del comportamiento social, integrando las observaciones de campo con el análisis de datos endocrinos y genéticos y demostrando el gran valor del estudio de la sociabilidad, la fertilidad y la mortalidad en el curso de la vida de estos animales. Con su estudio longitudinal e intergeneracional, Altmann y Alberts han demostrado que los babuinos que cuentan con padres poderosos y madres con redes sociales extensas son los que tienen más éxito reproductivo a lo largo de su vida.

La investigación de Marlene Zuk explora la función de las interacciones conductuales en la evolución animal y aborda cómo las interacciones entre macho y hembra o entre el parásito y su anfitrión explican la selección sexual y la elección de pareja, que conducen a la diversificación de las especies a lo largo del tiempo. El trabajo de Zuk aporta nuevos conocimientos sobre la ornamentación y el comportamiento de los machos, que Charles Darwin no pudo explicar plenamente. Zuk ha demostrado que la vistosa cola de los pájaros macho y el canto de los grillos macho son señales veraces de salud biológica dirigidas a sus parejas potenciales, y que las hembras eligen parejas más sanas y ornamentadas. Y ha establecido la influencia generalizada que los parásitos y la enfermedad tienen sobre el comportamiento, la ecología y la evolución animal.

Excerpt from award citation

55

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Ecology and Conservation Biology category goes, in this fifteenth edition, to **Susan C. Alberts, Jeanne Altmann and Marlene Zuk** for their outstanding contributions to the behavioral and evolutionary ecology of animals.

Altmann and Alberts have extended our understanding of the function and evolution of social behavior, with a particular emphasis on primates. Their names are inseparable from the Amboseli Baboon Project in Kenya, one of the longest-running field projects in animal behavior, dating back to 1971. Observations collected over five decades have followed over 2,000 individual baboons across several generations. Over time this study has expanded beyond social behavior, integrating field observations with analysis of endocrine and genetic data, and demonstrating the power of studying sociality, fertility, and mortality across the full life course of these wild animals. Altmann and Alberts' longitudinal, intergenerational study of baboons has demonstrated that those baboons with powerful fathers and socially well connected mothers have the highest lifetime reproductive success.

Marlene Zuk's research explores the role of behavioral interactions in animal evolution and addresses how interactions between males and females or between parasites and their hosts explain sexual selection and mate choice, leading to diversification of species over time. Zuk's work provides new insights into the ornamentation and behaviors of male animals that Charles Darwin was unable to fully explain. She showed that the elaborate tails of male birds and the songs of male crickets provide honest signals of fitness to potential mates. Her work has demonstrated that females choose healthier, more ornamented mates, and has established that parasites and disease are pervasive in shaping animal behavior, ecology and evolution.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

COORDINADORA

Anna Traveset Vilaginés

Profesora de investigación en el Instituto
Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC-UIB)

MIEMBROS

Xavier Bellés

Profesor honorario en el Instituto de Biología
Evolutiva (CSIC-UPF)

Marta Coll Montón

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

Mario Díaz Esteban

Investigador científico en el Museo Nacional de
Ciencias Naturales (CSIC)

COORDINATOR

Anna Traveset Vilaginés

Research Professor at the Mediterranean Institute
for Advanced Studies (CSIC-UIB)

MEMBERS

Xavier Bellés

Honorary Professor at the Institute of Evolutionary
Biology (CSIC-UPF)

Marta Coll Montón

Tenured Researcher at the Institute of Marine
Sciences (CSIC)

Mario Díaz Esteban

Research Scientist at the Spanish Museum of
Natural Sciences (CSIC)

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

Susan C. Alberts y Jeanne Altmann

Fueron nominadas por:

- **Jenny Tung**, profesora asociada de Antropología Evolutiva en la Universidad de Duke (Estados Unidos)
- **Elizabeth Archie**, catedrática en el Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Notre Dame (Estados Unidos)

Marlene Zuk

Fue nominada por:

- **Jack Bradbury**, titular emérito de la Cátedra Robert G. Engel de Ornitología en la Universidad de Cornell (Estados Unidos)
- **Valery Forbes**, decana de la Facultad de Ciencias Charles E. Schmidt de la Universidad Atlántica de Florida (Estados Unidos)
- **Darryl T. Gwynne**, catedrático en el Departamento de Ecología y Biología Evolutiva de la Universidad de Toronto Mississauga (Canadá)
- **Ellen D. Ketterson**, distinguished professor de Biología en la Universidad de Indiana (Estados Unidos)
- **Richard E. Lenski**, John Hannah Distinguished Professor de Ecología Microbiana en la Universidad Estatal de Míchigan (Estados Unidos)
- **Johanna Mappes**, catedrática en el Programa de Investigación de Biología de los Organismos y Evolutiva de la Universidad de Helsinki (Finlandia)
- **Leigh Simmons**, catedrático en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Australia Occidental
- **Emilie C. Snell-Rood**, profesora asociada en el Departamento de Ecología, Evolución y Comportamiento en la Universidad de Minnesota (Estados Unidos)

Susan C. Alberts and Jeanne Altmann

Were nominated by:

- **Jenny Tung**, Associate Professor of Evolutionary Anthropology at Duke University (United States)
- **Elizabeth Archie**, Professor in the Department of Biological Sciences at the University of Notre Dame (United States)

Marlene Zuk

Was nominated by:

- **Jack Bradbury**, Robert G. Engel Professor of Ornithology, Emeritus, at Cornell University (United States)
- **Valery Forbes**, Dean of the Charles E. Schmidt College of Science at Florida Atlantic University (United States)
- **Darryl T. Gwynne**, Professor in the Department of Ecology and Evolutionary Biology at the University of Toronto Mississauga (Canada)
- **Ellen D. Ketterson**, Distinguished Professor of Biology at Indiana University (United States)
- **Richard E. Lenski**, John Hannah Distinguished Professor of Microbial Ecology at Michigan State University (United States)
- **Johanna Mappes**, Professor on the Organismal and Evolutionary Biology Research Program at the University of Helsinki (Finland)
- **Leigh Simmons**, Professor in the School of Biological Sciences at the University of Western Australia
- **Emilie C. Snell-Rood**, Associate Professor in the Department of Ecology, Evolution and Behavior at the University of Minnesota (United States)

- **Hamish Spencer**, Sesquicentennial Distinguished Professor en la Universidad de Otago (Nueva Zelanda)
- **Joan Strassmann**, titular de la Cátedra Charles Rebstock de Biología en la Universidad de Washington en San Luis (Estados Unidos)
- **Michael Travisano**, Distinguished McKnight University Professor en el Departamento de Ecología, Evolución y Comportamiento en la Universidad de Minnesota (Estados Unidos)

- **Hamish Spencer**, Sesquicentennial Distinguished Professor at the University of Otago (New Zealand)
- **Joan Strassmann**, Charles Rebstock Professor of Biology at Washington University in St. Louis (United States)
- **Michael Travisano**, Distinguished McKnight University Professor in the Department of Ecology, Evolution and Behavior at the University of Minnesota (United States)

La Tierra captada a 92.000 kilómetros de distancia por la nave Orión de la misión Artemisa 1, en su viaje hacia la Luna.

The Earth, captured from a distance of 92,000 kilometers by the Orion spacecraft of the Artemis 1 mission, during its trip to the Moon.

La frágil nave Tierra

The fragile spaceship Earth



«La Tierra —decía Neil Armstrong— es en sí misma una nave espacial». Hace ya más de medio siglo, tras convertirse en el primer hombre que pisó la Luna, el astronauta estadounidense manifestó su esperanza en que la exploración del espacio pudiera contribuir a transformar la imagen que tenía la humanidad de sí misma: «Espero que, gracias a alejarnos un poco, lograremos que algunas personas se vean como un grupo de tripulantes a bordo de una misión espacial y tengan mucho cuidado sobre cómo tratan a su nave».

En el último año, el entusiasmo por la exploración espacial se ha vuelto a despertar con el lanzamiento de Artemisa 1, la primera misión del nuevo programa lunar de la NASA. Sin olvidar las ambiciones políticas, económicas y militares que siempre han impulsado y hoy continúan motivando la *conquista del espacio*, este renacimiento del espíritu pionero del Apolo en el siglo XXI también está inspirado por la insaciable curiosidad del ser humano, la necesidad de desplazar las fronteras del conocimiento para avanzar en nuestra comprensión del universo.

Ahora, el objetivo es volver a enviar misiones tripuladas a la superficie de la Luna, pero en esta ocasión no para quedarnos allí, sino como

“The Earth itself is a spaceship,” Neil Armstrong once remarked. Over half a century ago, after becoming the first man to set foot on the Moon, the American astronaut expressed his hope that space exploration might help transform the way humanity saw itself: “Maybe by moving away a little, we can get some people to see themselves as crew members aboard a space mission, so they take good care how they treat their ship.”

In this last year, enthusiasm about space exploration has been reawakened by the launch of Artemis 1, the first mission of NASA's new lunar program. Leaving aside the political, economic and military ambitions that have always driven and indeed continue to motivate the “conquest of space,” this 21st-century rebirth of the Apollo program's pioneering spirit is also inspired by humanity's unquenchable curiosity, and the need to push the frontiers of knowledge in order to advance our understanding of the universe.

The goal is again to land crewed missions on the Moon's surface, but not with a view to settling there. For this is merely a

ensayo preliminar para alcanzar una meta mucho más ambiciosa: viajar a Marte y conquistar el «siguiente gran salto para la humanidad» en el planeta rojo.

La nave Orión de Artemisa 1 ha vuelto a demostrar la asombrosa sofisticación científica y tecnológica de la que es capaz nuestra especie en el empeño de explorar nuevos mundos. Al mismo tiempo —como ocurrió con el programa Apolo, aunque ya sin el factor sorpresa que en su época tuvo una enorme repercusión mediática y social—, esta nueva misión nos ha permitido *redescubrir* la Tierra desde el espacio. La espectacular imagen de nuestro planeta que ilustra estas páginas nos recuerda el legado seguramente más trascendental del primer viaje a la Luna: la toma de conciencia del hogar que compartimos con todos los demás seres vivos.

Como ha escrito el historiador británico Robert Poole, la icónica imagen *Earthrise* que captó la misión Apolo 8 de nuestro planeta, flotando en la oscuridad del espacio desde la órbita lunar, «mostraba a las claras que los recursos de la Tierra eran finitos» y encapsulaba «la idea de la Tierra como una *nave espacial* en la que no cabían las fronteras nacionales ni los intereses sectarios». De hecho, la difusión de esta imagen contribuyó a la expansión de la conciencia medioambiental, a la creación del Día Mundial de la Tierra e incluso a la celebración de las primeras cumbres de la ONU que abordaron la degradación del planeta.

A lo largo de las más de cinco décadas que han transcurrido desde entonces, la evidencia acumulada por la comunidad internacional de investigadores en las ciencias del medio ambiente ha dejado fuera de toda duda el impacto de la actividad humana sobre la biosfera. Así lo reflejan no solo las conclusiones del último informe del Panel Intergubernamental de la ONU sobre el Cambio Climático (IPCC) y la galopante pérdida de especies documentada por los ecólogos a escala global, sino los fenómenos anómalos que ya empezamos a percibir todos en nuestra vida cotidiana: olas de calor extremo, sequías, incendios, inundaciones...

La paradoja del *Homo sapiens* es que nuestra sofisticada inteligencia y capacidad para inventar tecnologías transformadoras ha desencadenado dramáticas consecuencias imprevistas e indeseadas en el medio ambiente: la monumental huella de nuestra actividad en el llamado Antropoceno, una nueva era geológica en la que nuestra especie se ha convertido en la principal fuerza que pone en riesgo el futuro de la vida en el planeta. Para abordar este desafío, necesitamos una perspectiva planetaria en la que pensemos globalmente y a la vez actuemos localmente para conservar la frágil red de ecosistemas de la que depende la vida en la Tierra, y que se encuentra cada vez más amenazada.

Hoy sigue existiendo un desfase entre la gravedad de las advertencias que transmite la comunidad científica sobre la crisis ambiental y la insuficiencia de las medidas que se están adoptando para abordar este desafío. Falta también que la conciencia social sobre el reto medioambiental se traduzca en comportamientos individuales. Las nuevas imágenes de la *nave Tierra* captadas por la misión Artemisa, con el respaldo del conocimiento validado por los investigadores sobre el cambio climático y la crisis de biodiversidad, deberían servir para dejar de distraer nuestra atención con otras cuestiones de mucha menor trascendencia. Ojalá esta renovada visión de nuestro planeta desde el espacio contribuya a que volvamos a poner el foco sobre el mayor reto al que se enfrenta hoy nuestra especie: la espada de Damocles que pende sobre la frágil casa común que compartimos con todas las especies vivas conocidas hasta ahora en el universo.

preliminary rehearsal on the way to a far more ambitious objective: to travel to Mars and accomplish the “next giant leap for mankind” on the red planet.

Artemis 1's Orion spacecraft proves once again the astounding scientific and technological sophistication that our species is capable of in its quest to explore new worlds. At the same time – like the Apollo program before it, but without the surprise factor that gave the latter such a huge media and social impact – this new mission has allowed us to “rediscover” Earth from space. The spectacular image of our planet that illustrates these pages recalls what is surely the most far-reaching legacy of the first Moon voyage: a new awareness of the home we share with all other living beings.

As British historian Robert Poole has written, the iconic *Earthrise* image of our planet suspended in the darkness of space, captured by the Apollo 8 module from its lunar orbit, “clearly showed that the Earth's resources were finite.” It also encapsulated the idea of “one spaceship Earth on which there was no room for national boundaries or sectional interests.” In fact, the dissemination of this photograph would hasten the expansion of environmental awareness, the establishment of World Earth Day and even the organization of the first UN summits to address the degradation suffered by our planet.

In the more than five decades that have since passed, the evidence accumulated by the international community of environmental science researchers has banished any residual doubt on how human activity is impacting the biosphere. This is reflected not only by the conclusions of the latest report of the UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the runaway loss of species documented by ecologists on a global scale, but also by the anomalous phenomena that have begun to seep into our consciousness and daily lives: extreme heatwaves, droughts, fires, floods...

The paradox of *Homo sapiens* is that our sophisticated intelligence and ability to invent transformative technologies have brought dramatic environmental consequences that were neither desired nor foreseen: the massive footprint of our activity in the so-called Anthropocene, a new geological epoch with our species as the dominant force threatening the whole future of life on the planet. To confront this challenge, we need a planet-wide approach in which we think globally and act locally to conserve the fragile and increasingly endangered network of ecosystems on which life on Earth depends.

Yet there remains a significant gap between the seriousness of the warnings about the climate crisis issuing from the scientific community and the inadequacy of the measures being taken to address this challenge. And social awareness of environmental issues is still failing to feed through to individual behavior. The new images of “spaceship Earth” captured by the Artemis mission, allied with the validated knowledge produced by researchers on climate change and the biodiversity crisis, will hopefully keep us from being distracted by other far less momentous matters. This renewed vision of our planet from space should help refocus our attention on the greatest challenge facing our species today: the sword of Damocles that hangs over the fragile common home we share with all other known species in the universe.

62

«Hemos podido comprobar que la teoría del efecto invernadero es básicamente correcta y nos ha dado confianza en nuestra habilidad para predecir el clima del futuro».

“We have been able to confirm that the greenhouse effect theory is essentially correct, and this has made us more confident in our ability to predict future climate.”

