

X edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

10th edition

X edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

10th edition

Francisco González
Presidente
Fundación BBVA

President
BBVA Foundation

Hace ya una década que arrancaron los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento para hacer explícito el agradecimiento que la sociedad de forma tácita dirige a las aportaciones que la ciencia y la cultura hacen al bienestar individual y colectivo. Esta familia de premios nació de la convicción de que el conocimiento amplía nuestras oportunidades no solo a través de la tecnología y sus aplicaciones, sino por su valor cognitivo, contribuyendo a modelar la manera en que como individuos y desde la cultura colectiva nos acercamos al mundo que nos rodea, pero dotándonos además de la sensibilidad para apreciarlo e interactuar con él.

Los Premios Fronteras se incorporaron a la actividad de la Fundación BBVA complementando una larga trayectoria de apoyo directo a la investigación y de diversas familias de galardones. Unos galardones que venían a reconocer hitos en el avance del conocimiento marcaron a su vez algunos hitos. El más significativo fue que por primera vez dos áreas fundamentales de las ciencias del medio ambiente —el Cambio Climático y la Ecología y Biología de la Conservación— ocuparon un puesto al nivel de las Ciencias Básicas, la Biomedicina o la Economía, entre las categorías premiadas. En el caso del Cambio Climático, los premios surgían en un contexto de debate sobre el valor mismo de esta disciplina. La evidencia científica aportada, entre otros, por nuestros galardonados se ha impuesto en este tiempo y, salvo casos excepcionales, la sociedad ha tomado conciencia y reclama a decisores y empresas que actúen en consecuencia.

Para reflejar fielmente el mapa del conocimiento del siglo XXI, los Premios Fronteras incorporaron también las Tecnologías de la Información y la Comunicación; y para ser un espejo de cómo se hace ciencia en nuestros tiempos, no se centran por tanto en individuos, sino en contribuciones que pueden haber sido realizadas por equipos de tamaño variable, investigadores trabajando en paralelo o incluso personas sin relación previa entre sí que han confluído en un hallazgo común.

Con el fin de desarrollar con éxito los galardones ha sido esencial la colaboración de nuestra principal

It is ten years now since the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards emerged on the scene with the mission to activate society's latent regard for the contributions made by science and culture to our individual and collective wellbeing. This family of awards was born from the conviction that knowledge expands our opportunities not only through technology and its applications but also by virtue of its cognitive value, which helps shape the way that we approach the world around us, both as individuals and through our place in the collective culture, while giving us the sensibility to appreciate and interact with it more fully.

The Frontiers Awards became part of the work program of the BBVA Foundation, supplementing its long record of direct support to research, and sundry other prize schemes. Established to recognize milestones in the advancement of knowledge, they have set new milestones in their turn. The most significant perhaps is that, for the first time, two fundamental areas of the environmental sciences – Climate Change and Ecology and Conservation Biology – take an equal place beside other award categories such as Basic Sciences, Biomedicine or Economics. In the case of Climate Change, the awards came into being amidst an ongoing debate about the intrinsic value of this discipline. The scientific evidence has since carried the day – supplied, among others, by our own laureates – and, with some few exceptions, society is awake to the threat, and is calling for policymakers and firms to act in consequence.

In order to best reflect the knowledge map of the 21st century, the Frontiers Awards made the choice to incorporate Information and Communication Technologies; in order to mirror the way modern science is practiced, they elected to focus not on individuals but on contributions, whether brought about by teams of any size, researchers working in parallel, or even persons with no prior relation whose work has converged in a shared achievement.

The awards could not have attained the success they have without the collaboration of our country's foremost multidisciplinary research organization, the Spanish National Research Council (CSIC), and the



institución científica multidisciplinar, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y la labor de los ocho jurados de expertos de primer nivel que han realizado una rigurosa evaluación entre pares para distinguir aportaciones que han marcado un antes y un después.

Los premiados de la décima edición que protagonizan estas páginas forman parte de la historia del avance del conocimiento que recorren los Premios Fronteras y que incluyen nombres emblemáticos, entre ellos, el de cinco galardonados que posteriormente obtuvieron el Premio Nobel.

Ha sido un privilegio para la Fundación BBVA y para mí personalmente haber impulsado estos premios y comprobar a lo largo de esta década la excelencia de los premiados, cuyas contribuciones y trayectorias nos han enriquecido a todos.

work of the eight juries formed by world-class experts who employ rigorous peer evaluation to distinguish contributions of truly game-changing significance.

The tenth edition laureates whose stories appear in these pages form part of the history of the advancement of knowledge that runs through these Frontiers Awards, among whose illustrious winners are five who have since gone on to receive the Nobel Prize.

It has been a privilege for the BBVA Foundation, and for me personally, to have instituted these awards, and to have been witness in this first decade to the excellence of the Frontiers laureates, whose achievements and career paths have enriched all our lives.

Rosa M. Menéndez
Presidenta
CSIC

President
CSIC

El conocimiento, y más concretamente el conocimiento científico, tiene el enorme atractivo de que es inagotable. Los humanos hemos explorado, ocupado, poblado y explotado prácticamente todos los lugares del planeta, de manera que ya casi no quedan en él fronteras hacia lo desconocido, excepto el saber o, más específicamente, la ciencia, que es una frontera sin límites.

Después de un informe de Vannevar Bush del año 1945 dirigido al presidente Truman y titulado precisamente *Science, the Endless Frontier*, se desarrolló a partir de los años cincuenta del pasado siglo una nueva disciplina académica que se conoce como «política científica» y que se ha venido dedicando a estudiar los tipos de ciencia, sus métodos, sus formas de financiación, los indicadores para medirla y otros asuntos varios que han producido una abundante bibliografía, revistas, congresos y reuniones, departamentos e institutos especializados e, incluso, un considerable negocio en torno a la cienciometría.

Pues bien, una de las categorías que se manejan para clasificar el tipo de ciencia que se practica, sobre todo en los centros públicos de I+D, es el de *curiosity-driven research*, o «ciencia movida por la curiosidad», para distinguirla de las investigaciones orientadas a un objetivo concreto o las directamente aplicables como, por ejemplo, producir una nueva vacuna.

Centros públicos de I+D, entre otros el CERN de Ginebra, se dedican a temas movidos por la simple curiosidad, como los neutrinos o el bosón de Higgs, pero eso no impide que precisamente allí se haya descubierto el protocolo de hipertexto <https://www...> que nos ha facilitado gratis a centenares de millones de personas de todo el mundo el uso de internet con todas sus formas de mensajería y transmisión de texto, imágenes y sonido.

Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento son un ejemplo paradigmático de esta nueva forma autoconsciente y profesionalizada de la investigación científica, y cada año distinguen a un selecto elenco de pioneros que hace avanzar para todo el mundo las fronteras del conocimiento. Este catálogo les presenta a ustedes sus nombres y breves semblanzas para que los incluyamos en el registro de benefactores de la humanidad.

Knowledge, particularly scientific knowledge, has the singular attraction of being inexhaustible. Human beings have explored, occupied, settled and exploited almost every corner of the planet, leaving barely any frontiers between us and the unknown, with the exception of knowledge, or more specifically science, which is a frontier without limits.

In the wake of Vannevar Bush's 1945 report to President Truman, titled, precisely, *Science, the Endless Frontier*, there emerged in the 1950s a new academic discipline known as "politics of science." Among its objects of study were: the varieties of science, methods, funding instruments, indicators to measure performance, and other sundry matters that have generated an abundance of literature, journals, congresses and meetings, specialist departments and institutes, not to mention a thriving industry around the business of scientometrics.

One of the categories employed to classify the kind of science being practiced, above all in public R&D centers, is that of "curiosity-driven research"; a term used to distinguish it from research that pursues a concrete goal or directly applicable outcomes like, for instance, the production of a new vaccine.

Public R&D centers, such as CERN in Geneva, engage in searches driven by the spirit of inquiry, pursuing the likes of neutrinos or the Higgs boson. But it was in the Swiss lab, precisely, that scientists came up with the hypertext transfer protocol <https://www...> that has provided hundreds of millions of people around the world with free access to the Internet, along with all its forms of text, image and audio messaging and transmission.

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards stand as a paradigmatic example of this new, self-aware and professionalized brand of scientific research, with accolades bestowed yearly on a select group of visionaries who have expanded the frontiers of knowledge for us all. This yearbook provides us with their names and a brief likeness of each so they can be entered in the roll of benefactors of humanity.





Índice

	10	Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Premios Awards	12	Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Omar Yaghi
	22	Tecnologías de la Información y la Comunicación Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Ronald L. Rivest y Adi Shamir
	30	Biomedicina James P. Allison
	38	Cambio Climático William Nordhaus
	46	Ecología y Biología de la Conservación B. Rosemary Grant y Peter R. Grant
	56	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Timothy Bresnahan, Ariel Pakes y Robert Porter
	68	Cooperación al Desarrollo Nubia Muñoz
	76	Música Contemporánea Kaija Saariaho
	84	Comisiones técnicas de evaluación
	86	Símbolo artístico <i>Fronteras del Conocimiento</i>
	88	Concierto
	90	Ceremonia de entrega
	93	Galardonados en ediciones anteriores
	102	Créditos

Contents

	About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
	Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics) Omar Yaghi
	Information and Communication Technologies Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Ronald L. Rivest and Adi Shamir
	Biomedicine James P. Allison
	Climate Change William Nordhaus
	Ecology and Conservation Biology B. Rosemary Grant and Peter R. Grant
	Economics, Finance and Management Timothy Bresnahan, Ariel Pakes and Robert Porter
	Development Cooperation Nubia Muñoz
	Contemporary Music Kaija Saariaho
	Technical evaluation committees
	<i>Frontiers of Knowledge</i> artwork
	Concert
	Presentation ceremony
	Laureates in previous editions
	Credits

Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards



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 teórico. La denominación de estos premios quiere significar tanto el trabajo de investigación capaz de ampliar el ámbito del conocimiento —desplazando hacia delante la frontera de lo conocido— cuanto el 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 clásica de nuestro tiempo. Asimismo, dos cuestiones centrales de la sociedad global del siglo XXI, el cambio climático y la cooperación al desarrollo socioeconómico de amplias zonas del mundo, son también objeto de estos galardones, que contemplan tanto la investigación sobresaliente sobre esas dos problemáticas como las actuaciones de tipo diverso que representen avances significativos en su abordaje.

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 científica 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 y Matemáticas; Biología y Medicina; Economía, Finanzas y Gestión de Empresas), al tiempo que se preserve la posibilidad de reconocer avances de significado especial en tan solo una de las disciplinas. 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

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards seek to recognize and encourage world-class research and artistic creation, prizing contributions of broad impact for their originality and theoretical significance. The name of the scheme is intended to encapsulate 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 honor fundamental disciplinary or supradisciplinary advances in a series of basic, natural, social and technological sciences. They also recognize creative activity of excellence in the classical music of our time. Categories are reserved for two core concerns of 21st-century society, climate change and socioeconomic development cooperation, with awards going alternatively to outstanding research work or projects of a diverse nature that mark a significant advance in addressing these global challenges.

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 scientific research prized 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 and Mathematics; Biology and Medicine; Economics, Finance and Management), while retaining the option to distinguish an outstanding advance in one discipline alone. The awards, organized annually, also acknowledge the fact that many seminal contributions to our current stock of knowledge are the result of collaborative working between large research teams. This is why, unlike other prizes reserved for one person alone or perhaps three at most, they may be shared by any number of any size teams, provided the achievement being recognized is the result of collaborative or parallel working. Further, honors in basic, natural and social sciences and technology are joined by a category rec-

de otros premios que recaen en una sola persona o, en todo caso, en un número no superior a tres, a aceptar la posibilidad de hacer objeto del galardón a 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 establecen, junto a las ciencias básicas, naturales y sociales, y la tecnología, 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. Por último, reconocen los esfuerzos de tipo diverso (desde la investigación hasta las actuaciones e iniciativas prácticas) en dos cuestiones centrales de la sociedad global del siglo XXI: el cambio climático y la cooperación al desarrollo.

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 las comisiones técnicas de evaluación 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 propone además al presidente de cada jurado y a quien la Fundación BBVA consulta también la composición de los restantes miembros de los jurados. 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.