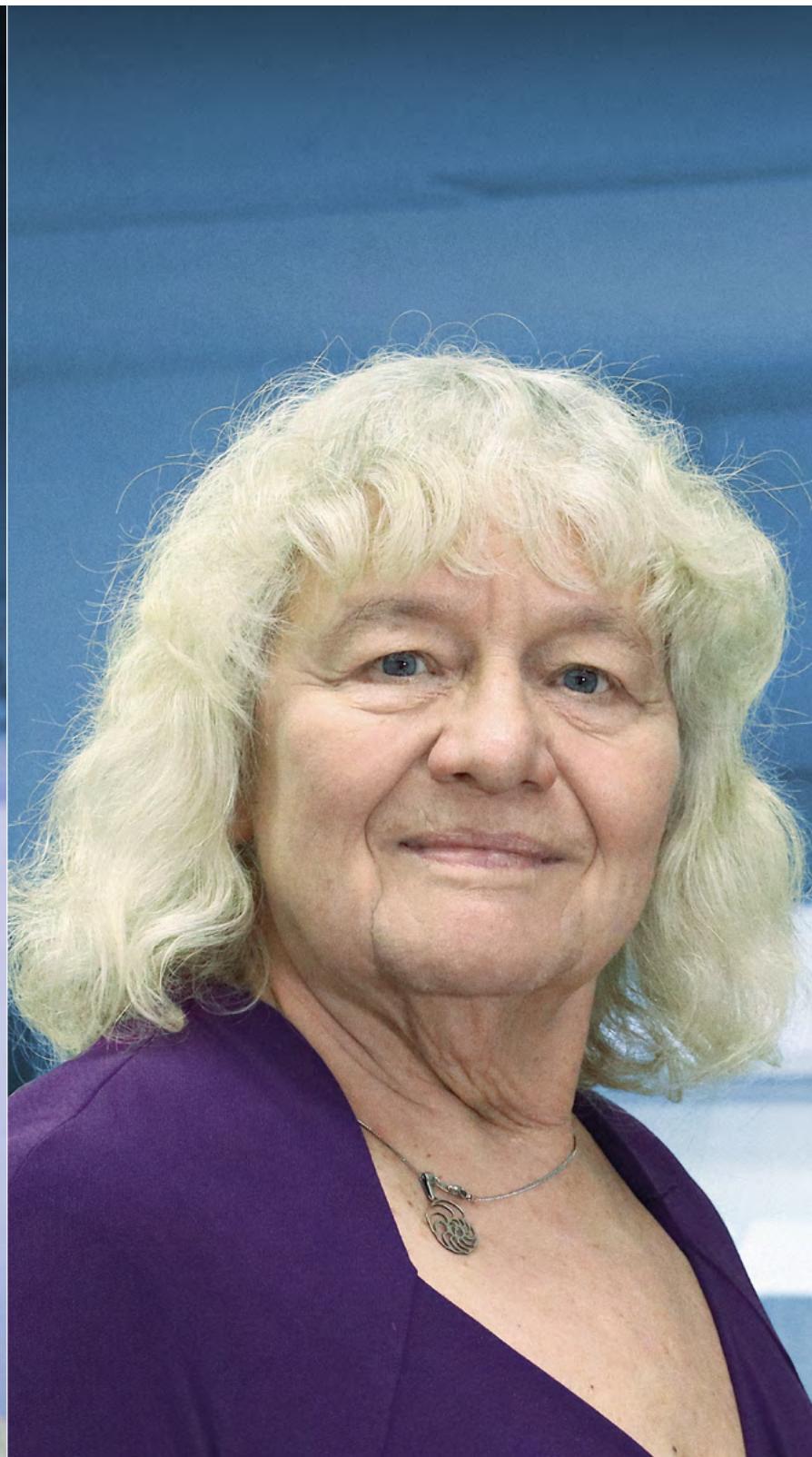
James C. Zachos

«Creo que nos encontramos ante un problema muy serio, no para el planeta —que podrá continuar sin nosotros—, sino para los humanos, que tenemos que cambiar rápidamente nuestro modo de vida».

“I think we are in serious trouble, not for the planet – which will go on without us – but for ourselves. And we are going to have to change the way we live very rapidly indeed.”

Ellen Thomas





James C. Zachos

Ellen Thomas

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

Un experimento natural para predecir la evolución del clima

Hace 56 millones de años, en la frontera entre el Paleoceno y el Eoceno, la temperatura global ascendió entre 5 y 6 °C debido a la emisión masiva de CO₂ y metano a la atmósfera. Este episodio, posiblemente provocado por la actividad volcánica, volvió más ácidos los océanos y desencadenó una de las mayores extinciones conocidas de organismos de aguas profundas en la historia del planeta.

Hoy se conoce como máximo térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM, por sus siglas en inglés) y el efecto invernadero que generó es comparable al actual cambio climático provocado por la quema de combustibles fósiles. Por eso constituye un «experimento natural», en palabras de James C. Zachos —titular de la cátedra Ida Benson Lynn de Salud Oceánica en la Universidad de California en Santa Cruz (Estados Unidos)—, que ha sido clave para validar y acotar los modelos que se utilizan para predecir la evolución futura del clima.

El primer indicio de este fenómeno se descubrió en 1987 con una expedición de perforación oceánica en la Antártida. Ellen Thomas, hoy titular emérita de la Cátedra Harold T. Stearns de Ciencias Integradas en la Universidad Wesleyan (Estados Unidos), participaba como experta en micropaleontología y su misión era analizar las muestras de sedimento así obtenidas en busca de foraminíferos bentónicos, unos organismos microscópicos que habitan en el fondo del mar.

Por la manera en la que se depositan, los sedimentos constituyen una suerte de libro de la historia del planeta, en el que las páginas o capas más profundas corresponden a épocas más antiguas. Al dar con la capa que correspondía al límite entre el Paleoceno y el Eoceno, Thomas halló cambios considerables en los

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Climate Change

A “natural experiment” to predict future climate

Fifty-six million years ago, at the boundary of the Paleocene and Eocene epochs, global temperatures surged by between 5 and 6°C due to the massive release into the atmosphere of CO₂ and methane. This episode, whose possible origin was volcanic activity, turned the oceans more acidic and unleashed one of the largest extinctions of deep-sea fauna in the whole of Earth history.

The interval in question is known as the Paleo-Eocene Thermal Maximum (PETM) and the greenhouse warming that ensued is comparable to today's fossil fuel-driven climate change. In this respect, it stands as a “natural experiment,” in the words of James C. Zachos – Ida Benson Lynn Chair of Ocean Health at the University of California, Santa Cruz (United States) – which has served to validate and bound predictive models for future climate change.

The first evidence of the PETM came to light during a 1987 drilling expedition to the Antarctic Ocean. Among the crew was Ellen Thomas, now Harold T. Stearns Professor of Integrated Sciences, Emerita, at Wesleyan University (United States). As an expert in micropaleontology, it was her job to analyze the sediment samples collected in search of benthic foraminifera, microscopic organisms that live on the ocean floor.

Because of how they are deposited, sediments act as a kind of planetary history book, their deepest layers representing the most distant epochs. On coming to the layer marking the boundary between the Paleocene and Eocene, Thomas observed a series of major changes in these deep-sea organisms that went against all expectations. “I was looking for relatively minor changes, because the deep ocean is the

Zachos y Thomas descubrieron que hace 56 millones de años se produjeron emisiones masivas de CO₂ y metano a la atmósfera y la temperatura global ascendió entre 5 y 6 °C. Este episodio ha sido un referente clave para validar y acotar los modelos numéricos con los que se predicen las consecuencias del cambio climático antropogénico actual.

Zachos and Thomas identified an event 56 million years ago when massive quantities of CO₂ and methane were released into the atmosphere, driving global temperatures 5-6°C higher. This perturbation provides a compelling analog with which to validate and bound the numerical models used to predict the course of today's anthropogenic climate change.

organismos que vivían en el fondo del mar. «Yo esperaba cambios menores, porque el océano profundo es el mayor hábitat del planeta y es muy difícil que cambie en escalas de tiempo cortas», recuerda la galardonada.

Pero en aquellas muestras observó una extinción masiva sorprendente en un medio tan estable, por lo que solo podía deberse a un cambio drástico a escala global. Acto seguido, todo el personal de la expedición comenzó a analizar la composición química de las conchas de los foraminíferos para averiguar en qué condiciones ambientales se habrían formado, incluyendo la temperatura y la acidez de las aguas.

Thomas observó que, en paralelo a la extinción masiva, se había producido un calentamiento global pronunciado. Aunque esta extinción estaba ya documentada en algunos artículos científicos, la investigadora fue la primera persona en analizarla en detalle y, sobre todo, en atribuir su origen a un cambio a escala global en la frontera entre el Paleoceno y el Eoceno.

Poco más tarde, las investigaciones de Zachos aportaron la confirmación definitiva de este fenómeno. El científico analizó sedimentos terrestres obtenidos en Wyoming (Estados Unidos), y observó una perturbación notable en la naturaleza del carbono presente en los sedimentos precisamente en el límite Paleoceno-Eoceno. El hallazgo parecía indicar que se habían liberado grandes cantidades de este elemento a la atmósfera en períodos de tiempo muy breves a escala geológica.

«De repente, todas las piezas comenzaron a encajar como en un puzzle, y además eran coherentes con la teoría del efecto invernadero», destaca el premiado. «Lo que Thomas había observado en los fondos marinos, Zachos lo estaba observando en medios terrestres a miles y miles de kilómetros de distancia. Fue la forma de verificar que se trataba de un gran evento de alcance planetario», añade Laia Alegret, catedrática de Paleontología en la Universidad de Zaragoza, quien nominó a ambos investigadores al Premio Fronteras del Conocimiento en la categoría de Cambio Climático.

Desde entonces, Zachos y Thomas colaboraron para desentrañar los vaivenes climáticos del planeta a lo largo de la historia geológica. En 2001 publicaron un

planet's largest habitat and unlikely to change over short time scales.”

But what she saw in the samples was a massive extinction so entirely at odds with such a stable environment that it had to be caused by a dramatic change operating at the global scale. Immediately the whole expedition crew got down to analyzing the foraminifera shells' chemical composition to ascertain what environmental conditions they had been formed in, primarily water temperature and acidity.

Thomas observed that this mass extinction had occurred at a time of pronounced global warming. Although the extinction event had been documented in earlier research papers, the scientist was the first to study it in detail and, crucially, to attribute its origin to a global change at the boundary of the Paleocene and Eocene.

Not long after came the final confirmation of this momentous upheaval, thanks to the research done by Zachos. When analyzing terrestrial sediments obtained in Wyoming (United States), he found a marked perturbation in the nature of the carbon they contained, occurring exactly at the Paleocene-Eocene limit, suggesting that large quantities of this element had been released into the atmosphere over very short time periods on a geological scale.

“Suddenly all the pieces of the jigsaw started to fall into place, and they were also consistent with the greenhouse effect theory,” the awardee relates. “What Thomas had found in the deep sea, Zachos was now observing in terrestrial environments thousands and thousands of kilometers away,” adds Laia Alegret, Professor of Paleontology at the University of Zaragoza (Spain), who nominated the two researchers for the Frontiers of Knowledge Award in the category of Climate Change. “This was proof that what they were looking at was an event unfolding on a planetary scale.”

Since then, Zachos and Thomas have collaborated in an effort to unravel Earth's climatic variations throughout geological history. In 2001 they published an article in *Science* that featured what has become known as the “Zachos curve,” the most complete temperature

artículo en la revista *Science*, donde presentaron la curva de temperatura más completa de los últimos 65 millones de años, conocida como la curva de Zachos. En este contexto tan amplio, el PETM destacaba como el mayor episodio de calentamiento registrado desde entonces. Este artículo es hoy uno de los más citados en geociencias.

Todo este conocimiento histórico que han aportado Zachos y Thomas ha servido para retroalimentar los modelos con los que se predicen las consecuencias del actual cambio climático y calibrar hasta qué punto sus predicciones son acertadas. «Hemos podido comprobar que la teoría del efecto invernadero es básicamente correcta —afirma Zachos— y nos ha dado confianza en nuestra habilidad para predecir el clima del futuro».

Por ejemplo, este episodio ha confirmado que un exceso de carbono en la atmósfera tarda decenas de miles de años en eliminarse de manera natural. Para los investigadores galardonados, este dato confirma que no podemos confiar únicamente en que los bosques absorban el carbono emitido por la quema de combustibles fósiles como solución al actual calentamiento del planeta.

El científico galardonado considera que un calentamiento global tan masivo como el que atravesó la Tierra en el PETM «desde luego podría ocurrir» si continuamos quemando combustibles fósiles. Sin embargo, está convencido de que aún estamos a tiempo de remediar esta situación o, al menos, esquivar sus peores consecuencias si realizamos una transición hacia el uso de energías renovables lo antes posible.

«La realidad—concluye Thomas—es que las medidas que se han adoptado hasta ahora frente al cambio climático son totalmente insuficientes. Nos encontramos ante un problema muy serio, no para el planeta, que podrá continuar sin nosotros, sino para los humanos, que tenemos que transformar nuestro modo de vida».

graph of the last 65 million years. In all this time, the PETM stands out as the single biggest warming episode on record. The above *Science* paper currently ranks among the most highly cited in geosciences.

The historical knowledge provided by Zachos and Thomas has been fed back into predictive models for the impact of modern-day climate change, to test the soundness of their forecasts. “We have been able to confirm that the greenhouse effect theory is essentially correct,” says Zachos, “and this has made us more confident in our ability to predict future climate.”

For instance, PETM studies have confirmed that it takes tens of thousands of years for excess carbon in the atmosphere to be sequestered by natural processes. In the view of the awardee researchers, what this finding proves is that we cannot rely on forests absorbing the carbon emitted by fossil fuel combustion as a sole solution to today’s global warming.

Zachos believes that a warming event as extreme as that which swept the Earth during the PETM “could easily happen” if we go on burning fossil fuels. He is also convinced, however, that we have time to remedy the situation, or at least to avert its worst consequences, if we can make a speedy transition to renewable energies.

“The reality,” concludes Thomas, “is that the anti-climate change measures taken to date are wholly insufficient. I don’t want to sound alarmist, but I do think we are in serious trouble, not for the planet – which will go on without us – but for ourselves. And we are going to have to change the way we live very rapidly indeed.”



Más información:

James C. Zachos



Ellen Thomas



More information:

James C. Zachos



Ellen Thomas


Bjorn Stevens

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

Carlos M. Duarte

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

Sandrine Bony

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

Miquel Canals

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

José Manuel Gutiérrez

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

Martin Heimann

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

Committee chair

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

Committee secretary

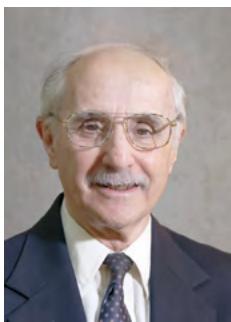
Distinguished Professor and Tarek Ahmed Juffali Research Chair in Red Sea Ecology in the Red Sea Research Center and Computational Biosciences Research Center at King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia), and Executive Director of the Global Coral Reef R&D Accelerator Platform. His research focuses on the impacts of global change in marine ecosystems, addressing all components from microbes to megafauna. Winner of the 2019 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 areas of research interest include global change and the ocean, high-energy oceanographic processes and their consequences, and anthropogenic impacts on marine ecosystems. A former member of the Mission Assembly for Healthy Oceans, Seas and Inland Waters, a transdisciplinary initiative of Horizon Europe, he is currently co-chair of the Technical Group on Seabed Habitats and Sea-floor Integrity, part of the Common Implementation Strategy for the EU's Marine Strategy Framework Directive.

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

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

**Edward S. Rubin****Paul Wassmann****Julie A. Winkler**

Es Alumni Chair Professor (emérito) de Ciencia e Ingeniería Medioambiental, y catedrático emérito de Ingeniería y Política Pública y de Ingeniería Mecánica en la Universidad Carnegie Mellon (Estados Unidos). Investiga sobre energía y medio ambiente, con un enfoque específico en mitigación del cambio climático, innovación tecnológica e interacciones entre políticas y tecnología. En 2022 ha sido reconocido con el Premio Greenman del Programa de I+D en Gases de Efecto Invernadero de la Agencia Internacional de Energía.

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

Alumni Chair Professor of Environmental Engineering and Science, Emeritus, and Professor of Engineering & Public Policy and Mechanical Engineering, Emeritus, at Carnegie Mellon University (United States). His areas of research are energy and the environment, with a particular focus on climate change mitigation, technology innovation, and technology-policy interactions. In 2022 he was distinguished with the Greenman Award of the International Energy Agency Greenhouse Gas R&D Programme.

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

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

Committee

BBVA Foundation Frontiers
of Knowledge Award
Climate Change

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Climate Change category goes, in this fifteenth edition, to **James C. Zachos** and **Ellen Thomas** for their seminal contributions to the identification of a major natural event in the fossil record that provides a compelling analog for anthropogenic climate change.

This event, known as the Paleo-Eocene Thermal Maximum (or PETM), took place about 56 million years ago. Zachos and Thomas convincingly demonstrated that the PETM was characterized by 5-6°C of warming and coincided with the release of massive quantities of CO₂ and/or methane into Earth's atmosphere, resulting in major extinction of deep-sea organisms and ocean acidification.

The PETM demonstrates the implications of a major perturbation of the global carbon cycle; one similar in magnitude to what is happening today. Zachos and Thomas's analyses of marine and terrestrial records, made available through the painstaking efforts of international drilling programs, help bound Earth's surface temperature sensitivity to increases in greenhouse gases; reveal the multi-millenary time scale over which natural processes remove carbon from the atmosphere; and contextualize present-day changes with respect to the geological past.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Cambio Climático ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **James C. Zachos** y **Ellen Thomas** por la trascendental contribución de ambos al descubrimiento de un importante evento natural en el registro fósil que ofrece una convincente analogía con el cambio climático antropogénico.

Este acontecimiento, al que se denomina máximo térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM, por sus siglas en inglés), sucedió hace unos 56 millones de años. Zachos y Thomas han demostrado de forma convincente que el PETM se caracterizó por un calentamiento de 5 a 6 °C y coincidió con la liberación a la atmósfera terrestre de cantidades masivas de CO₂ y/o metano, lo que dio lugar a la extinción de numerosos organismos de aguas profundas y la acidificación de los océanos.

El PETM es la demostración de las repercusiones de una perturbación de importante magnitud del ciclo global del carbono similar a la actual. Los análisis por parte de Zachos y Thomas de los registros marinos y terrestres, obtenidos gracias al concienzudo trabajo de los programas internacionales de perforación, ayudan a vincular la sensibilidad de la temperatura de la superficie terrestre al aumento de los gases de efecto invernadero, revelan la escala multimilenaria en la que los procesos naturales eliminan el carbono de la atmósfera y contextualizan los cambios actuales con respecto al pasado geológico.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Climate Change

COORDINADOR

Blas Valero Garcés

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

MIEMBROS

Santiago Beguería Portugués

Científico titular en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC)

Francisca Martínez Ruiz

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

Ángel Ruiz Mantecón

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

COORDINATOR

Blas Valero Garcés

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

MEMBERS

Santiago Beguería Portugués

Tenured Researcher at the Aula Dei Experimental Station (CSIC)

Francisca Martínez Ruiz

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

Ángel Ruiz Mantecón

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

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Climate Change

James C. Zachos y Ellen Thomas

Fueron nominados por:

- **Laia Alegret**, catedrática en el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza (España)

James C. Zachos and Ellen Thomas

Were nominated by:

- **Laia Alegret**, Professor of Paleontology in the Department of Earth Sciences at the University of Zaragoza (Spain)

⁷² «Los tres pilares de la prosperidad de un Estado son recaudar impuestos, hacer cumplir la ley y gastar recursos de modo eficiente».

“The three pillars of a nation's prosperity are the power to raise taxes, the ability to enforce laws, and the capacity to spend wisely.”

Timothy Besley

«Los Estados necesitan construir instituciones para lograr un sistema fiscal que funcione adecuadamente».

“States need to build institutions in order to have a well-working tax system.”

Torsten Persson

«Para comprender cómo se toman las decisiones, es necesario incorporar nociones de la psicología o la sociología al análisis económico».

“To understand how decisions are made, we have to make room in economic analysis for insights from psychology and sociology.”

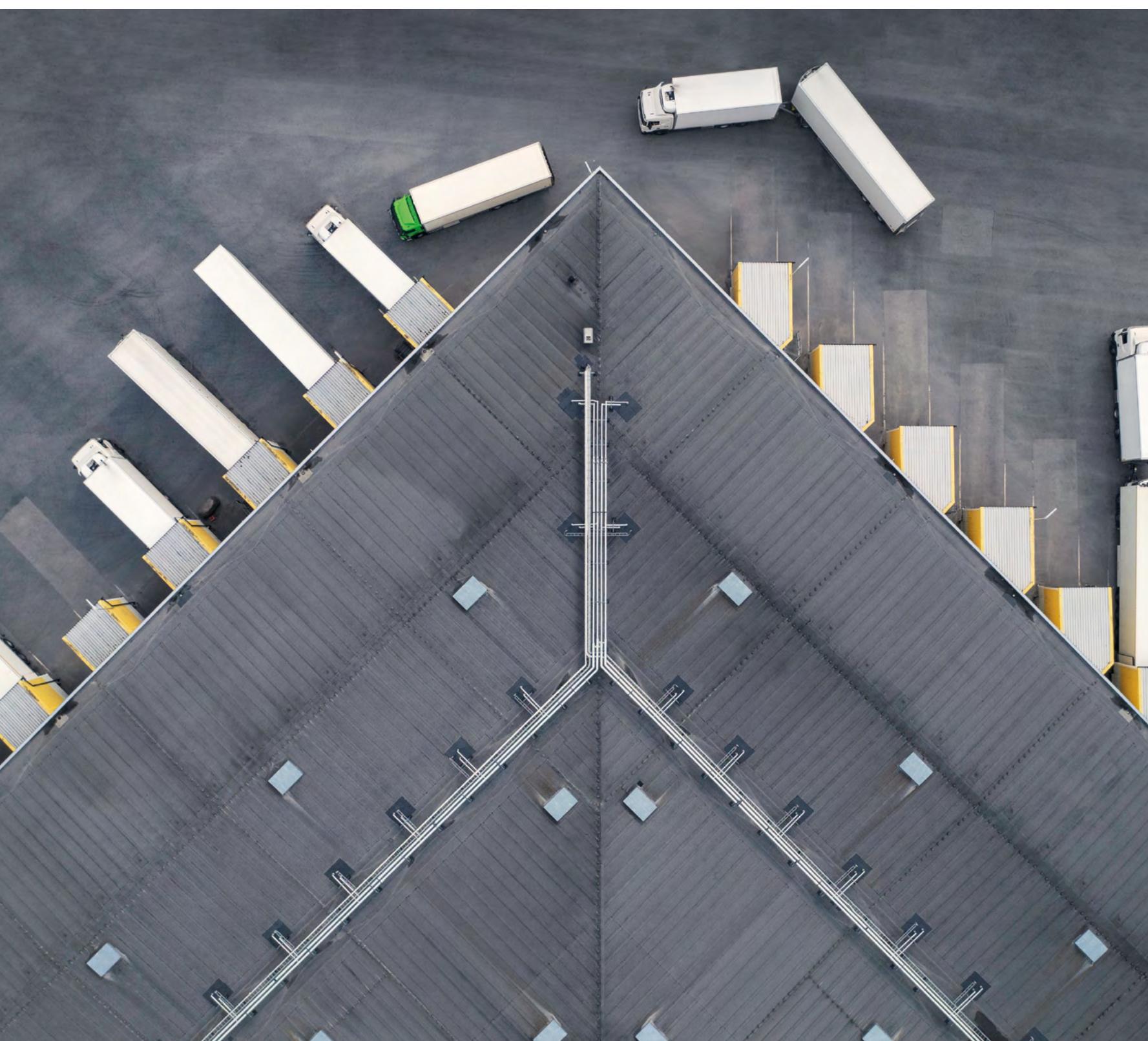
Guido Tabellini

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Economía, Finanzas y
Gestión de Empresas**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Economics, Finance
and Management**





Timothy Besley

Torsten Persson

Guido Tabellini

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

La nueva economía política

Desde mediados del siglo XVIII, los postulados clásicos de la economía política han tenido un fuerte anclaje en la teoría. De hecho, las aportaciones de Adam Smith, David Ricardo o Karl Marx tienen casi más elementos de una ciencia ética (la economía nació como una rama de la filosofía moral) que de una ciencia empírica o aplicable.

Partiendo de algunas de las premisas de estos pensadores clásicos, los galardonados con el Premio Fronteras del Conocimiento en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas en su XV edición, los profesores Timothy Besley (London School of Economics and Political Science, LSE), Torsten Persson (Instituto de Estudios Económicos Internacionales, Universidad de Estocolmo) y Guido Tabellini (Universidad Bocconi, Italia) han utilizado las herramientas más novedosas del análisis económico y la evidencia empírica que estas proporcionan para modelar la nueva economía política. Un campo en auge que genera una de cada diez publicaciones de ciencia económica en el mundo, según el National Bureau of Economic Research estadounidense.

Los profesores Besley, Persson y Tabellini han «transformado el campo de la economía política», según el acta del jurado, e iluminado «las conexiones entre el mundo político y el económico» al estudiar «cómo las instituciones y los procesos políticos configuran las políticas económicas y los resultados económicos, y cómo los factores económicos afectan a las instituciones políticas».

La gran aportación de este nuevo enfoque surgió a finales de los pasados años ochenta, cuando los profesores Persson y Tabellini comenzaron a cuestionarse si el análisis tradicional de la política económica era

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

The new political economy

The classical postulates of political economy, developed as of midway through the 18th century, were strongly anchored in theory. The contributions of Adam Smith, David Ricardo or Karl Marx might even be said to contain more elements of ethics (economics was originally a branch of moral philosophy) than they do of an empirical or applicable science.

Drawing on some of the premises of these classical thinkers, the winners of the 15th BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management, professors Timothy Besley (London School of Economics and Political Science), Torsten Persson (Institute of International Economic Studies, Stockholm University) and Guido Tabellini (Bocconi University, Italy), have used the latest economic analysis tools and the empirical evidence they provide to model the fast-expanding field of modern political economy. A field that now generates around one tenth of top journal publications in economics every year, according to the U.S. National Bureau of Economic Research.

Professors Besley, Persson and Tabellini have “transformed the field of political economy,” said the committee in its citation, illuminating “the connections between the economic and political world” through their study of “how political institutions and processes shape economic policies and outcomes on the one hand, and how economic factors shape political institutions on the other.”

The new approach first came to prominence in the late 1980s. By then both Persson and Tabellini had begun to question whether mainstream economic policy analysis was suffering from an excessive focus on how policy decisions impacted citizens and their economic

Los profesores Besley, Persson y Tabellini han transformado el campo de la economía política al estudiar cómo las instituciones y los procesos políticos configuran las políticas públicas y los resultados económicos, y cómo los factores económicos influyen, a su vez, en las instituciones.

Professors Besley, Persson and Tabellini have transformed the field of political economy, illuminating the ways in which political institutions and processes shape economic policies and how economic factors, in turn, shape institutions.

limitado al centrarse, principalmente, en las consecuencias que las decisiones de los legisladores tenían sobre los ciudadanos y su contexto económico. Cuando sus carreras se cruzaron, comenzaron a intercambiar opiniones y llegaron a la conclusión de que era necesario ampliar ese esquema: no solo las decisiones de los legisladores condicionan la vida económica, sino que los actores económicos también contribuyen a modelar la estructura institucional y política de un Estado. Y, más allá, la propia configuración de ese Estado desde un punto de vista político es también determinante en este análisis.

Entre 1990 y 2005 Persson y Tabellini publicaron tres libros de referencia en la nueva economía política: *Macroeconomic policy, credibility and politics; Political economics. Explaining economic policy; y The economic effects of constitutions*. En ellos combinan las ideas de la literatura macroeconómica con largas series temporales de datos y las teorías de la elección pública, la elección racional y la teoría de juegos.

La economía política moderna es un campo eminentemente interdisciplinario y basado en los datos: «Para comprender cómo se forman las creencias, las opiniones y las decisiones [de los agentes económicos], es necesario incorporar nociones de la psicología y la sociología con el fin de entender cómo nuestros sistemas de valores influencian, en gran medida, comportamientos como, por ejemplo, de qué manera votamos», tal y como explica el profesor Tabellini. Solo así se ha llegado a comprender y explicar cuestiones como que el sistema de partidos de una nación determina en gran medida si los gobiernos de ese Estado tienden a ser en solitario o en coalición, lo que está directamente correlacionado con un mayor o menor gasto público; o cómo las políticas de crecimiento económico pueden verse estructuralmente afectadas por la desigualdad en el reparto de rentas de los ciudadanos de un país.

El jurado destaca que las investigaciones de los galardonados han evidenciado que «una clara separación de los poderes ejecutivo y legislativo sometida a los controles y equilibrios adecuados es un modo de impedir el abuso de poder y garantizar la buena marcha de un sistema democrático»; en este punto

context. When their academic paths crossed, they began sharing their concerns and arrived at the conclusion that a broader vision was demanded. For, they reasoned, policymakers' decisions may condition a country's economic life, but at the same time economic agents do much to shape that country's institutional and political structure. And the constitutional system by which it is governed is another determining factor.

Between 1990 and 2005 Persson and Tabellini published three books that would come to be regarded as seminal works in the new political economy: *Macroeconomic Policy, Credibility and Politics; Political Economics. Explaining Economic Policy; and The Economic Effects of Constitutions*, combining insights from the macroeconomic literature with long data series and the theories of public choice and rational choice, as well as precepts taken from game theory.

Modern political economy is an eminently interdisciplinary and data-driven field: "To understand how beliefs and opinions are formed and decisions arrived at, we need to exploit insights from psychology and sociology. For our value systems largely influence certain key behaviors, like the way we vote," explains Guido Tabellini. It is only through this expanded approach that we can explain such questions as how the party system in a given state tends to favor single-party or coalition governments, which, in turn, is directly correlated with higher or lower levels of public spending; or how a country's economic growth policies can be structurally undermined by inequalities in wealth and income distribution.

For the committee, the awardees' research has shown that "a clear separation of the executive and legislative powers subject to proper checks and balances is a way to prevent the abuse of power and to guarantee the smooth functioning of a democratic system." The contribution of Timothy Besley would prove instrumental in this respect. Informed in part by Persson and Tabellini's work, the British academic published a 1995 paper which established a direct relationship between the existence of limits on the number of terms an elected politician can serve and levels of public spending and public debt. Not long after, he began work with Torsten Persson that would lead to their influential

fue crucial la aportación del profesor Timothy Besley. Influenciado en parte por los trabajos de Persson y Tabellini, el catedrático británico publicó en 1995 una investigación que establecía una relación directa entre las limitaciones en el número de mandatos de los decisores y los niveles de gasto y deuda públicos. Al poco, comenzó a trabajar con Torsten Persson, y publicaron conjuntamente el influyente libro *Pillars of prosperity* (2011): «los tres pilares de la prosperidad —en palabras de Besley— son el poder de recaudar impuestos, la capacidad de crear y hacer cumplir leyes, y la capacidad del Estado para gastar sus recursos de manera eficiente en políticas que mejoran las vidas de sus ciudadanos, ya sea a través de sistemas de salud, educación o infraestructuras».

Esos pilares, según su investigación, están íntimamente relacionados entre sí y, además, se refuerzan entre ellos. «La capacidad de recaudar impuestos no es un don de Dios que cae del cielo —explica el profesor Persson—. Necesitas construir instituciones para lograr un sistema fiscal que funcione adecuadamente; no es suficiente con decidir que lo quieres llevar a cabo. Requiere de una acción intencionada para financiar al Estado. Por ello, investigamos las circunstancias en las que un Estado tiene los incentivos adecuados para invertir de esta manera en su desarrollo». El profesor Besley ha ampliado la teoría de los tres pilares de la prosperidad para mejorar la comprensión de por qué algunos países siguen estando menos desarrollados y son frágiles.

Las ideas extraídas de los trabajos de los premiados han generado un gran consenso internacional y han sido incorporadas en los últimos quince años en informes de organismos internacionales como los del Banco Mundial.

book *Pillars of Prosperity* (2011). The three pillars in question are, in Besley's words: "Firstly, the power to raise taxes; secondly, the ability to make and enforce laws; and, thirdly, the state's capacity to spend wisely on things that make their citizens' lives better, be it health systems, education systems or infrastructure."

These pillars, they found in their research, are not just interrelated but mutually reinforcing. "It's not God-given that you can tax the population," Professor Persson explains. "You need to build institutions in order to have a well-working tax system. You can't just decide to do it. It requires purposeful action and looking for investments on behalf of the state. So we wanted to study under what circumstances a state would have appropriate motives to invest in its development." Professor Besley would subsequently build on the pillars of prosperity theory to elucidate why some countries have failed to deliver development and remain fragile at best.

The ideas drawn from the awardees' research have gained a broad global consensus and in the last fifteen years have found their way into the reports of multilateral organizations like the World Bank.



Más información:
[Timothy Besley](#)



[Torsten Persson](#)



[Guido Tabellini](#)



More information:
[Timothy Besley](#)



[Torsten Persson](#)



[Guido Tabellini](#)



Eric S. Maskin

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

Committee chair

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

Manuel Arellano

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

Committee secretary

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

Richard Blundell

Es titular de la Cátedra David Ricardo de Economía Política en el University College de Londres (Reino Unido) y codirector del Centro de Análisis Microeconómico de las Políticas Públicas del también londinense Instituto de Estudios Fiscales. Sus áreas de estudio incluyen desde la microeconometría y el comportamiento de los consumidores a los impuestos y la innovación. Es, entre otras distinciones, premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas 2014, y premio Jacob Mincer 2020, que concede la Sociedad de Economistas del Trabajo (SOLE).