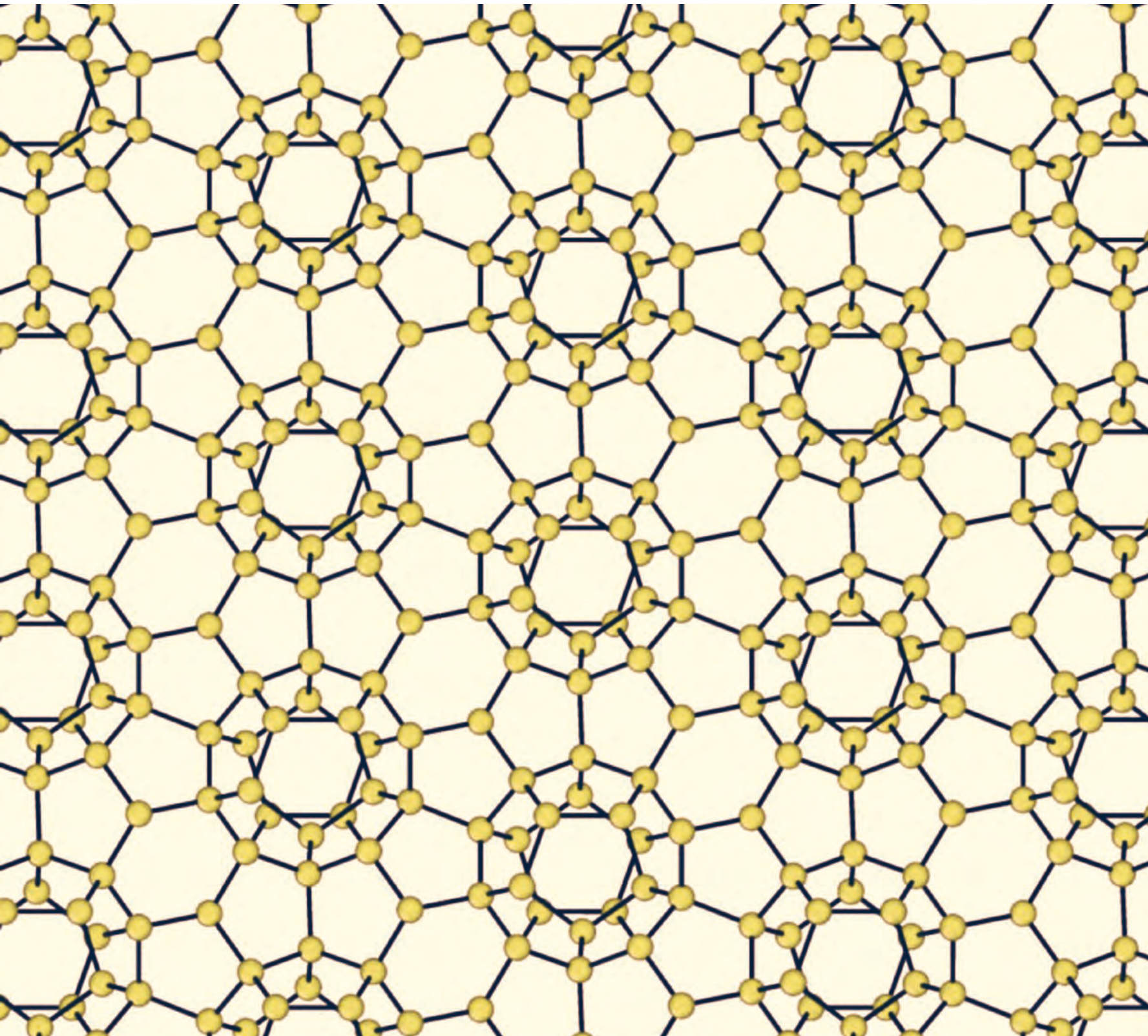
ognizing creative work of excellence in contemporary music, a particularly innovative area that does much to shape the culture and identity of each era. Finally, recognition is extended to diverse endeavors (from research through to practical actions and initiatives) in the areas of climate change and development cooperation, two central issues of the global society of the 21st century.

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards are decided by juries 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. The composition of the technical evaluation committees is determined jointly by the BBVA Foundation and the National Research Council (CSIC), Spain's premier public research organization, which also proposes the jury chair. The Foundation likewise confers with CSIC on the appointment of remaining jury members. 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.

«En la atmósfera hay muchísima agua y la posibilidad de capturarla tiene el potencial de resolver su escasez en las regiones más secas, e incluso de purificarla donde existe pero está contaminada».

“There is a lot of water in the atmosphere, and trapping it could help us deal with shortages in arid regions, and even to purify water where it is available but possibly contaminated.”

Omar Yaghi





Omar Yaghi

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

15

La revolución de los nuevos materiales

Cuando era niño, a Omar Yaghi (Amán, Jordania, 1965) le encantaban los dibujos de moléculas, incluso antes de saber lo que eran. Más adelante, se quedó aún más fascinado cuando descubrió que eran «componentes de las cosas que no podemos ver con nuestros ojos» y que además era posible manipularlos, controlando la materia a una escala minúscula; «por eso me enamoré de la química», recuerda. Este flechazo científico dio grandes frutos cuando a mediados de los años noventa Yaghi se convirtió en el pionero de la química reticular, un nuevo campo que ha permitido la creación de nuevos materiales «con una diversidad sin precedentes», según destacó el jurado que le concedió el Premio Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas. Hoy día, los materiales llamados MOF (*metal organic frameworks*) y COF (*covalent organic frameworks*) ofrecen soluciones potenciales para algunos de los desafíos más importantes que afronta la humanidad, como el almacenamiento del principal gas causante del cambio climático, el desarrollo de nuevos combustibles limpios e incluso la obtención de agua potable *cosechada* a partir del vapor de la atmósfera en las regiones más secas del planeta.

En su etapa de estudiante, el químico jordano-estadounidense recuerda que la creación de nuevos materiales consistía simplemente en mezclar compuestos, de tal manera que «lo que obtenías era básicamente lo que te proporcionaba la propia naturaleza». Su sueño era poder controlar el ensamblaje de moléculas para construir materiales con propiedades modificables, y esto es justo lo que consiguió con los MOF y COF: «Tener el control sobre el material que estás produciendo, e incluso poder alterarlo una vez que lo has construido, es una herramienta muy poderosa», asegura Yaghi.

The new materials revolution

As a boy, Omar Yaghi (Amman, Jordan, 1965) felt drawn to sketches of molecules, even before knowing what they were. His fascination deepened when he learned that they represented “things, or components of things, that we cannot see with our own eyes,” and that they could also be manipulated by controlling matter at a minute scale: “That is what ignited my love for chemistry,” he recalls today. This scientific passion bore unimagined fruits in the mid-1990s, when Yaghi emerged as the pioneer of reticular chemistry, a new field that has brought forth materials “of a previously unknown diversity,” in the words of the jury granting him the Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences. Nowadays, the materials known as MOFs (metal organic frameworks) and COFs (covalent organic frameworks) hold out potential solutions for some of the greatest challenges facing humanity, like the storage of the main gas causing climate change, the development of new, clean fuels and even the “harvesting” of drinking water from atmospheric moisture in the most arid regions of our planet.

Looking back on his student years, the Jordanian-American chemist remarks that back then creating new materials involved little more than mixing together different compounds, so “what you got at the end was what nature gave you.” His dream was to engineer the assembly of molecules so as to build materials with tunable properties, and that is exactly what he achieved with MOFs and COFs: “To have control over what you are creating and being able to tweak it and modify it after you have made it is really quite powerful,” Yaghi reflects.