David Ricardo Chair of Political Economy at University College London (United Kingdom) and Co-Director of the ESRC Centre for the Microeconomic Analysis of Public Policy at the London-based Institute for Fiscal Studies. His areas of research interest range from microeconomics and consumer behavior to taxation and innovation. His distinctions include the 2014 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management and the 2020 Jacob Mincer Award of the Society of Labor Economists.

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 y Asuntos Globales 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. Ha sido presidenta de la Sociedad de Econometría, vicepresidenta de la Asociación Económica Americana y editora jefe de *American Economic Review*.

Elihu Professor of Economics and Global Affairs at Yale University (United States), she works in 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. She has served as president of the Econometric Society, vice-president of the American Economic Association and editor-in-chief of *American Economic Review*.

Andreu Mas-Colell

Es catedrático emérito de Economía en la Universitat Pompeu Fabra y en la Barcelona School of Economics. Ha sido profesor en las universidades de California en Berkeley y Harvard y editor, entre otras publicaciones, de *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 en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas 2009. Ha sido secretario general del Consejo de Investigación Europeo (ERC) y consejero de Economía y Conocimiento de la Generalitat de Cataluña.

Professor Emeritus of Economics at Pompeu Fabra University and the Barcelona School of Economics (Spain). 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 Catalonian Government.



Lucrezia Reichlin

Es catedrática de Economía en la London Business School. Especializada en macroeconomía aplicada y econometría, es pionera en el desarrollo de métodos para el análisis económico de *large dimensional data* y de *now-casting*. Directora general de Investigación del Banco Central Europeo entre 2005 y 2008, su investigación incluye la política monetaria, las interacciones entre el ciclo del petróleo y la curva de Phillips, y la reasignación sectorial, los *shocks* climáticos y la persistencia de la inflación. En 2022 fue galardonada por sus contribuciones a la profesión por el Centro para la Investigación en Política Económica.

Professor of Economics at the London Business School. Her specialist fields are applied macroeconomics and econometrics, and she has pioneered methods for the economic analysis of large dimensional data and now-casting. Director General of Research at the European Central Bank between 2005 and 2008, she has researched on monetary policy, interactions between the oil cycle and the Phillips curve, and sectoral allocation, climate shocks and the persistence of inflation. In 2022 she was recognized by the Centre for Economic Policy Research for her contributions to the profession.



Fabrizio Zilibotti

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

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 former 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

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **Timothy Besley, Torsten Persson y Guido Tabellini** por esclarecer las conexiones entre el mundo económico y el político.

Persson y Tabellini han escrito dos influyentes libros que combinan las ideas de la literatura macroeconómica sobre la consistencia temporal de las políticas públicas, la elección pública y la elección racional para explorar cómo la política interactúa con la economía en la configuración de las políticas económicas. Utilizando datos de varios países a lo largo del tiempo, estudian cómo se vinculan las características de las estructuras políticas —como por ejemplo, el tener sistemas políticos presidenciales versus parlamentarios— al sistema fiscal, el nivel de redistribución de la renta, el suministro de bienes públicos y otras políticas económicas. En un influyente trabajo realizado con Gerard Roland, argumentaron que una clara separación de los poderes ejecutivo y legislativo es un modo de impedir el abuso de poder y garantizar la buena marcha de un sistema democrático. En otros trabajos, examinaron la relación entre desigualdad, demanda de redistribución y crecimiento para demostrar que este último puede verse afectado negativamente por la primera. Más recientemente, Tabellini ha estudiado la relación entre políticas identitarias, crisis económicas y polarización.

Besley ha estudiado, en un trabajo conjunto con Steve Coate, el papel que desempeña la política partidista en contextos donde los candidatos políticos no pueden comprometerse a asumir sus promesas electorales. En otro trabajo, junto con Anne Case, ha demostrado que los límites en el número de mandatos de los gobernadores estadounidenses pueden generar ciclos fiscales. En colaboración con Persson, Besley ha estudiado los factores determinantes y los efectos de la capacidad del Estado —es decir, su facultad para recaudar impuestos, suministrar bienes públicos e imponer los derechos patrimoniales y su regulación— y nos ha ayudado a entender por qué algunos países siguen estando menos desarrollados y son frágiles.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Economics, Finance and Management category goes, in this fifteenth edition, to **Timothy Besley, Torsten Persson and Guido Tabellini** for illuminating the connections between the economic and political world.

Persson and Tabellini have written two influential books that combine insights from the macroeconomic literature on time-consistency of policy, public choice, and rational choice to explore how politics interacts with the economy in shaping economic policies. Using evidence from several countries over time, they link features of political structures – like, for example, presidential vs. parliamentary democracies – to taxation, redistributive programs, public good provision, and other economic policies. In an influential paper with Gerard Roland, they argued that a clear separation of the executive and legislative powers subject to proper checks and balances is a way to prevent abuse of power and to guarantee the smooth functioning of a democratic system. In other work, they examined the relationship between inequality, the demand for redistribution, and growth, to show that growth can be negatively affected by inequality. More recently, Tabellini has studied the relationship among identity politics, economic shocks, and polarization.

Besley has studied, in joint work with Steve Coate, the role of partisan politics in an environment where political candidates cannot commit to political compromises. In other work, joint with Anne Case, he considered the effects of U.S. gubernatorial term limits on the size of government, showing that term limits can lead to fiscal cycles. In joint work with Persson, he has studied the determinants and effects of state capacity – that is, the ability of states to collect taxes, provide public goods, and enforce property rights and regulations – and has helped us understand why some countries have remained less developed and fragile.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

COORDINADOR

Hugo Rodríguez Mendizábal

Científico titular en el Instituto de Análisis Económico (CSIC)

MIEMBROS

Adelheid Holl

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

Samir Mili Chargui

Científico titular en el Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC)

Xavier Ramos Morilla

Catedrático de Economía Aplicada en la Universitat Autònoma de Barcelona

COORDINATOR

Hugo Rodríguez Mendizábal

Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis (CSIC)

MEMBERS

Adelheid Holl

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

Samir Mili Chargui

Tenured Researcher at the Institute of Economics, Geography and Demography (CSIC)

Xavier Ramos Morilla

Professor of Applied Economics at the Universitat Autònoma de Barcelona

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

Timothy Besley

Fue nominado por:

- **Robin Burgess**, catedrático de Economía en la London School of Economics and Political Science (Reino Unido)
- **Maitreesh Ghatak**, catedrático de Economía en la London School of Economics and Political Science (Reino Unido)
- **Hannes Mueller**, científico titular en el Institut d'Anàlisi Econòmica, CSIC (España)

Torsten Persson

Fue nominado por:

- **Hannes Mueller**, científico titular en el Institut d'Anàlisi Econòmica, CSIC (España)

Guido Tabellini

Fue nominado por:

- **Francesco Trebbi**, catedrático en la Haas School of Business de la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos)

Timothy Besley

Was nominated by:

- **Robin Burgess**, Professor of Economics at the London School of Economics and Political Science (United Kingdom)
- **Maitreesh Ghatak**, Professor of Economics at the London School of Economics and Political Science (United Kingdom)
- **Hannes Mueller**, Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis, CSIC (Spain)

Torsten Persson

Was nominated by:

- **Hannes Mueller**, Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis, CSIC (Spain)

Guido Tabellini

Was nominated by:

- **Francesco Trebbi**, Professor in the Haas School of Business at the University of California, Berkeley (United States)

«El progreso no es una cuestión de optimismo, sino un fenómeno real y medible, demostrado claramente por los datos sobre las principales tendencias históricas de la condición humana a escala global».

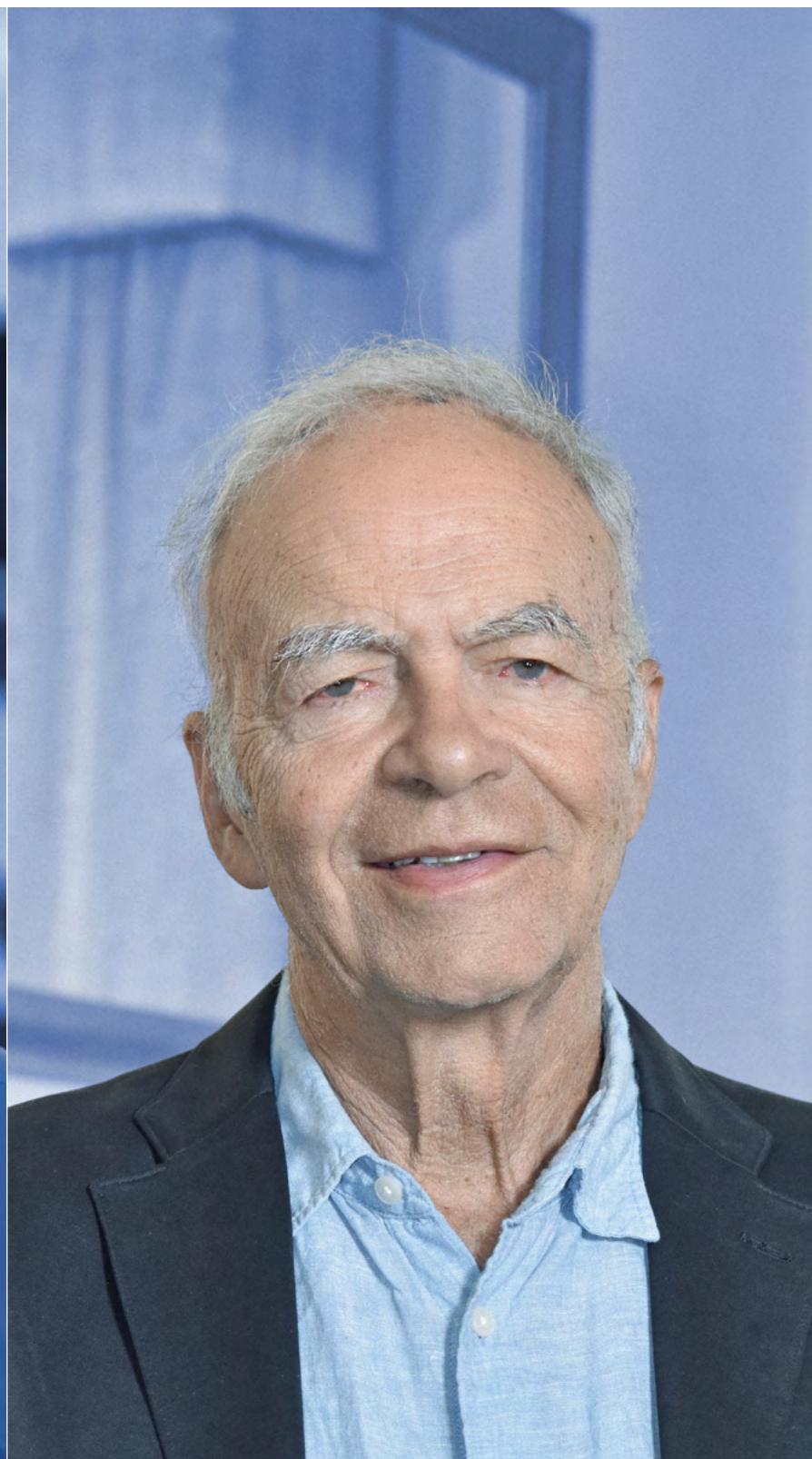
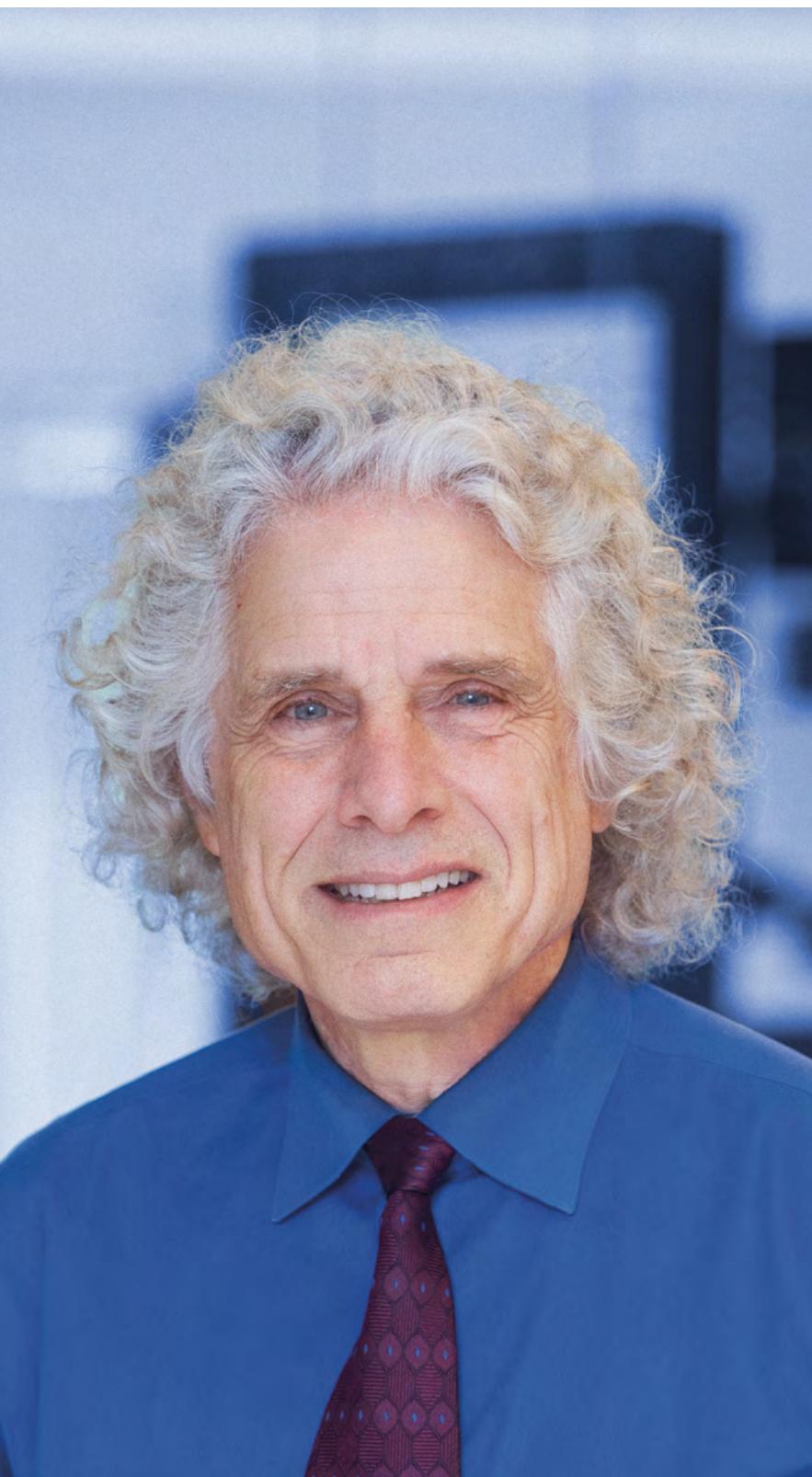
“Progress is not a matter of being optimistic, but something real and measurable that is clearly evidenced by the main historical trends regarding the human condition.”

Steven Pinker

«El hecho de que los animales no pertenezcan a la especie *Homo sapiens* no hace que su dolor sea éticamente menos importante. El dolor es dolor y es igual de malo, sea cual sea el ser que lo sufra».

“The fact that animals are not members of the species *Homo sapiens* does not make their pain less important in ethical terms. Pain is pain, and it's equally bad whichever being suffers it.”

Peter Singer



Steven Pinker

Peter Singer

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

**Humanidades y Ciencias Sociales
(Humanidades)**

La expansión de la racionalidad y el progreso moral

A Steven Pinker y Peter Singer les une «la profundidad, la brillantez, el empleo de la racionalidad y el avance de un progreso moral que han sabido extender a toda la sociedad», según la profesora Carmen Iglesias, directora de la Real Academia de la Historia y presidenta del jurado que les ha otorgado el Premio Fronteras del Conocimiento en Humanidades y Ciencias Sociales.

Partiendo de «un trabajo académico robusto sobre el lenguaje», el gran mérito de Pinker ha sido su capacidad para «ampliar sus temas de análisis a cuestiones trascendentales y transversales en sus libros más influyentes sobre la racionalidad y la Ilustración, y explicarlo de una forma accesible a públicos amplios», en palabras de su nominador, José Muñiz, catedrático de Psicometría y rector de la Universidad Nebrija.

El profesor Pinker, titular de la Cátedra Johnstone Family de Psicología en la Universidad de Harvard (Estados Unidos), inició su carrera investigadora analizando cómo los niños adquieren el lenguaje, la capacidad más distintiva del ser humano. Inspirado por Noam Chomsky, galardonado en 2019 con el Premio Fronteras del Conocimiento en Humanidades, Pinker defendió en su libro *El instinto del lenguaje* (1994) que «esta capacidad es un producto de la selección natural, una adaptación darwiniana para la comunicación y la sociabilidad».

Posteriormente, frente a la tendencia de muchos investigadores de las humanidades y las ciencias sociales a negar la existencia de la naturaleza humana, Pinker argumenta en *La tabla rasa* (2002) que sí nacemos con una herencia biológica que condiciona, al menos en parte, nuestro comportamiento: «Es cierto que tenemos algunas motivaciones desagradables

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

**Humanities and Social Sciences
(Humanities)**

85

The expansion of rationality and moral progress

Steven Pinker and Peter Singer are united by “their depth, brilliance, and ideas on the use of rationality and the advancement of moral progress, which they have successfully relayed to society at large,” in the words of Professor Carmen Iglesias, Director of Spain’s Royal Academy of History, and chair of the committee granting them the Frontiers of Knowledge Award in the Humanities and Social Sciences.

Pinker’s great achievement, for his nominator José Muñiz, Professor of Psychometry and Rector at Nebrija University (Spain), has been “to take a step beyond his robust academic work” and bring his analysis to bear on “more transcendental and cross-cutting issues, which he addresses in landmark publications on rationality and the Enlightenment, explaining them in plain terms that make them accessible to a wide public.”

Currently Johnstone Family Professor of Psychology at Harvard University (United States), Pinker began his career in research studying how children acquire language, our single most distinctive faculty as human beings. Inspired in part by Noam Chomsky, 2019 Frontiers of Knowledge laureate in Humanities, he argued in his 1994 book *The Language Instinct* that “this human ability is a product of natural selection, a Darwinian adaptation for communication and sociality.”

Some years later, concerned about the tendency in humanities and social science research to deny the existence of human nature, Pinker argued in *The Blank Slate* (2002) that we are in fact born with a biological programming that at least partly conditions our behavior. He admits that we have “some ugly motives that have been programmed in by natural selection, like dominance, revenge, callousness or tribalism.”

Pinker y Singer son dos pensadores que han llevado a la esfera pública debates tan relevantes como la función de la racionalidad, el conocimiento científico y los valores del humanismo, así como la consideración moral de los animales, con un gran impacto e influencia en el modelado de la cultura y el marco legal del presente.

Pinker and Singer are two thinkers who have taken issues like the role of rationality, scientific knowledge, the values of humanism or the moral consideration of animals and placed them at the forefront of public debate, with a far-reaching influence on our present-day culture and legal framework.

programadas por la selección natural, como la tendencia a la dominación, la venganza y el tribalismo». Sin embargo, la naturaleza también nos ha otorgado capacidades cognitivas que podemos cultivar a través de los ideales, valores e instituciones impulsados desde la Ilustración para «potenciar nuestra racionalidad e inhibir nuestros instintos más oscuros».

Desde esta óptica, en sus últimos tres libros —*Los ángeles que llevamos dentro* (2011), *En defensa de la Ilustración* (2018) y *Racionalidad* (2021), todos ellos grandes éxitos a escala mundial— Pinker ha presentando un potente alegato en defensa de la razón, la ciencia y el humanismo como motores del progreso, documentando los avances que se han logrado a lo largo de los últimos siglos en todos los principales indicadores de bienestar: desde la prolongación de la esperanza de vida y la expansión de la democracia hasta la disminución de las guerras, las hambrunas, el analfabetismo y la pobreza extrema.

«Aunque muchos me llaman optimista —recalca Pinker—, en realidad el progreso no es una cuestión de temperamento, sino un fenómeno real y medible, demostrado claramente en los datos sobre las principales tendencias históricas de la condición humana a escala global. Cuando la racionalidad se pone al servicio de maximizar el bienestar, el progreso es posible».

Singer, por su parte, representa un antes y un después con respecto a una dimensión fundamental del progreso moral en las últimas décadas: la consideración moral de los animales. Como destaca su nominador Luis M. Valdés Villanueva, catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Oviedo, «está fuera de discusión el enorme impacto que ha tenido en la fundamentación de los movimientos en favor del bienestar animal y en las legislaciones que se han desarrollado en varios países para garantizarlo».

Para Singer, titular de la Cátedra Ira W. DeCamp en la Universidad de Princeton (Estados Unidos), la frontera de nuestra especie «no es una distinción moralmente crucial», ya que los demás animales con los que compartimos el planeta también pueden sufrir placer y dolor. «El hecho de que los animales no pertenezcan a la especie *Homo sapiens* no hace que su dolor sea

But nature, he insists, has also endowed us with cognitive capacities that we can learn to cultivate with the aid of Enlightenment ideals, values and institutions that “enhance our reasoning and inhibit or repress our darker instincts.”

It is in this spirit that in his last three, internationally acclaimed books – *The Better Angels of Our Nature* (2011), *Enlightenment Now* (2018) and *Rationality* (2021) – Pinker makes a powerful plea in favor of reason, science and humanism as the motors of progress, documenting the advances made over past centuries in all major indicators of human wellbeing: from longer life expectancy and the expansion of democracy to the reduction of wars, famine, illiteracy and extreme poverty.

“Although I’m often called an optimist, in truth human progress is not just an aspiration, but something real and measurable that is clearly evidenced by the main historical trends regarding the human condition,” Pinker explains. “When rationality is deployed in the service of maximizing wellbeing, progress does happen.”

Singer, meantime, marks a before and after with respect to a fundamental dimension of moral progress in these past decades: the expansion of moral consideration to the animal domain. In the view of his nominator Juan Valdés Villanueva, Professor of Logic and Philosophy of Science at the University of Oviedo (Spain), “there is no disputing his enormous impact in providing a grounding for movements in defense of animal rights and the legislation enacted in various countries to ensure their protection.”

For Singer, the Ira W. DeCamp Professor at Princeton University (United States), the boundary of our species “is not itself a morally crucial distinction,” since the other animals with whom we share the planet are also capable of feeling pleasure and pain. “The fact that they are not members of the species *Homo sapiens* does not make their pain less important, ethically, than the pain of a member of our species. Pain is pain, and it’s equally bad whichever being suffers it.”

This is the core idea behind his book *Animal Liberation* (1975), which rocked the foundations of ethics almost

menos importante, desde el punto de vista ético, que el dolor de un miembro de nuestra especie. El dolor es dolor, y es igual de malo, sea cual sea el ser que lo sufra».

Este es el argumento central sobre el que se fundamentó *Liberación animal* (1975), el libro que hace ya medio siglo removió los cimientos de la ética al denunciar el especismo dominante en nuestra sociedad, una forma de discriminación arbitraria que equiparó al racismo y el sexism. Aplicando los principios del utilitarismo de Jeremy Bentham y John Stuart Mill, según los cuales el objetivo de la ética debe ser siempre maximizar la felicidad y minimizar el sufrimiento, Singer argumentó que, si los animales son capaces de disfrutar del placer y padecer el dolor, no había ningún motivo legítimo para excluirles de nuestra consideración moral.

El impacto de esta obra no se circunscribió al ámbito académico de la ética aplicada. El propio Singer destaca que muchas de las prácticas que denunció en granjas industriales, como por ejemplo «mantener gallinas en jaulas de alambre tan pequeñas que ni siquiera pueden estirar las alas, o a terneros y cerdos en establos demasiado estrechos en los que no puedan darse la vuelta o caminar más de un paso», hoy son ilegales en toda la Unión Europea y en algunas zonas de Estados Unidos. Al mismo tiempo, con respecto al uso de animales para la experimentación científica, «actualmente hay más controles, y de nuevo la Unión Europea ha sido líder en este ámbito: no está permitido testar cosméticos en animales en este territorio».

«La cuestión clave —concluye el filósofo— es el sufrimiento. Somos éticamente responsables con respecto a cómo nos comportamos con seres que pueden sufrir, en particular, si les provocamos un dolor mayor que los beneficios que recibimos nosotros».

fifty years ago by denouncing the “speciesism” that runs deep in human society, an arbitrary form of discrimination which Singer compares to racism or sexism. Applying the utilitarian principles of Jeremy Bentham and John Stuart Mill, which proclaim that the goal of ethics should invariably be to maximize happiness and minimize suffering, he argued that if animals are sentient beings, able to feel pleasure and suffer pain, there can be no legitimate reason for excluding them from our moral consideration.

The book's impact, moreover, was not confined to the academic milieu. As Singer himself points out, many of the factory farm practices singled out for criticism, “like keeping hens in wire cages so small that they cannot spread their wings, or confining calves or pigs in such narrow stalls that they cannot turn round or walk more than a step,” have now been banned throughout the European Union and in some parts of the United States. There has also been progress regarding the use of animals for scientific experimentation, where “again, the EU has been a leader, with testing cosmetics on animals outlawed in all member states.”

“The key,” he concludes, “is suffering. We are morally responsible for how we act toward beings who suffer, particularly if we inflict suffering on them that is greater than the benefits for us, which is very often the case.”



Más información:



Steven Pinker

Peter Singer



More information:



Steven Pinker

Peter Singer



Carmen Iglesias

Presidenta del jurado
Es catedrática de Historia de las Ideas y Formas Políticas en la Universidad Complutense de Madrid, directora de la Real Academia de la Historia y académica de número de la Real Academia Española. Catedrática de Historia de las Ideas Morales y Políticas en la Universidad Rey Juan Carlos (2000-2009), 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.

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.

Ignacio Bosque

Es catedrático honorífico de Lengua Española en la Universidad Complutense de Madrid y académico de número de la Real Academia Española. 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.

Isabel Burdiel

Es catedrática de Historia Contemporánea en la Universitat de València 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 heuristicó 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*.

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.

José María Fernández Cardo

Es catedrático emérito de Filología Francesa en la Universidad de Oviedo. Sus áreas de estudio se han centrado en la narrativa 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 figuran, además, *El «nouveau roman» y la significación* o *El estilo formulario en la épica y en la novela francesas del siglo XIII*. Es autor, junto con Francisco González, del manual universitario *Literatura francesa del siglo XX*, y de Antonio Viñayo, abad de San Isidoro. *Diccionario biográfico*.

Committee chair

Professor of History of Political Thought and Systems at the Universidad Complutense de Madrid, Director of the Royal Academy of History and a numbered member of the Royal Spanish Academy. Formerly Professor of Moral and Political Thought at Rey Juan Carlos University (2000-2009), 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 modern European and Spanish history with an interest in other eras of history and political thought, and is the author of over 200 publications, including several books and numerous monographs.

Committee secretary
Professor of History of Science, Emeritus, at the Universidad Autónoma de Madrid, he is a numbered member of the Royal Spanish Academy 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.

Honorary Professor of Spanish at the Universidad Complutense de Madrid and a numbered member of the Royal Spanish Academy. An expert in Spanish grammar and grammatical theory, he coedited 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.

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*.

Emeritus Professor of Spanish at the Universidad Autónoma de Madrid and a corresponding member of the Royal 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.

Professor of French, Emeritus, 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 XIII*. 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

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Humanities and Social Sciences (Humanities)

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades) ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **Steven Pinker y Peter Singer**.

El premio reconoce a dos pensadores, Steven Pinker y Peter Singer, que por caminos distintos, pero convergentes, se han distinguido en la defensa de la racionalidad y el altruismo pragmático como principales fuerzas del progreso ético en la historia de la humanidad. Se trata, además, de dos investigadores —que se admirán mutuamente— que han procurado llevar sus conocimientos interdisciplinares a la esfera pública.

El trabajo de Steven Pinker ha compaginado logros muy destacados en psicología cognitiva evolucionista con análisis sumamente perspicaces de las condiciones del progreso humano. Su visión de este progreso ofrece una perspectiva optimista anclada en la razón, la ciencia y el humanismo.

Peter Singer, uno de los filósofos morales más influyentes de la actualidad, marcó un punto de inflexión al extender y fundamentar la ética aplicándola al dominio de los animales, su gran aportación, con notables consecuencias para la legislación internacional sobre el bienestar animal y el progreso moral.

Excerpt from award citation

89

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Humanities and Social Sciences (Humanities) category goes, in this fifteenth edition, to **Steven Pinker** and **Peter Singer**.

The award recognizes two thinkers, Steven Pinker and Peter Singer, who by different but converging paths have excelled in the defense of rationality and pragmatic altruism as the main drivers of ethical progress throughout human history. They are also two researchers – and mutual admirers – who have successfully taken their interdisciplinary knowledge into the public sphere.

Steven Pinker's work has combined outstanding achievements in evolutionary cognitive psychology with highly insightful analyses of the conditions of human progress. He depicts such progress from an optimistic perspective grounded in reason, science and humanism.

Peter Singer, one of today's most influential moral philosophers, marked a turning point by extending the scope of ethical consideration, providing a basis for its application to the animal domain. This signal contribution has had major consequences for international animal welfare legislation as well as for moral progress.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Humanities and Social Sciences (Humanities)

COORDINADOR

Luis Calvo Calvo

Investigador científico en la Institución
Milà y Fontanals (CSIC)

MIEMBROS

Juan Arrizabalaga Valbuena

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

Araceli González Vázquez

Científica titular en la Institución Milà y Fontanals
(CSIC)

Esther Hernández Hernández

Investigadora científica en el Instituto de
Lengua, Literatura y Antropología (CSIC)

Consuelo Naranjo Orovio

Profesora de investigación en el Instituto de Historia
(CSIC)

COORDINATOR

Luis Calvo Calvo

Research Scientist at the Milà i Fontanals Institution
(CSIC)

MEMBERS

Juan Arrizabalaga Valbuena

Research Professor at the Milà i Fontanals Institution
(CSIC)

Araceli González Vázquez

Tenured Researcher at the Milà i Fontanals
Institution (CSIC)

Esther Hernández Hernández

Research Scientist at the Institute of Language,
Literature and Anthropology (CSIC)

Consuelo Naranjo Orovio

Research Professor at the Institute of History (CSIC)

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Humanities and Social Sciences (Humanities)

Steven Pinker

Fue nominado por:

- **José Muñiz Fernández**, rector de la Universidad Nebrija (España)

Peter Singer

Fue nominado por:

- **Melissa Lane**, catedrática de Ciencias Políticas y directora del Centro Universitario de Valores Humanos de la Universidad de Princeton (Estados Unidos)
- **Luis M. Valdés Villanueva**, profesor emérito honorífico en el Departamento de Filosofía de la Universidad de Oviedo (España)

Steven Pinker

Was nominated by:

- **José Muñiz Fernández**, Rector of Nebrija University (Spain)

Peter Singer

Was nominated by:

- **Melissa Lane**, Professor of Politics and Director of the University Center for Human Values at Princeton University (United States)
- **Luis M. Valdés Villanueva**, Honorary Professor Emeritus in the Department of Philosophy at the University of Oviedo (Spain)

«La emoción es una dimensión suprema para todo artista. La racionalidad siempre está presente y forma parte del proceso, pero la verdad es que en mi música no puedo separar la emoción de la razón».

“Feeling is a supreme part of being an artist. The rational side has to be involved as you go along, but for me, in my music, feeling and reason are not two separate things.”

Thomas Adès

In Seven Days

1.

L=77 Volando. Senza peso

Thomas Adès (2008)

vln. 1
vln. 2
21 8
vla
vcl.
mf — pp

non legato sospeso
senza accent
pp at the point
at the point
pp

sim
mf — p

mf — p
mf — p
mf — p
mf — p
mf — p

A



Thomas Adès

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Música y Ópera

El corazón tiene razones que la razón sí entiende

El 7 de septiembre de 2002, todas las miradas del mundo musical europeo estaban puestas en el edificio amarillo de la Philharmonie de Berlín diseñado por Hans Scharoun. Aquel día, por primera vez en su historia, un director británico se subía como titular al podio de la Orquesta Filarmónica de la capital alemana, sucediendo a Bülow, Nikisch, Furtwängler, Karajan y Abbado. Simon Rattle, de Liverpool como los Beatles, suscitaba muchas expectativas y algunos temores. La causa era la misma en ambos casos: llegaba con afán de renovación y eso generaba esperanza, pero también hacía pensar en el riesgo de que dejara a un lado el gran patrimonio musical desde Mozart hasta Richard Strauss. Ese primer concierto como titular definió su visión de la tarea de un director del siglo XXI: la gran tradición estaba encarnada en la *Sinfonía n.º 5* de Mahler; la modernidad, en *Asyla* (estrenada en 1997), la obra que el propio Rattle había encargado a un compositor muy joven y de enorme talento, que a su vez también encarnaba esa combinación de pasado y presente: Thomas Adès (Londres, 1971).