MOFs (combining organic and inorganic materials, specifically metal oxides) and COFs (comprising solely organic materials) can be thought of as crystalline

Los materiales creados por Omar Yaghi ofrecen soluciones potenciales para algunos de los mayores desafíos actuales de la humanidad, como el almacenamiento del principal gas causante del cambio climático, el desarrollo de combustibles limpios e incluso la obtención de agua potable cosechada a partir del vapor de la atmósfera en las regiones más secas del planeta.

The materials devised by Omar Yaghi hold out potential solutions for some of the greatest challenges facing humanity, like the storage of the main gas causing climate change, the development of new, clean fuels and even the “harvesting” of drinking water from atmospheric moisture in the driest regions of our planet.

Los MOF (que combinan materiales inorgánicos, en concreto óxidos de metal, además de orgánicos) y los COF (compuestos exclusivamente por materiales orgánicos) son como esponjas a escala molecular. Sus poros forman una red ordenada —esta es la razón por la que Yaghi bautizó el campo como *química reticular*— y tienen un tamaño controlable a medida. Estos materiales prodigiosos reúnen muchas de las propiedades más deseadas por los químicos: por un lado, una gran capacidad para absorber otros compuestos, que se alojan dentro de sus poros; por otro, una extraordinaria versatilidad, ya que el tamaño del poro se adapta al compuesto que se quiere atrapar.

«Su porosidad es extremadamente alta —explica Yaghi—. Por ejemplo, en un solo gramo de un MOF hay un área de superficie de 10.000 metros cuadrados». Pero además sus componentes «pueden ser modificados para realizar funciones diversas casi a voluntad», resalta el catedrático de Química de la Universidad de California en Berkeley.

Cuando empezó a trabajar en este campo, Yaghi confiesa que su primer objetivo no era construir «materiales útiles», sino que le motivaba «la pura belleza del desafío de construir estructuras utilizando la estrategia de unir los ladrillos fundamentales de la química». Pero como tantas veces ha ocurrido en la historia de la ciencia, una investigación básica sin aplicaciones concretas en mente ha abierto la puerta a soluciones tecnológicas para muchos de los grandes desafíos ambientales del mundo actual, en los que ya están trabajando centenares de laboratorios por todo el planeta.

Para empezar, Yaghi está convencido de que los MOF son los mejores materiales para capturar el CO₂ antes de que contamine la atmósfera y disminuir así las emisiones del principal gas que está provocando el efecto invernadero. Los actuales sistemas que se están utilizando hoy para lograr este objetivo emplean compuestos tóxicos y pueden consumir hasta el 40 por ciento de la energía que produce una central, ya que requieren calentar agua a altas temperaturas. Sin embargo, la síntesis de los MOF puede lograrse de forma sencilla y ambientalmente limpia, por lo que Yaghi considera que su implementación a gran escala es viable a medio plazo.

sponges on a molecular scale. Their pores or cells form an organized framework – hence Yaghi’s choice of the name reticular chemistry – and are of pre-programmable size. These prodigious materials unite many of the properties most cherished by chemists: on the one hand, an enhanced capacity to adsorb other compounds, which are contained within their pores; and on the other, exceptional versatility and selectivity, with the size of the pore tailored to the target or “guest” compound.

“Their porosity is extremely high,” Yaghi points out. “For instance, just one gram of one kind of MOF material has a surface area of 10,000 square meters.” Not only that, their components “can be modified to fulfill a diversity of functions virtually at will,” says the Professor of Chemistry at the University of California, Berkeley.

Yaghi admits that he did not join the field with the idea of making “useful materials.” What drew him instead was “the sheer beauty and challenge of crafting structures through the technique of stitching together the building blocks of chemistry.” But as is so often the case in the history of science, a basic research project embarked on with no fixed applications in mind has opened the door to technological solutions for many of the great environmental challenges of our times, and has expanded into an international endeavor involving hundreds of laboratories round the world.

To start with, Yaghi is convinced that MOFs are the best candidate materials for capturing CO₂ before it pollutes the atmosphere, thereby curbing emissions of the principal gas responsible for the greenhouse effect. The systems now being deployed for this purpose, as well as using toxic compounds, can cost power plants up to 40 percent of their energy output, since they rely on water being heated to high temperatures. By contrast, MOFs can be synthesized in a simple and environmentally clean manner, leading Yaghi to believe that their large-scale rollout will be viable in the mid-term future.

MOFs are also being mooted as a potentially effective strategy to develop a hydrogen-based green fuel. Research is still at the preliminary stages, but certainly

Al mismo tiempo, los MOF también prometen convertirse en una estrategia eficaz para el desarrollo de un futuro combustible verde basado en el hidrógeno. Aunque todavía está en una fase preliminar de investigación, la alta porosidad de estos materiales permite alojar las moléculas de este gas en mucho menos volumen, un avance que podría ser de gran interés para el desarrollo de vehículos limpios.

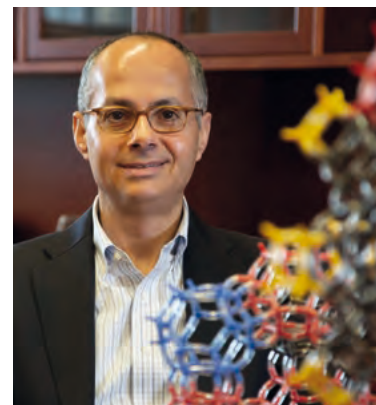
Pero probablemente la aplicación más inminente de la química reticular es su uso para cosechar agua potable del aire tras capturar moléculas de H₂O incluso en los ambientes más áridos del planeta, con menos de un 20 por ciento de humedad: «En la atmósfera hay muchísima agua y la posibilidad de capturarla tiene el potencial de resolver su escasez en las regiones más secas, e incluso de purificar el agua donde existe pero puede estar contaminada», asegura Yaghi. El químico galardonado ya ha conseguido diseñar un prototipo con MOF, cuyo éxito experimental ya se ha publicado en la revista *Science*, que permite almacenar moléculas de H₂O de la atmósfera en sus poros y posteriormente, tras calentarla con luz solar, convertirla en agua líquida. Yaghi está convencido de que en los próximos cinco años esta tecnología ya podrá instalarse en los desiertos para obtener agua.