Ese hecho es más que una mera anécdota porque tiene categoría de símbolo. En el acta que emitió el jurado del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Música y Ópera se habla expresamente del «profundo conocimiento de la tradición musical occidental» de Adès, que busca «reinterpretar» incorporando elementos de fuentes diversas y abriendo «horizontes de futuro».

Esa mirada panorámica toma elementos de una corriente que viene de Bach, pero al mismo tiempo no renuncia a tratar a su manera otros procedentes de la cultura popular ni deja de prestar ni por un momento atención a las vanguardias. Eso es lo que caracteriza

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Music and Opera

The heart has reasons that reason can know

On September 7, 2002, the eyes of the European music world were fixed on the yellow-clad Philharmonie concert hall in Berlin, designed by Hans Scharoun. On that day, for the first time in its history, a British conductor took his place at the helm of the German capital's Philharmonic Orchestra, following in the footsteps of Bülow, Nikisch, Furtwängler, Karajan and Abbado. Simon Rattle, like The Beatles a Liverpudlian, was received with high expectations and some trepidation. The cause was the same in both cases, for the new principal conductor had arrived with a thirst for renewal – a good sign, certainly, but with the attendant risk that he might sideline the great musical lineage running from Mozart to Richard Strauss. That first concert as incumbent would set out his vision of what a 21st century conductor should look like. The great tradition was embodied in Mahler's *Symphony No. 5*. And modernity in *Asyla* (premiered in 1997), a work Rattle had commissioned from a young and hugely talented composer, who himself embodied that same union of past and present. His name was Thomas Adès (London, 1971).

What may seem a simple anecdote in fact has considerable symbolic weight. The citation drawn up by the committee deciding the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Music and Opera speaks expressly of Adès's "deep knowledge of the Western musical tradition," which he seeks to "reinterpret," pulling in elements from the most diverse sources while opening up "future horizons."

This encyclopedic gaze takes elements from a current that starts with Bach, but is also happy to play with others drawn from popular culture, without ever losing sight of what is happening in the avant-garde. This is

A través de su original reinterpretación de la tradición musical occidental y de la extraordinaria capacidad comunicativa de su obra, Adès se ha convertido en uno de los músicos más aclamados de nuestro tiempo, con un extenso catálogo de composiciones que abarca todos los géneros: sinfónico, pianístico, música de cámara, *ballet* y ópera.

His original reinterpretation of the Western musical tradition and the extraordinary communicative reach of his music have made Adès one of the most acclaimed musicians of our time, with an extensive output that spans every genre: symphonic, piano and chamber music, *ballet* and opera.

la música del compositor londinense. Ha sido así desde sus inicios, esos años de formación en la Guildhall School y el King's College, que completó luego con György Kurtág, ganador de este mismo premio en 2014 y una de las grandes figuras de la composición desde el final de la Segunda Guerra Mundial.

Adès conoció el éxito muy pronto. Tenía solo 24 años cuando estrenó una ópera sobre la duquesa de Argyll. En primer lugar, llamó la atención que se llevara a escena la peripecia biográfica de una mujer cuya muy desinhibida vida amorosa —en el juicio de divorcio salió a la luz que había tenido no menos de ochenta amantes— causó en su momento un enorme escándalo. Pero, superado el impacto inicial el día del estreno, lo que sorprendió fue la madurez de una música capaz de reflejar los aspectos más íntimos del sexo y trascender los detalles escabrosos. Así se explica que *Powder her face* lleve más de doscientas representaciones en todo el mundo, una cifra casi inverosímil para una ópera contemporánea.

A partir de ahí, ha construido un catálogo que incluye obras de todos los géneros, y evolucionado en su lenguaje. Él mismo ha explicado que entre la citada ópera, *Asyla*, *La tempestad* y *El ángel exterminador* —una obra que parte del filme del mismo título de Luis Buñuel— ha recorrido un camino que le ha llevado a construir sus obras con menos elementos, despojándolas de detalles que quizás contribuyeran a que los oyentes pudieran distraerse. Por eso, así lo ha señalado también, buena parte de su trabajo como compositor consiste ahora en borrar. Al igual que esos escritores que han estilizado tanto su lenguaje que no es posible prescindir de una sola palabra sin que el texto pierda sentido, Adès va también a lo fundamental.

Y lo fundamental es unir la razón con la emoción. En un ámbito en el que un exceso de intelectualidad ha terminado por distanciar de la producción contemporánea a buena parte de los aficionados, el compositor aporta una obra no exenta de ese componente, pero siempre combinada con la capacidad de emocionar. Es decir, la apelación al corazón va de la mano de la provocación al intelecto. Adès ha demostrado que es posible unirlo todo. Como en *Asyla*, donde hace que junto a la suavidad de seda de las cuerdas suene una percusión

what stands out in the music of the London-born composer. And has done since his beginnings; those years of study at the Guildhall School and King's College that he would later build on with György Kurtág, winner of the same award in 2014 and one of the post-World War II compositional greats.

Adès met with success early on in his career. He was just 24 when he premiered his opera on the Duchess of Argyll. The first surprise was that someone wanted to stage the adventures of a woman whose uninhibited love life – at the divorce hearing it came out that she had had no fewer than 80 lovers – caused a huge scandal in its time. But on the day of its debut, what most impressed, after the initial impact, was the maturity of a music that looked past the lurid details to express the most intimate aspects of sexual relations. This is the reason that *Powder Her Face* has been performed more than 200 times around the world, an almost unheard-of tally for a contemporary opera.

From this point on, he has built a catalogue that finds room for works in every genre, in a language that is constantly evolving. He himself explains that between the opera *Asyla*, *The Tempest* and *The Exterminating Angel* – based on Luis Buñuel's film of the same name – he has followed a path that has led him to construct his works out of fewer elements, stripping them of details that might otherwise distract the listener. Hence his remark that much of his work as a composer consists of erasing. Like those writers who have so refined their language that not a single word can be omitted without the text losing its meaning, Adès too goes straight to the essence.

And that essence is to wed reason with emotion. At a time when overintellectualization has ended up driving many listeners away from contemporary music, the composer offers work that does not forswear the world of the mind, but sets it alongside the capacity to move. The appeal to the heart, in other words, goes hand in hand with the intellectual challenge. Adès has shown that it is possible to have it all. In *Asyla*, for instance, it makes perfect sense when he sets the silky smoothness of the strings against the sound of a percussion section reinforced by large tin drums – not by any means an eccentric indulgence, just the most

reforzada con grandes bidones metálicos, y que tenga sentido; que no sea visto como una excentricidad, sino como el recurso más natural para conseguir el efecto deseado. Lo ha explicado Francisco Coll, que fue su discípulo durante varios años: Adès está convencido de que la música ha de ser compleja de escribir, a todos los niveles, y fácil de escuchar. Esa es la clave.

En esa tarea le ha ayudado, y no poco, su faceta de intérprete, que le ha permitido vivir desde dentro la conversión de las notas sobre papel pautado en sonido; el milagro de lograr que, parafraseando al pianista y director Daniel Barenboim, el aire en movimiento —que al fin y al cabo la música es eso— sea belleza. No puede olvidarse tampoco su tarea de agitador, que ha podido desarrollar como director artístico del Festival de Aldeburgh, creado entre otros por Benjamin Britten. Allí no solo se programa música contemporánea y obras del pasado pero casi desconocidas, sino que se reúnen otras artes para ofrecer una experiencia artística única en un entorno de gran atractivo paisajístico.

El premio a Thomas Adès, por todo ello, pone el foco sobre una figura indiscutible de nuestro tiempo. Y también sobre una forma de entender la creación. Una forma en la que el corazón y la cabeza no están reñidos.

natural way to achieve the desired effect. Francisco Coll, his student for several years, cites Adès's conviction that music should be difficult to write, at every level, and easy to listen to. That is the key.

He is aided in this task, in no small measure, by his condition as a performer, which lets him experience from within the conversion into sound of the notes on manuscript paper; achieving, to paraphrase the pianist and conductor Daniel Barenboim, the miracle of taking air in motion – which is after all what music is – and turning it into beauty. And nor should we forget his role as an agitator, in the post of Artistic Director of the Aldeburgh Festival, founded, among others, by Benjamin Britten, whose program finds room for other art forms alongside contemporary music and little-known pieces from the past, making for a unique cultural experience set amidst a stunning landscape.

The award to Thomas Adès shines a spotlight on an artist who is incontrovertibly a figure of our time. And also on a way of understanding the creative process, in which there is no conflict between heart and head.



Más información:



More information:



Pedro Halffter Caro

Presidente del jurado
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 Bayerische Staatsoper y en el Münchner Opernfestspiele, o *Salomé* y *El sonido distante* en la Staatsoper Unter den Linden de Berlín.

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.

Silvia Colasanti

Es compositora y profesora de Composición en el Conservatorio de Santa Cecilia de Roma. Su catálogo, de más de setenta obras, abarca, entre otros géneros, ópera y teatro musical, música sinfónica y música de cámara. Ha trabajado en colaboración con solistas y directores como Vladimir Jurowski, Yuri Bashmet, Salvatore Accardo, David Geringas, Nathalie Dessay o Roberto Abbado. Es la primera mujer a quien La Scala de Milán encarga una ópera, que –bajo el título de *Anna A.* y basada en la vida de la poeta rusa Anna Akhmatova– subirá a escena en la temporada 2024-2025.

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, video y ópera. En este último género destaca *Je suis narcissiste*, nominada a los International Opera Awards 2020, y *Alexina B.*, fruto de una Beca Leonardo en Música y Ópera y estrenada en el Gran Teatre del Liceu en 2023. Es premio Nacional de Música 2020.

Juan Carlos Garvayo

Es pianista, catedrático de Música de Cámara en el Real Conservatorio Superior de Música de Madrid y miembro fundador del Trío Arbós. Ha actuado en salas y festivales de más de treinta países, grabado más de una treintena de discos y estrenado más de doscientas obras, muchas de ellas fruto de su estrecha colaboración con compositores como Pascal Dusapin, Jonathan Harvey, George Benjamin o Georges Aperghis. Investiga en recuperación del patrimonio musical español, es el creador del Festival Música Sur (Motril, Granada) y ha recibido el Premio Nacional de Música 2013, entre otras distinciones.

Peter Paul Kainrath

Es director general de Klangforum Wien, ensemble de música contemporánea con sede en Viena, director de la Fundación Ferruccio Busoni-Gustav Mahler (Bolzano, Italia) y director de Transart, un festival multidisciplinar que explora nuevas fronteras en el arte. Actual presidente de la Federación Mundial de Concursos Internacionales de Música, es cofundador de la productora audiovisual Media-Art Production Coop – de la que ha sido presidente y director – y ha sido director artístico del festival de música contemporánea Klangspuren Schwaz, en el Tirol.

Committee chair

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

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 Catalonian universities, contributed a weekly program to radio broadcaster Catalunya Música, and written a book on musicians and their favorite recordings.

Composer and Professor of Composition at the Santa Cecilia Conservatory in Rome. Her catalogue comprises over 70 works spanning opera and musical theater, symphonic music and chamber music, among other genres. She has worked closely with soloists and conductors like Vladimir Jurowski, Yuri Bashmet, Salvatore Accardo, David Geringas, Nathalie Dessay and Roberto Abbado, and recently became the first woman to be commissioned to write an opera by La Scala in Milan. The piece, to be titled *Anna A.* on the life of Russian poet Anna Akhmatova, will be staged during the 2024-2025 season.

Composer specializing in interdisciplinary creation, she earned a PhD from the Royal College of Music in London (United Kingdom) and has collaborated with English National Ballet, the Royal Academy of Arts and the Dresden Musikfestspiele. Her catalogue spans chamber, choreographic, electroacoustic, jazz and solo works, video and opera. In this last genre, she has written *Je Suis Narcissiste*, nominated for the 2020 International Opera Awards, and *Alexina B.*, funded by a Leonardo Grant in Music and Opera and premiered this year in the Gran Teatre del Liceu. Winner of Spain's 2020 National Music Prize.

Pianist, Professor of Chamber Music at the Royal Higher Conservatory of Music of Madrid and a founding member of Trío Arbós. He has performed at leading venues and festivals in over 30 countries, recorded over 30 discs and premiered more than 200 works, many of them in close collaboration with composers like Pascal Dusapin, Jonathan Harvey, George Benjamin or Georges Aperghis, as well as researching extensively on the recovery of Spain's musical heritage. Founder of the Festival Música Sur in Motril, Granada, his various distinctions include Spain's 2013 National Music Prize.



Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Música y Ópera

Gabriela Ortiz Torres

Es compositora, doctora en composición de música electroacústica por la City University, London (Reino Unido) y catedrática de Composición en la Universidad Nacional de México. Ha escrito casi un centenar de obras de cámara, orquesta, ópera, danza y cine en las que con frecuencia aborda cuestiones medioambientales, raciales y de género o de justicia social. Sus estrenos recientes incluyen encargos de la Filarmónica de Nueva York, la Filarmónica de Los Ángeles y la Orquesta Sinfónica de Cincinnati. Es, entre otras distinciones, premio Nacional de las Artes y Literatura de México.

Composer and Professor of Composition at the National Autonomous University of Mexico (UNAM), she holds a PhD in electro-acoustic music from City University, London (United Kingdom). Author of almost 100 scores, including works for chamber ensemble, orchestra, opera, dance and cinema, she often addresses gender and racial issues in her music, alongside social justice and environmental concerns. She has recently premiered works commissioned by the New York Philharmonic, Los Angeles Philharmonic and Cincinnati Symphony Orchestra. Her distinctions include Mexico's National Prize for Arts and Literature.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Música y Ópera ha sido concedido, en su decimoquinta edición, a **Thomas Adès** por el extraordinario alcance internacional de su obra, que lo convierte en uno de los músicos más aclamados de nuestro tiempo. Su extenso catálogo de composiciones —que abarca todos los géneros: sinfónico, pianístico, música de cámara, *ballet* y ópera—, junto con su intensa actividad como pianista y director en las plataformas de conciertos, hacen de él una referencia imprescindible en el panorama musical actual.

Adès, poseedor de un profundo conocimiento de la tradición musical occidental, muestra un gran interés por su reinterpretación, incorporando elementos de fuentes musicales muy diversas.

Entre sus obras figuran hitos de la música contemporánea como *Asyla* (1998, encargo de Simon Rattle), *In seven days* (2008), *Polaris* (2011), *Tevot* (2007) y otras composiciones que ya son puentes del repertorio de concierto. Sus óperas, *Powder her face* (1995), *La tempestad* (2004) y *El ángel exterminador* (2016), basada en la película de Luis Buñuel, han sido programadas con gran éxito en el MET tras sus estrenos en Londres y el Festival de Salzburgo. El año pasado la Royal Opera House acogió el estreno de su *ballet* *The Dante Project* (2019-2020).

El jurado destaca la capacidad comunicativa de su música, que conecta transversalmente con públicos diversos, al tiempo que abre horizontes de futuro.

Committee

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Music and Opera

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Music and Opera category goes, in this fifteenth edition, to **Thomas Adès** for the extraordinary international reach of his work, which has placed him among the most acclaimed musicians of our time. His extensive catalogue of compositions –comprising all genres: symphonic, piano, chamber music, ballet, and opera – along with his intense activity in concert halls as a pianist and conductor, make him an essential reference in today's musical scene.

Adès has a deep knowledge of the Western musical tradition and also incorporates elements from the most diverse musical sources.

His works include milestones of contemporary music such as *Asyla* (1998, commissioned by Simon Rattle), *In Seven Days* (2008), *Polaris* (2011), *Tevot* (2007), and others, which are already mainstays of the concert repertoire. His operas *Powder Her Face* (1995), *The Tempest* (2004), and *The Exterminating Angel* (2016), based on the film by Luis Buñuel, have been programmed with great success at the MET after their premieres in London and the Salzburg Festival. Last year the Royal Opera House hosted the premiere of his *ballet* *The Dante Project* (2019-2020).

The committee highlights the communicative capacity of his music, which connects transversally with diverse audiences around the world while opening up future horizons.