En definitiva, los nuevos materiales que surgieron de la imaginación de este pionero motivado por la «pura belleza» de la química son hoy, en palabras del propio Yaghi, «sueños hechos realidad» que le hacen sentirse «como un niño en una tienda de dulces, tratando de descubrir qué estructuras podremos construir en el futuro» con el fin de resolver los grandes problemas de la humanidad.

the high porosity of these materials means hydrogen molecules could be concentrated into a far smaller volume, an advance that would bring the prospect of clean vehicles several steps closer.

But the most imminent application of reticular chemistry stands to be its use in “harvesting” drinking water from air through the capture of H₂O molecules, even in the world’s driest regions with less than 20 percent humidity. “There is a lot of water in the atmosphere,” Yaghi points out, “and trapping it could help us deal with shortages in the most arid regions, and even to purify water where it is available but might be undrinkable due to contamination.” The new laureate has designed a prototype MOF, successfully tested in an experiment reported in *Science*, whose pores can store H₂O molecules extracted from the air, which are then heated by sunlight to convert them to liquid water. Yaghi is convinced that in the next five years this water harnessing technology could be operating in the world’s deserts.

In sum, the new materials born from the imagination of this pioneer inspired by the “sheer beauty” of chemistry are nowadays, in Yaghi’s own words, “a dream come true.” This makes him feel, he confesses, “a bit like a kid in a candy shop, trying to figure out what new frameworks we can build in future” to solve humanity’s most pressing problems.



Más información:



More information:





Theodor W. Hänsch

Avelino Corma

Emmanuel Candès

J. Ignacio Cirac

Nigel Hitchin

Zakya H. Kafafi

Presidente del jurado

Es director de la División de Espectroscopia Láser en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania) y catedrático en la Facultad de Física de la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich. Investiga sobre física cuántica de los átomos ultrafríos y espectroscopia láser ultraprecisa. Su trabajo sobre esta última materia y la técnica peine de frecuencias ópticas le valió el Premio Nobel de Física 2005. Es medalla Frederic Ives (Sociedad Americana de Óptica) y Stern Gerlach (Sociedad Alemana de Física).

Secretario del jurado

Avelino Corma es profesor de investigación en el Instituto de Tecnología Química, un centro de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que Corma fundó en 1990 y dirigió hasta 2010. Sus líneas de investigación se basan en la catálisis heterogénea, materiales micro y mesoporosos, procesos químicos y química verde. Ha publicado más de novecientos artículos en revistas nacionales e internacionales y es autor de más de cien patentes.

Es catedrático de Matemáticas, de Estadística y de Ingeniería Electrónica en la Universidad de Stanford, donde es miembro del Instituto de Ingeniería Informática y Matemática. Sus áreas de investigación abarcan las matemáticas aplicadas, la estadística, la teoría de la información, el procesamiento de señales y la optimización matemática, con aplicaciones en ciencias de la imagen, computación científica y problemas inversos. Ha recibido, entre otras distinciones, el Premio Alan T. Waterman y el Premio George David Birkhoff.

Director de la División Teórica del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania), investiga en teoría cuántica de la información, en particular, en el desarrollo de un sistema de computación basado en mecánica cuántica que permitirá diseñar algoritmos más rápidos, facilitando comunicaciones más eficientes y seguras. Asimismo, trabaja en óptica cuántica y en sistemas cuánticos de muchos cuerpos. Autor de más de doscientos artículos es, entre otras distinciones, premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2008 en Ciencias Básicas y premio Wolf 2013.

Catedrático emérito Savilian de Geometría en la Universidad de Oxford (Reino Unido), sus líneas de investigación se centran en la geometría diferencial y en la algebraica, y su relación con la física teórica. Entre sus descubrimientos más notables está el sistema integrable Hitchin. Además, ha establecido una colaboración formal con el Grupo de Geometría del Instituto de Ciencias Matemática (ICMAT), en Madrid, a través del Laboratorio Donaldson-Hitchin. Entre otras muchas distinciones ha obtenido la Medalla Sylvester de la Royal Society, el Senior Berwick Prize y el Premio Pólya de la Sociedad Matemática de Londres.

Es catedrática adjunta del Departamento de Ingeniería Electrónica y Computacional de la Universidad Lehigh (Estados Unidos). Exdirectora de la División de Investigación en Materiales de la Fundación Nacional para la Ciencia, ha realizado estudios pioneros en OLED, células solares, óptica orgánica y tecnología electrónica mediante química física e investigación en química de los materiales. Editora jefe fundadora del *Journal of Photonics for Energy* es, entre otras distinciones, premio Hillebrand de la Sociedad Química de Washington.

Chair of the jury

Director of the Division of Laser Spectroscopy at the Max Planck Institute of Quantum Optics (Garching, Germany) and professor in the Faculty of Physics at the Ludwig Maximilian University of Munich. His research areas include 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. Holder of the Frederic Ives Medal (Optical Society of America) and the Stern Gerlach Medal (German Physics Society).

Secretary of the jury

Research Professor at the Instituto de Tecnología Química (ITQ), a joint research center of the Universitat Politècnica de València (UPV) and the Spanish National Research Council (CSIC), which Corma founded in 1990 and led up to 2010. His research interest centers on heterogeneous catalysis, micro and mesoporous materials, chemical processes and green chemistry. Author of more than 900 papers in Spanish and international journals, he has a total of over 100 patents to his name.

Professor of Mathematics, of Statistics and of Electrical Engineering, and a member of the Institute of Computational and Mathematical Engineering at Stanford University. His research interests are in computational and applied mathematics, statistics, information theory, signal processing and mathematical optimization with applications to the imaging sciences, scientific computing and inverse problems. His distinctions include the Alan T. Waterman Award and the George David Birkhoff Prize.

Director of the Theory Division of the Max Planck Institute of Quantum Optics (Garching, Germany), his research concerns the quantum theory of information, particularly the development of a quantum computing system which will enable the design of faster algorithms, the key to more efficient and secure communications. He also works in quantum optics and quantum many-body systems. Author of over 200 published papers, his distinctions include the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences, and the 2013 Wolf Prize.

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

Zakya H. Kafafi is an Adjunct Professor in the Department of Electrical and Computer Engineering at Lehigh University. A former Division Director of Materials Research at the National Science Foundation, she has pioneered studies on OLEDs, solar cells, organic optics and electronics technologies through physical chemistry and materials chemistry research. She is Founding Editor-in-Chief of *Journal of Photonics for Energy* and holds the Hillebrand Prize of the Chemical Society of Washington, among other honors.