Comité técnico de apoyo

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Música y Ópera

Evaluation support panel

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Music and Opera

100

COORDINADOR

Luis Calvo Calvo

Investigador científico en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

MIEMBROS

Carmen Gaitán Salinas

Científica titular en el Instituto de Historia (CSIC)

María Gembero Ustároz

Científica titular en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

Luis Antonio González Marín

Científico titular en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

David Irving

Profesor de investigación en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

COORDINATOR

Luis Calvo Calvo

Research Scientist at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

MEMBERS

Carmen Gaitán Salinas

Tenured Researcher at the Institute of History (CSIC)

María Gembero Ustároz

Tenured Researcher at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

Luis Antonio González Marín

Tenured Researcher at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

David Irving

Research Professor at the Milà i Fontanals Institution (CSIC)

Nominadores

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Música y Ópera

Nominators

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Music and Opera

Thomas Adès

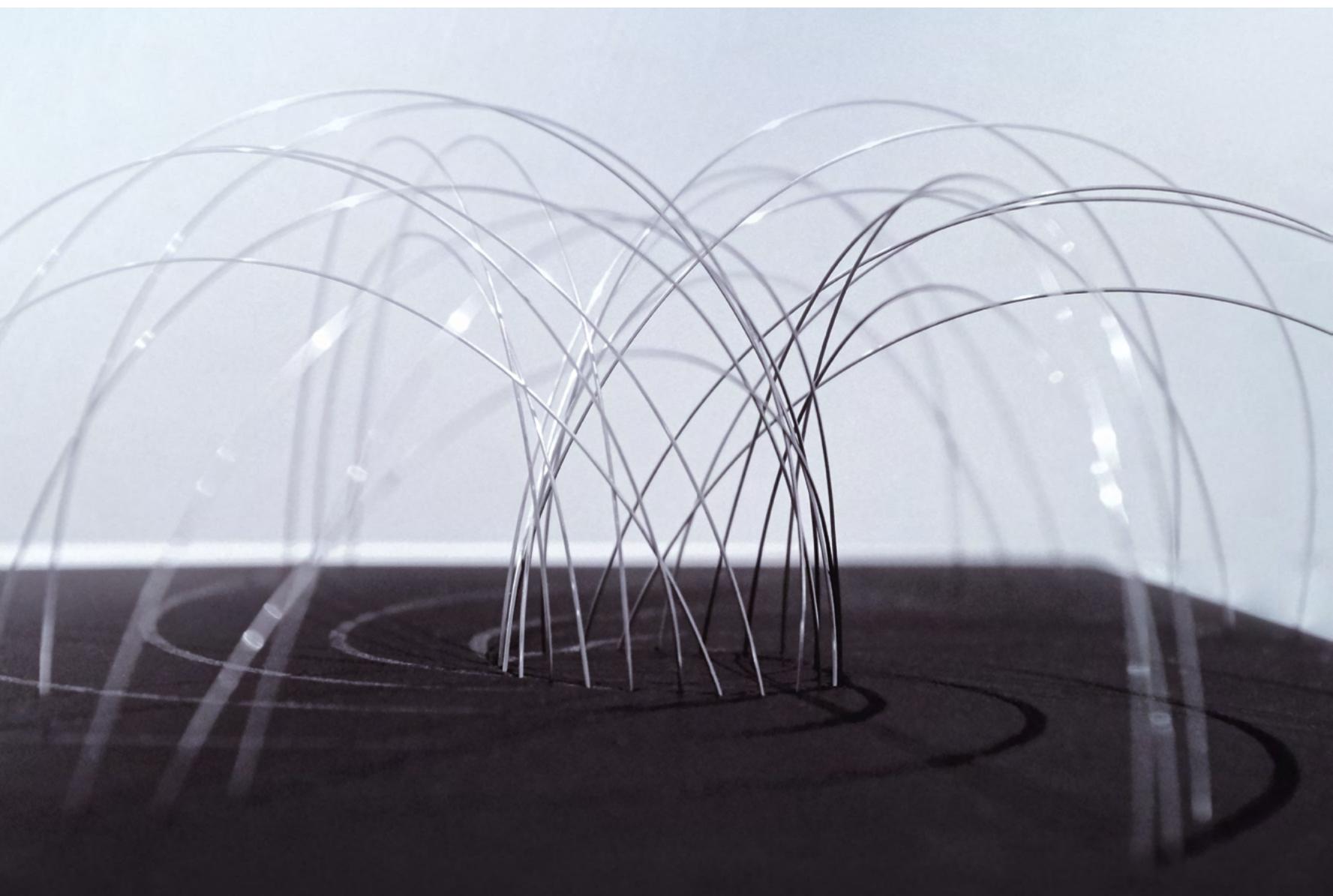
Fue nominado por:

- **Franz Welser-Möst**, director musical de la Orquesta de Cleveland (Estados Unidos)
- **Sam Wigglesworth**, director musical de interpretación de Faber Music (Reino Unido)

Thomas Adès

Was nominated by:

- **Franz Welser-Möst**, Music Director of The Cleveland Orchestra (United States)
- **Sam Wigglesworth**, Performance Music Director at Faber Music (United Kingdom)



Símbolo artístico
Fronteras del Conocimiento
Artista: Blanca Muñoz

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

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

Últimas exposiciones individuales: *Acrobacias*, Galería Marlborough, Madrid (2022) *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. Es decir, he tratado de acompañar las siete disciplinas científicas al son de la octava: la música contemporánea.

Frontiers of Knowledge artwork
Artist: Blanca Muñoz

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

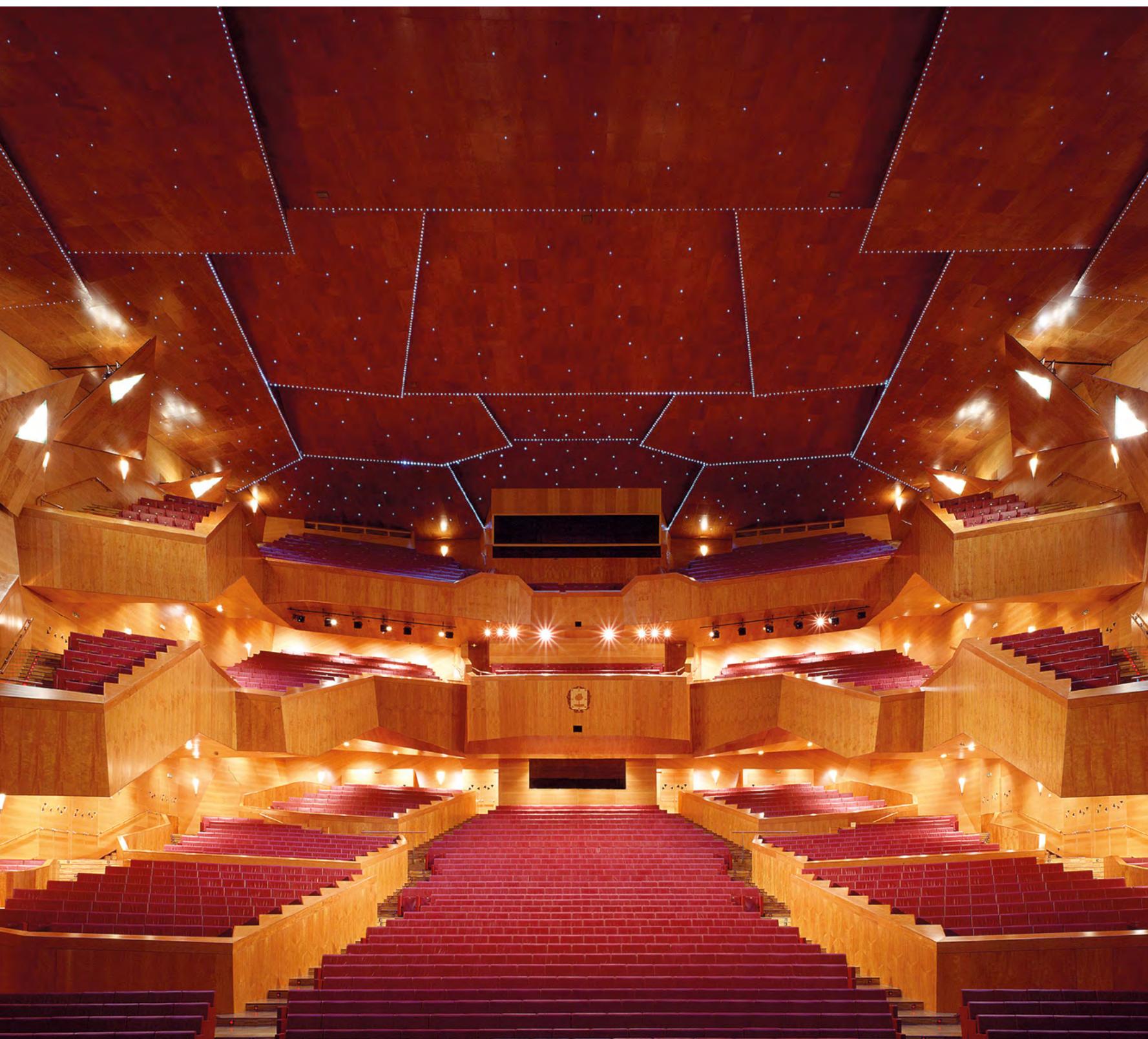
Monumental sculpture: *Trinity*, Capital One building, Washington, DC (2022); sculpture trio *Gorgonas* and *Lustral*/fountain, Plaza de España, Madrid (2022); *Altiva*, Fundación Masaveu, Madrid (2019); *Talismán*, Banca March, Madrid (2016); *Géminis*, Torre Cepsa, architect Norman Foster, Madrid (2009);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

Latest solo exhibitions: *Acrobacias*, Galería Marlborough, Madrid (2022); *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. This, I think, brings the seven scientific disciplines harmoniously into play, to the rhythm of the eighth: contemporary music.





Concierto

Gala concert

Euskadiko Orkestra

Kirill Gerstein, piano

Pedro Halffter Caro, director

Edward Elgar (1857-1934)
Sospiri, op. 70 (5')

Thomas Adès* (1971)

In Seven Days (30')

1. Chaos – Light – Darkness
2. Separation of the Waters into Sea and Sky – Reflection Dance: Sky in Sea, Sea in Sky
3. Land – Grass – Trees
4. Stars – Sun – Moon
- Fugue 5. Creatures of the Sea and Sky
6. Creatures of the Land
7. Contemplation

Robert Schumann (1810-1856)

*Sinfonía n.º 3 en mi bemol mayor, op. 97,
«Renana»* (35')

1. Lebhaft
2. Scherzo: Sehr mässig
3. Nicht schnell
4. Feierlich
5. Lebhaft

Basque National Orchestra

Kirill Gerstein, piano

Pedro Halffter Caro, conductor

Edward Elgar (1857-1934)
Sospiri, op. 70 (5')

Thomas Adès* (1971)

In Seven Days (30')

1. Chaos – Light – Darkness
2. Separation of the Waters into Sea and Sky – Reflection Dance: Sky in Sea, Sea in Sky
3. Land – Grass – Trees
4. Stars – Sun – Moon
- Fugue 5. Creatures of the Sea and Sky
6. Creatures of the Land
7. Contemplation

Robert Schumann (1810-1856)

*Symphony No. 3 in E-flat major, op. 97,
“Rhenish”* (35')

1. Lebhaft
2. Scherzo: Sehr mässig
3. Nicht schnell
4. Feierlich
5. Lebhaft

* Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Música y Ópera

* BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Laureate in the Music and Opera category



Inicio de la ceremonia

Ceremony begins

Bienvenida del Alcalde de Bilbao

Welcome from the Mayor of Bilbao

Acto de entrega de los Premios

Awards presentation

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

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

Discurso de la Presidenta del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Speech by the President of the Spanish National Research Council

Discurso del Presidente de la Fundación BBVA

Speech by the President of the BBVA Foundation

Discurso del Lehendakari

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

Cóctel en el Euskalduna Bilbao

Cocktail in Euskalduna Bilbao

20 de junio de 2023
19:30 horas
Euskalduna Bilbao

June 20, 2023
19:30
Euskalduna 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)

108

XIV Edición / 14th Edition 2021



Charles Fefferman

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

Jean-François Le Gall

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

XIII Edición / 13th Edition 2020



A. Paul Alivisatos

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

Michael Grätzel

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

XII Edición / 12th Edition 2019



Charles H. Bennett

IBM Research
(Estados Unidos / United States)

Gilles Brassard

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

Peter Shor

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

XI Edición / 11th Edition 2018



Charles L. Kane Eugene Mele

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

X Edición / 10th Edition 2017



Omar Yaghi

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

IX Edición / 9th Edition 2016



David Cox

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

Bradley Efron

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

VIII Edición / 8th Edition 2015



Stephen Hawking

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

Viatcheslav Mukhanov

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

VII Edición / 7th Edition 2014



Stephen L. Buchwald

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

VI Edición / 6th Edition 2013



Maximilian Haider

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

Harald Rose

Universidad de Ulm (Alemania)
Ulm University (Germany)

Knut Urban

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

V Edición / 5th Edition 2012



Ingrid Daubechies

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

David B. Mumford

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

IV Edición / 4th Edition 2011



Michel G.E. Mayor

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

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

XIV Edición / 14th Edition 2021



Katalin Karikó

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

Robert S. Langer

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

Drew Weissman

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

XIII Edición / 13th Edition 2020



David Julius

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

Ardem Patapoutian

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

XII Edición / 12th Edition 2019



Michael N. Hall

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

David M. Sabatini

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

XI Edición / 11th Edition 2018



Jeffrey I. Gordon

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

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Biology and Biomedicine

X Edición / 10th Edition 2017



James P. Allison

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

IX Edición / 9th Edition 2016



Emmanuelle Charpentier

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

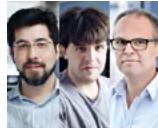
Jennifer Doudna

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

Francisco J. Martínez Mojica

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

VIII Edición / 8th Edition 2015



Edward S. Boyden III

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (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



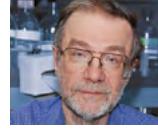
Douglas L. Coleman

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)
Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos)
Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2012
Kyoto University (Japan)
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

110

XIV Edición / 14th Edition 2021



Judea Pearl

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

XIII Edición / 13th Edition 2020



John L. Hennessy

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

David A. Patterson

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

XII Edición / 12th Edition 2019



Isabelle Guyon

Universidad 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)

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Information and Communication Technologies

X Edición / 10th Edition 2017



Shafi Goldwasser

Silvio Micali

Ronald L. Rivest

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (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)

V Edición / 5th Edition 2012

IV Edición / 4th Edition 2011



Lotfi A. Zadeh

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

III Edición / 3rd Edition 2010



Carver A. Mead

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

II Edición / 2nd Edition 2009



Donald E. Knuth

Universidad de Stanford (Estados Unidos)

Stanford University (United States)

I Edición / 1st Edition 2008



Thomas Kailath

Universidad de Stanford (Estados Unidos)

Stanford University (United States)

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)

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

XIV Edición / 14th Edition 2021



Lenore Fahrig

Universidad de Carleton (Canadá)
Carleton University (Canada)

Simon Asher Levin

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

Steward T. A. Pickett

Instituto Cary de Estudios de
Ecosistemas (Estados Unidos)
Cary Institute of Ecosystem Studies
(United States)

XIII Edición / 13th Edition 2020



Sandra Díaz

Universidad Nacional de Córdoba
(Argentina)

Sandra Lavorel

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

Mark Westoby

Universidad Macquarie (Australia)
Macquarie University (Australia)

XII Edición / 12th Edition 2019



Carlos M. Duarte

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

Terence P. Hughes

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

Daniel Pauly

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

XI Edición / 11th Edition 2018



Gretchen Cara Daily

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

Georgina Mace

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

X Edición / 10th Edition 2017



B. Rosemary Grant **Peter R. Grant**

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

IX Edición / 9th Edition 2016



Gene E. Likens

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

Marten Scheffer

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

VIII Edición / 8th Edition 2015



Ilkka Hanski

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

VII Edición / 7th Edition 2014



David Tilman

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

VI Edición / 6th Edition 2013



Paul R. Ehrlich

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

V Edición / 5th Edition 2012



Jane Lubchenco

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

IV Edición / 4th Edition 2011



Daniel H. Janzen

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

III Edición / 3rd Edition 2010



Edward O. Wilson

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

II Edición / 2nd Edition 2009



Peter B. Reich

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

I Edición / 1st Edition 2008



Thomas E. Lovejoy **William F. Laurance**

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

Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
Climate Change

112

XIV Edición / 14th Edition 2021



Ellen Mosley-Thompson
Lonnie G. Thompson
Universidad Estatal de Ohio
(Estados Unidos)
The Ohio State University (United States)

XIII Edición / 13th Edition 2020



Neil Adger
Universidad de Exeter (Reino Unido)
University of Exeter (United Kingdom)
Ian Burton
Universidad de Toronto (Canadá)
University of Toronto (Canada)
Karen O'Brien
Universidad de Oslo (Noruega)
University of Oslo (Norway)