Jurado / Jury

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas
(Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences
(Physics, Chemistry, Mathematics)

Carmen Menoni

Es *university distinguished professor* en el Departamento de Ingeniería Electrónica y Computacional de la Universidad Estatal de Colorado (Estados Unidos). Trabaja en el crecimiento y caracterización de materiales óxidos para el desarrollo de recubrimientos multicapas para láseres de alta potencia e investiga en el uso de haces coherentes de luz con longitudes de onda de entre 10 y 50 nanómetros para aplicaciones en microscopía, ablación y espectroscopía. Es R&D 100 Award y *fellow* del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), entre otras distinciones.

University Distinguished Professor in Electrical and Computer Engineering at Colorado State University (United States). She is engaged in the growth and characterization of high bandgap oxide materials for the engineering of interference coatings for high power lasers, and is also actively involved in using bright coherent beams of light of wavelengths between 10-50 nm for optics applications such as imaging, spectrometry and ablation. Among other distinctions, she holds an R&D 100 Award, and is a Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Martin Quack

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

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

Sandip Tiwari

Es titular de la Cátedra Charles N. Mellowes de Ingeniería en la Universidad de Cornell (Estados Unidos). Ha dirigido la Red Nacional de Infraestructura para la Nanotecnología (NNIN) (Estados Unidos). Ha sido profesor invitado en las universidades de Michigan, Columbia y Harvard, y fundador de la revista *Transactions on Nanotechnology*. Su investigación se centra en cuestiones que surgen al conectar grandes escalas (como la de los sistemas electrónicos integrados de gran tamaño) con la nanoescala, que obliga a aplicar conocimientos de ingeniería, física e informática.

Charles N. Mellowes Professor of Engineering at Cornell University (United States). Formerly director of the U.S. National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN) and visiting professor at Michigan, Columbia and Harvard universities, he was among the founders of the journal *Transactions on Nanotechnology*. His research focuses on the questions that arise when connecting large scales (like those of massively integrated electronic systems) to nanoscales, applying knowledge from engineering, physics and computing.

Xueming Yang

Es *distinguished fellow* en el Dalian Institute of Chemical Physics y catedrático y decano de Ciencia en la Universidad Meridional de Ciencia y Tecnología, y catedrático adjunto de Física Química en la Universidad de Ciencia y Tecnología de China. Investiga en la dinámica química experimental y en la espectroscopía en la fase gaseosa y en la interfaz. Ha desarrollado una nueva generación de instrumentos de espectroscopía molecular para estudiar los aspectos cuánticos en la dinámica de reacciones químicas. Es premio de Investigación Humboldt, entre otras distinciones.

Distinguished Fellow at the Dalian Institute of Chemical Physics of the Chinese Academy of Sciences, a chair professor and Dean of Science at the Southern University of Science and Technology, and Adjunct Professor in Chemical Physics at the University of Science and Technology of China. His main research interests are in the area of experimental chemical dynamics and spectroscopy in the gas phase and at the interfaces. He has developed a new generation of molecular beam instruments for quantum state resolved reaction dynamics studies. Holder of the Humboldt Research Award, among other honors.

Mención del acta

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas ha sido concedido en su décima edición a Omar Yaghi por su trabajo pionero en la concepción y síntesis de los nuevos materiales cristalinos MOF y COF, con gran impacto en la ciencia y en la ingeniería.

Omar Yaghi ha sido pionero en el diseño y desarrollo de nuevos materiales cristalinos: MOF (*metal-organic frameworks*), COF (*covalent organic frameworks*) y ZIF (*zeolitic imidazolate frameworks*). Estos materiales tienen un área de superficie muy alta y con aplicaciones potenciales de tanto interés como la captura y almacenamiento de hidrógeno, metano y dióxido de carbono, y la de moléculas de agua presentes en el aire para la producción de agua potable, además de la catálisis, almacenamiento de iones en dispositivos supercondensadores o el transporte de protones y electrones en marcos conductores.

Ha desarrollado una química basada en el ensamblaje de ladrillos moleculares que ha conducido a un crecimiento exponencial en la creación de nuevos materiales con una diversidad sin precedentes. El propio Yaghi ha bautizado este campo química reticular, y lo describe como «la unión de bloques moleculares mediante enlaces fuertes para formar extensas estructuras». Numerosos laboratorios en los centros de investigación y en la industria aplican ahora esta estrategia.

Excerpt from award citation

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences goes, in this tenth edition, to Omar Yaghi, for his pioneering work in the conception and synthesis of porous metal organic and covalent organic frameworks, MOFs and COFs, and their impact in science and engineering.

Omar Yaghi pioneered the design and development of new crystalline materials: metal organic frameworks (MOFs), covalent organic frameworks (COFs), and zeolitic imidazolate frameworks (ZIFs). These materials have a very high surface area with many potential applications including storage and separation of hydrogen, methane and carbon dioxide, capture of water from air for fresh water production, catalysis, the storage of ions in supercapacitor devices, and transport of protons and electrons in conductive frameworks.

The building block approach he developed has led to an exponential growth in the creation of new materials having a diversity previously unknown in chemistry. Yaghi himself termed this field reticular chemistry and defines it as “stitching molecular building blocks into extended structures by strong bonds.” This chemistry is now being practiced in numerous laboratories in academia and industry worldwide.

«La criptografía permite proteger nuestra intimidad y a la vez aprovechar las ventajas de la era digital».

“Cryptography allows us to protect our privacy while enjoying the benefits of the digital world we live in.”

Shafi Goldwasser

«Con la criptografía podemos lograr que la sociedad sea más segura sin perder privacidad».

“With cryptography we can make society safer without losing privacy.”

Silvio Micali

«La criptografía es una maravillosa fuente de problemas interesantes en apariencia irresolubles, pero para los que finalmente se encuentra una solución».

“Cryptography is a wonderfully rich source of interesting problems that seem unsolvable, but that you finally work out.”

Ronald L. Rivest

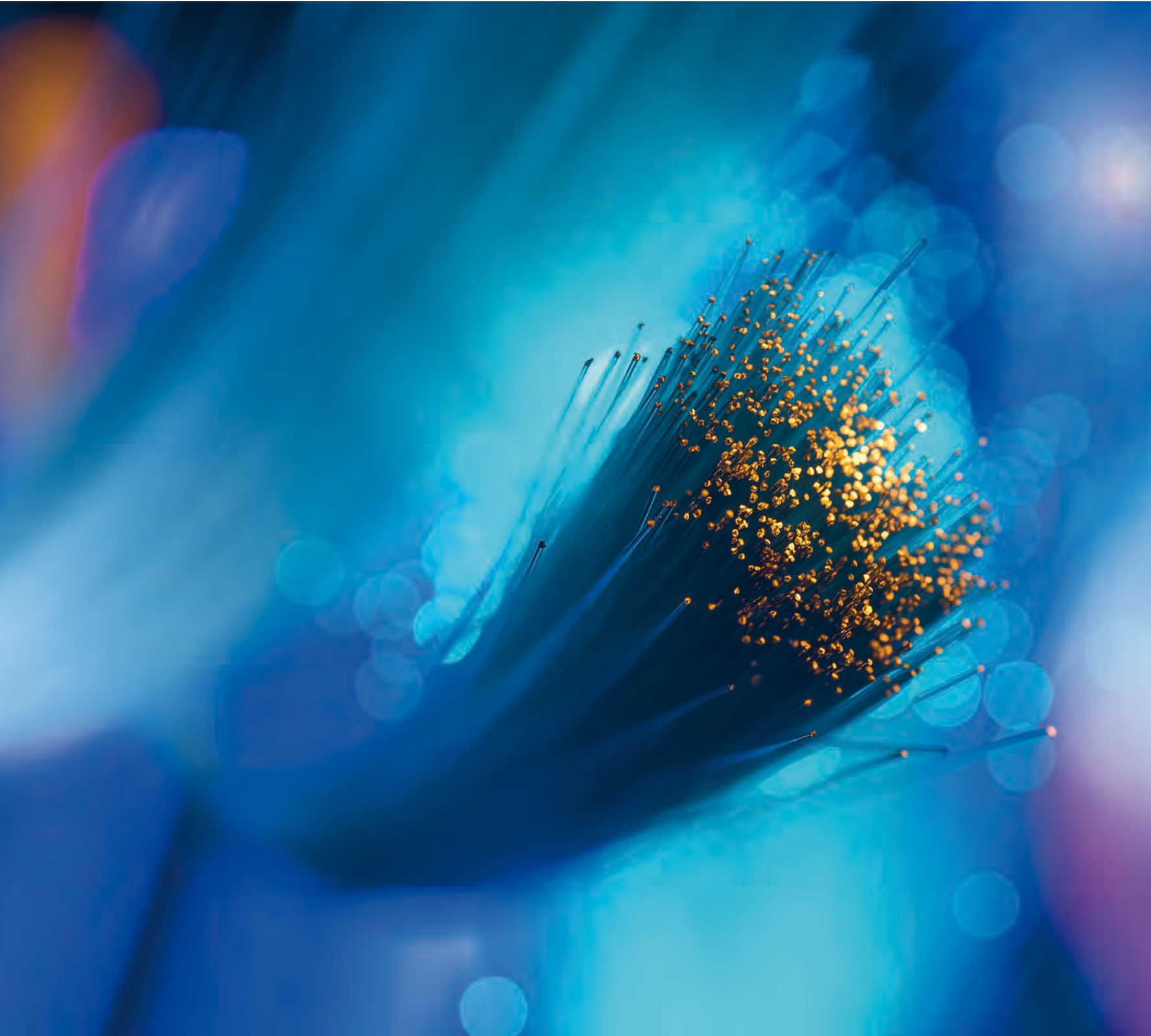
«Hemos avanzado mucho en la comprensión de los fundamentos de la seguridad criptográfica».

“We now have a deep understanding of the foundations of cryptographic security.”

Adi Shamir

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

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





Shafi Goldwasser Silvio Micali Ronald L. Rivest Adi Shamir

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

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

25

Criptografía para proteger a la sociedad digital

Una reina quiere enviar un cofre de joyas a su esposo, de viaje a un lejano castillo, pero no confía en su mensajero. ¿Cómo lo hace? La solución es la siguiente: primero el emisario va, sin el cofre, a recoger de manos del rey un candado abierto del que solo el monarca posee la llave; la reina cierra el cofre con ese candado y lo entrega al mensajero para que lo lleve al rey, el único que puede abrirlo. Por absurdo que parezca, la actual era digital apoya gran parte de su peso en la versión matemática de problemas como este. Así lo corroboran las historias de los criptógrafos Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Ronald Rivest y Adi Shamir.

Ellos han hecho posible —explica el acta— «la transmisión segura de información electrónica en ámbitos que abarcan desde el correo electrónico hasta las transacciones financieras. Su trabajo ha sentado además las bases de desarrollos como la firma digital, la tecnología *blockchain* y las criptomonedas». Sus aportaciones «resultan cruciales en el tejido de nuestra sociedad digital conectada».

A finales de los años setenta prácticamente solo los gobiernos manejaban información encriptada. En 1977, Rivest (Schenectady, Estados Unidos, 1947) y Shamir (Tel Aviv, Israel, 1952) investigaban junto con su colega Len Adleman en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) cómo reducir el riesgo de que fuera descubierta la clave con que se codifica un mensaje. Un año antes, otros matemáticos habían propuesto una manera: en vez de que emisor y receptor compartieran la misma clave —lo habitual hasta el momento—, que cada uno dispusiera de dos claves personales, una para encriptar y otra para lo contrario; la primera podría ser conocida por todos —el candado abierto del rey—, mientras que la segunda sería secreta, la llave que abre el candado.

Cryptography to the defense of the digital society

A queen wishes to send a treasure chest full of jewels to her husband traveling to a distant castle, but does not trust the messenger. What should she do? The answer is this: first the emissary visits the king, without the chest, and accepts from his hand an open padlock to which he alone holds the key; the queen locks the chest with this padlock and gives it to the messenger to deliver it to the king, the only one who can open it. Strange as it may seem, today's digital era rests largely on the mathematical version of problems like this. An assertion amply corroborated by the career stories of cryptographers Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Ronald Rivest and Adi Shamir.

It is to the efforts of these four that we owe, in the words of the jury, “the safe and secure transmission of electronic data, ranging from e-mail to financial transactions.” Additionally, “their work provides the underpinning for digital signatures, blockchains and cryptocurrencies,” and “is crucial to the fabric of our connected digital society.”

In the late 1970s, the use of encrypted information was practically the sole domain of governments. In 1977, Rivest (Schenectady, United States, 1947) and Shamir (Tel Aviv, Israel, 1952) were at MIT (Massachusetts Institute of Technology). Along with colleague Len Adleman, they were studying how to lower the risk of discovery of the key used to encrypt a message. The year before, other mathematicians had proposed a possible solution: rather than the sender and the recipient sharing the same key – till then the standard practice – each would have their own personal key, one to encrypt and the other to reverse the process; the first could be known to everyone – the king's open padlock – while the other would be secret – the key that unlocks it.

Goldwasser, Micali, Rivest y Shamir han sentado las bases y desarrollado la criptografía moderna. Su trabajo ha permitido el intercambio seguro de información electrónica, sea esta un correo electrónico o una transacción financiera, y ello ha hecho posible, a su vez, el despegue de la era digital.