XII Edición / 12th Edition 2019



Kerry A. Emanuel
Instituto Tecnológico de Massachusetts
(MIT) (Estados Unidos)
Massachusetts Institute of Technology
(United States)

XI Edición / 11th Edition 2018



Anny Cazenave
Laboratorio de Estudios de Geofísica y
Oceanografía Espaciales (Francia)
Instituto Internacional de Ciencias
Espaciales (ISSI) (Suiza)
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et
Océanographie Spatiales (France)
International Space Science Institute
(Switzerland)
John A. Church
Universidad de Nueva Gales del Sur
(Australia)
University of New South Wales (Australia)
Jonathan Gregory
Universidad de Reading (Reino Unido)
University of Reading (United Kingdom)

X Edición / 10th Edition 2017



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

IX Edición / 9th Edition 2016



James E. Hansen
Universidad de Columbia
(Estados Unidos)
Columbia University (United States)
Syukuro Manabe
Universidad de Princeton
(Estados Unidos)
Premio Nobel de Física 2021
Princeton University (United States)
Nobel Prize in Physics 2021

VIII Edición / 8th Edition 2015



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

VII Edición / 7th Edition 2014



Richard B. Alley
Universidad Estatal de Pensilvania
(Estados Unidos)
Pennsylvania State University
(United States)

VI Edición / 6th Edition 2013



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

V Edición / 5th Edition 2012



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

IV Edición / 4th Edition 2011



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

III Edición / 3rd Edition 2010



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

II Edición / 2nd Edition 2009



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

I Edición / 1st Edition 2008



Wallace S. Broecker
Universidad de Columbia
(Estados Unidos)
Columbia University (United States)

Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Economics, Finance and Management

XIV Edición / 14th Edition

2021



Matthew O. Jackson

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

XIII Edición / 13th Edition

2020



Ben S. Bernanke

The Brookings Institution (Estados Unidos)
Premio en Ciencias Económicas en
Memoria de Alfred Nobel 2022
The Brookings Institution (United States)
Nobel Memorial Prize in Economic
Sciences 2022

Mark Gertler

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

Nobuhiro Kiyotaki

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

John Moore

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

XII Edición / 12th Edition

2019



Philippe Aghion

Collège de France (Francia / France)

Peter Howitt

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

XI Edición / 11th Edition

2018



Claudia Goldin

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

X Edición / 10th Edition

2017



Tim Bresnahan

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

Ariel Pakes

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

Robert Porter

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

IX Edición / 9th Edition

2016



Daron Acemoglu

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

VIII Edición / 8th Edition

2015



Robert B. Wilson

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

VII Edición / 7th Edition

2014



Richard Blundell

University College de Londres
University College London
(United Kingdom)

David Card

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

VI Edición / 6th Edition

2013



Elhanan Helpman

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

V Edición / 5th Edition

2012



Paul R. Milgrom

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

IV Edición / 4th Edition

2011



Angus Deaton

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

III Edición / 3rd Edition

2010



Lars Peter Hansen

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

II Edición / 2nd Edition

2009



Andreu Mas-Colell

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

Hugo Sonnenschein

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

I Edición / 1st Edition

2008



Jean Tirole

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

Galardonados en ediciones anteriores

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Humanidades y Ciencias Sociales

Laureates in previous editions

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Humanities and Social Sciences

XIV Edición / 14th Edition

2021

(Ciencias Sociales / Social Sciences)



Mark Granovetter

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

XIII Edición / 13th Edition

2020

(Humanidades / Humanities)



Gerald Holton

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

XII Edición / 12th Edition

2019

(Ciencias Sociales / Social Sciences)



Susan T. Fiske

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

Shelley E. Taylor

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

XI Edición / 11th Edition

2018

(Humanidades / Humanities)



Noam Chomsky

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

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cooperación al desarrollo

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

Development Cooperation

X Edición / 10th Edition

2017



Nubia Muñoz

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

IX Edición / 9th Edition

2016



Pedro L. Alonso

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

Peter J. Myler

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

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

XIV Edición / 14th Edition 2021



Philip Glass

Compositor (Estados Unidos)
Composer (United States)

XIII Edición / 13th Edition 2020



Peter Eötvös

Compositor (Hungria)
Composer (Hungary)

XII Edición / 12th Edition 2019



Arvo Pärt

Compositor (Estonia)
Composer (Estonia)

XI Edición / 11th Edition 2018



John Adams

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

X Edición / 10th Edition 2017



Kaija Saariaho

Compositora (Finlandia)
Composer (Finland)

IX Edición / 9th Edition 2016



Sofia Gubaidulina

Compositora (Federación de Rusia)
Composer (Russian Federation)

VIII Edición / 8th Edition 2015



Georges Aperghis

Compositor (Grecia)
Composer (Greece)

VII Edición / 7th Edition 2014



György Kurtág

Compositor (Hungria)
Composer (Hungary)

VI Edición / 6th Edition 2013



Steve Reich

Compositor (Estados Unidos)
Composer (United States)

V Edición / 5th Edition 2012



Pierre Boulez

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

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

XIV Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

14th Edition

2021

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

Charles Fefferman

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

Jean-François Le Gall

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

Biología y Biomedicina
Biology and Biomedicine

Katalin Karikó

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

Robert S. Langer

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

Drew Weissman

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Judea Pearl

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

Lenore Fahrig

Universidad de Carleton (Canadá)
Carleton University (Canada)

Simon Asher Levin

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

Steward T. A. Pickett

Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas (Estados Unidos)
Cary Institute of Ecosystem Studies (United States)

Cambio Climático
Climate Change

Ellen Mosley-Thompson

Lonnie G. Thompson
Universidad Estatal de Ohio (Estados Unidos)
The Ohio State University (United States)

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

Matthew O. Jackson

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

Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales)
Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

Mark Granovetter

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

Música y Ópera
Music and Opera

Philip Glass

Compositor (Estados Unidos)
Composer (United States)

XIII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

13th Edition

2020

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

A. Paul Alivisatos

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

Michael Grätzel

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

Biología y Biomedicina Biology and Biomedicine

David Julius

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

Ardem Patapoutian

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación Information and Communication Technologies

John L. Hennessy

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

David A. Patterson

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

Ecología y Biología de la Conservación Ecology and Conservation Biology

Sandra Díaz

Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

Sandra Lavorel

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

Mark Westoby

Universidad Macquarie (Australia)
Macquarie University (Australia)

Cambio Climático Climate Change

Neil Adger

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

Ian Burton

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

Karen O'Brien

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

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

Ben S. Bernanke

The Brookings Institution (Estados Unidos) · Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2022
The Brookings Institution (United States) · Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2022

Mark Gertler

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

Nobuhiro Kiyotaki

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

John Moore

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

Humanidades y Ciencias Sociales (Humanidades)

Humanities and Social Sciences (Humanities)

Gerald Holton

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

Música y Ópera Music and Opera

Peter Eötvös

Compositor y director (Hungria) / Composer and conductor (Hungary)

XII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

12th Edition

2019

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

Charles H. Bennett

IBM Research (Estados Unidos / United States)

Gilles Brassard

Universidad de Montreal (Canadá)
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 Paris-Saclay (Francia)
Université Paris-Saclay (France)

Bernhard Schölkopf

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

Vladimir N. Vapnik

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

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

Collegio de France (Francia / France)

Peter Howitt

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

Humanidades y Ciencias Sociales (Ciencias Sociales) Humanities and Social Sciences (Social Sciences)

Susan T. Fiske

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

Shelley E. Taylor

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

Música y Ópera Music and Opera

Arvo Pärt

Compositor (Estonia) / Composer (Estonia)

XI Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

11th Edition

2018

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

Charles L. Kane

Eugene Mele

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

Biología y Biomedicina
Biology and Biomedicine

Jeffrey I. Gordon

Centro Familia Edison de Ciencias del Genoma y Biología de Sistemas,
Escuela de Medicina de la Universidad de Washington en San Luis (Estados Unidos)
The Edison Family Center for Genome Sciences & Systems Biology,
Washington University School of Medicine in St. Louis (United States)

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Ivan Edward Sutherland

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Gretchen Cara Daily

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

Georgina Mace

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 (Humanidades)
Humanities and Social Sciences (Humanities)

Noam Chomsky

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

Música y Ópera

Music and Opera

John Adams

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

X Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

10th Edition

2017

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

Omar Yaghi

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

Biomedicina
Biomedicine

James P. Allison

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Shafi Goldwasser

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

Silvio Micali

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

Ronald L. Rivest

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

Adi Shamir

Instituto Weizmann de Ciencias (Israel)
Weizmann Institute of Science (Israel)

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

B. Rosemary Grant

Peter R. Grant

Universidad de Princeton (Estados Unidos)

Princeton University (United States)

Cambio Climático
Climate Change

William Nordhaus

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

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

Tim Bresnahan

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

Ariel Pakes

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

Robert Porter

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

Nubia Muñoz

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

Música Contemporánea
Contemporary Music

Kaija Saariaho

Compositora (Finlandia)

Composer (Finland)

IX Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

9th Edition

2016

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

David Cox

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

Bradley Efron

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

Biomedicina

Biomedicine

Emmanuelle Charpentier

Universidad Humboldt de Berlín (Alemania)
Humboldt University of Berlin (Germany)

Jennifer Doudna

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

Francisco J. Martínez Mojica

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Geoffrey Hinton

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Gene E. Likens

Cary Institute of Ecosystem Studies (Estados Unidos / United States)

Marten Scheffer

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

Cambio Climático

Climate Change

James E. Hansen

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

Syukuro Manabe

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

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

Daron Acemoglu

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

Cooperación al Desarrollo

Development Cooperation

Pedro L. Alonso

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

Peter J. Myler

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

Música Contemporánea

Contemporary Music

Sofia Gubaidulina

Compositora (Federación de Rusia)
Composer (Russian Federation)

VIII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th Edition

2015

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

Stephen Hawking

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

Viatcheslav Mukhanov

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

Biomedicina

Biomedicine

Edward S. Boyden III

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

Karl Deisseroth

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

Gero Miesenböck

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Stephen A. Cook

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Illiaka Hanski

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

Cambio Climático

Climate Change

Veerabhadran Ramanathan

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

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

Robert B. Wilson

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

Cooperación al Desarrollo

Development Cooperation

Martin Ravallion

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

Música Contemporánea

Contemporary Music

Georges Aperghis

Compositor (Grecia)
Composer (Greece)

VII Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

7th Edition

2014

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

Stephen L. Buchwald

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

Biomedicina
Biomedicine

Tony Hunter

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

Joseph Schlessinger

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

Charles L. Sawyers

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Leonard Kleinrock

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

David Tilman

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

Cambio Climático
Climate Change

Richard B. Alley

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

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

Richard Blundell

University College de Londres
University College London (United Kingdom)

David Card

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

Helen Keller International

Estados Unidos
United States

Música Contemporánea
Contemporary Music

György Kurtág

Compositor (Hungria)
Composer (Hungary)

VI Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

6th Edition

2013

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

Maximilian Haider

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

Harald Rose

Universidad de Ulm (Alemania)
Ulm University (Germany)

Knut Urban

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

Biomedicina
Biomedicine

Adrian Bird

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Marvin L. Minsky

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Paul R. Ehrlich

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

Cambio Climático
Climate Change

Christopher B. Field

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

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

Elhanan Helpman

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

Pratham

India

Música Contemporánea
Contemporary Music

Steve Reich

Compositor (Estados Unidos)
Composer (United States)

V Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

5th Edition

2012

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

Ingrid Daubechies

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

David B. Mumford

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

Biomedicina
Biomedicine

Douglas L. Coleman

The Jackson Laboratory (Estados Unidos / United States)

Jeffrey M. Friedman

Howard Hughes Medical Institute (Estados Unidos / United States)

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Lotfi A. Zadeh

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Jane Lubchenco

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

Cambio Climático
Climate Change

Susan Solomon

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

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

Paul R. Milgrom

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative)

Suiza
Switzerland

Música Contemporánea
Contemporary Music

Pierre Boulez

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

IV Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

4th Edition

2011

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

Michel G.E. Mayor

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

Didier Queloz

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

Biomedicina
Biomedicine

Alexander Varshavsky

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Carver A. Mead

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Daniel H. Janzen

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

Cambio Climático
Climate Change

Isaac Meyer Held

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

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

Angus Deaton

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

Ciro de Quadros

Sabin Vaccine Institute (Estados Unidos / United States)

Música Contemporánea
Contemporary Music

Salvatore Sciarrino

Compositor (Italia)
Composer (Italy)

III Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

3rd Edition

2010

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

Gabor A. Somorjai

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

Biomedicina
Biomedicine

Shinya Yamanaka

Universidad de Kioto (Japón) y Universidad de California en San Francisco (Estados Unidos)
Premio Nobel en Fisiología y Medicina 2012
Kyoto University (Japan) and University of California, San Francisco (United States)
Nobel Prize in Physiology or Medicine 2012

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Donald E. Knuth

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Edward O. Wilson

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

Cambio Climático
Climate Change

Nicholas Stern

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

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

Lars Peter Hansen

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

Cooperación al Desarrollo
Development Cooperation

International Rice Research Institute (IRRI)

Filipinas
The Philippines

Música Contemporánea
Contemporary Music

Helmut Lachenmann

Compositor (Alemania)
Composer (Germany)

II Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

2nd Edition

2009

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

Richard N. Zare

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

Michael E. Fisher

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

Biomedicina
Biomedicine

Robert J. Lefkowitz

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación
Information and Communication Technologies

Thomas Kailath

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

Ecología y Biología de la Conservación
Ecology and Conservation Biology

Peter B. Reich

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

Cambio Climático
Climate Change

Klaus Hasselmann

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

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

Andreu Mas-Colell

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

Hugo Sonnenschein

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

Cooperación al desarrollo
Development Cooperation

Development Research Institute (DRI)

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

Música Contemporánea
Contemporary Music

Cristóbal Halffter

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

I Edición

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

1st Edition

2008

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Ignacio Cirac

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

Peter Zoller

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

Biomedicina Biomedicine

Joan Massagué

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

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Information and Communication Technologies

Jacob Ziv

Instituto Technion (Israel)
Technion Institute (Israel)

Ecología y Biología de la Conservación

Ecology and Conservation Biology

Thomas E. Lovejoy

William F. Laurance

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

Cambio Climático Climate Change

Wallace S. Broecker

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

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Economics, Finance and Management

Jean Tirole

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

Cooperación al desarrollo Development Cooperation

Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL)

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

Artes (Música, Pintura, Escultura, Arquitectura)

Arts (Music, Painting, Sculpture, Architecture)

Steven Holl

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

Créditos Credits

124

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

Texto (categoría Música y Ópera) / Text (Music and Opera category)

César Coca

Traducción / Translations

Karen Welch: todos los textos, a excepción de las páginas 6-7 / all texts except pages 6-7

Créditos fotográficos / Photo credits

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

- 6 Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / Spanish National Research Council (CSIC)
- 8 Ayuntamiento de Bilbao / Bilbao City Council
- 15 NASA / WMAP Science Team
- 27 Seth Pincus, Elizabeth Fischer, Austin Athman, National Institute of Allergy and Infectious Diseases/NIH
- 37 Cookiecutter
- 49 Garrido, Héctor; García Ruiz, Juan Manuel (2008): *Armonía fractal de Doñana y las marismas*. Sevilla, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), p. 73 / Garrido, Héctor; García Ruiz, Juan Manuel (2008): *Fractal Harmony of Doñana and the Marshes*. Seville, Spanish National Research Council (CSIC), p. 73
- 60 NASA
- 63 Gettyimages
- 73 Gettyimages
- 83 Rawpixel
- 93 Thomas Adès, partitura manuscrita de *In Seven Days* © Faber Music. Reproducida con autorización del editor / Thomas Adès – manuscript score of *In Seven Days* © Faber Music, reproduced with permission of the publisher
- 97 Benedikt Dinkhauser
- 104 Aitor Ortiz, Euskalduna Bilbao
- 106 Fede Merino, Euskalduna Bilbao

Diseño gráfico / Graphic design nu comunicación

Impresión / Printed by Gráficas Ingugom

Depósito Legal / Legal deposit: BI 00662-2023
Impreso en España / Printed in Spain
Impreso en papel ecológico / Printed on environmentally responsible paper

XV Edición
Premios
Fundación BBVA
Fronteras del
Conocimiento

15th Edition
BBVA Foundation
Frontiers of
Knowledge
Awards

Toda la información de los premios en

www.premiosfronterasdelconocimiento.es



Full information on the awards at

www.frontiersofknowledgeawards-fbbva.es