Goldwasser, Micali, Rivest and Shamir founded and expanded the scope of modern cryptography. Their work has enabled the secure exchange of electronic data, whether contained in an e-mail or financial transaction, and is essential to the fabric of today's digital society.

La idea era brillante, pero nadie sabía cómo crear claves que funcionaran en ese modelo. Rivest, Shamir y Adleman tras meses de intenso trabajo conjunto —y de ocio compartido— dieron con una solución. Se basaba en el principio de que si un número es suficientemente alto es imposible hoy día hallar sus factores primos (los números primos que multiplicados entre sí dan ese número). Así, la clave pública es un número con muchos dígitos, y la clave secreta se construye con los factores primos de ese número.

Rivest, Shamir y Adleman bautizaron a su algoritmo con sus iniciales: RSA. Antes de publicarlo en una revista especializada en 1978, expusieron parte del trabajo en *Scientific American*, ofreciendo enviar el resto a quienes lo solicitaran. A pesar de que la NSA (Agencia Nacional de Seguridad) de los Estados Unidos —alarmada por el desarrollo de técnicas criptográficas no militares— intentó frenar la difusión del algoritmo, sus autores recibieron unas 7.000 peticiones y finalmente la agencia no pudo intervenir al estimarse que carecía de base legal para ello.

RSA se convirtió en el disparo de salida de la criptografía moderna. Los expertos aún admiran, por visionaria, la frase con que sus creadores comienzan su publicación: «La era del correo electrónico puede llegar pronto; debemos garantizar que se preservan dos propiedades importantes del actual correo de papel: que los mensajes sean privados y que se puedan firmar». Con RSA se consiguen estos y otros beneficios derivados, como operar de forma segura en la red: «Hoy día la seguridad de las transacciones *online* está basada en nuestra tecnología de encriptación», afirma Rivest, quien ha desarrollado toda su carrera en el MIT.

Cuando se publicó el método RSA, Goldwasser (Nueva York, Estados Unidos, 1958) y Micali (Palermo, Italia, 1954) eran estudiantes. En 1982 ambos coincidirían como doctorandos en la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos) en un curso inspirador. De hecho, fue una pregunta planteada por su profesor lo que conquistó a Goldwasser para la criptografía: ¿Cómo jugarías a cara o cruz por teléfono? La cuestión espoleó a ambos jóvenes, que ya en 1984 publicaron su primer trabajo, de enorme impacto, sobre si

The idea was a brilliant one, but no one was quite sure how to create keys that would work in this way. After months closeted together, Rivest, Shamir and Adleman came up with the answer, the underlying principle being that if a number is large enough, it is computationally infeasible to find its prime factors (any of the prime numbers that divide into it evenly). The public key is accordingly a number with multiple digits, while the secret or private key is made up of the same number's prime factors.

Rivest, Shamir and Adleman baptized their algorithm with their combined initials: RSA. Before writing up the result in a specialist journal in 1978, they published a partial account in *Scientific American*, offering to send the rest to anyone who requested it. Initially, the NSA (National Security Agency) tried to block the algorithm's distribution – alarmed at the development of cryptographic techniques outside military circles – but before long its authors had received around 7,000 requests, and the agency was judged to have no legal grounds to intervene.

RSA effectively fired the starting gun for modern cryptography. And still today, experts admire the visionary wording of the phrase with which its authors opened their paper: “The era of electronic mail may soon be upon us; we must insure that two important properties of the current ‘paper mail’ system are preserved: (a) messages are private, and (b) messages can be signed.” The RSA solution not only fulfills these conditions but provides other related benefits, like secure Internet browsing: “Our encryption technology is the lynchpin of today's online transactions,” says Rivest, who has spent his whole career at MIT.

Goldwasser (New York, United States, 1958) and Micali (Palermo, Italy, 1954) were still students at the time the RSA method was published. In 1982, both were enrolled at the University of California, Berkeley (United States) on what would prove an inspirational graduate course. In fact, it was a question posed by a professor there that, in her words, sold Goldwasser on cryptography: How would you toss a coin over the telephone? The quest for an answer set the two young researchers on the path leading to their first joint paper, published in 1982 to widespread attention,

es posible un juego de azar a distancia sin necesidad de confiar en un intermediario.

En esta publicación sientan uno de los pilares fundamentales del área: la demostración matemática de que un método de encriptación es de verdad indescifrable. «RSA propuso un sistema que nadie era capaz de romper, pero que tampoco nadie había demostrado que fuera indescifrable; demostrar que algo es seguro exige garantizar que ningún ataque futuro podría tener éxito», explica Micali, investigador del MIT.

Goldwasser y Micali también son autores de la *prueba de conocimiento cero*, según la cual es posible convencer de la veracidad de algo... sin tener que mostrar ese algo: un algoritmo básico tanto para los procesos de autenticación como para el uso de las criptomonedas. Otra de sus aportaciones permite aprovechar al máximo las posibilidades del *big data*, así por ejemplo, las entidades pueden en la actualidad proteger sus datos y a la vez compartirlos, de forma que se pueda computar con ellos.

Los cuatro galardonados son conscientes de los retos de la nueva sociedad digital. Goldwasser, investigadora en el MIT y catedrática en el Instituto Weizmann de Ciencias (Israel), opina que «las empresas deberían trabajar más en la aplicación de herramientas desarrolladas en la criptografía» que sí permiten compatibilizar la protección de la intimidad con la seguridad. Por su parte Shamir, actualmente también en el Weizmann, resalta que «el factor humano es con mucho el aspecto más inseguro de la red: cuando los *hackers* quieren penetrar en un sistema, incluso en los más protegidos, envían un correo bien diseñado al usuario de forma que, si lo abre, todos esos mecanismos de alta seguridad fallan».

Más información:



Shafi Goldwasser



Silvio Micali



Ronald L. Rivest



Adi Shamir

on whether it is possible to play a game of chance remotely without having to rely on an intermediary.

This paper would establish one of the foundational pillars of modern cryptography: the mathematical demonstration that an encryption method is truly indecipherable. “RSA proposed an encryption scheme that no one could break, but at the same time no one could prove was unbreakable. To prove a thing is secure, you need to go further, and ensure that no future attack can succeed,” explains Micali, a researcher at MIT.

Goldwasser and Micali are also co-authors of the “zero knowledge proof” showing that it is possible to convince an interlocutor of the truth of something... without revealing what that something is: an algorithm that underlies applications ranging from authentication processes to cryptocurrency transactions. Another of their contributions serves to maximally harness the power of Big Data by allowing organizations to simultaneously share and protect their data, so it can be aggregated for computational purposes.

The four co-laureates are aware of the challenges posed by the new digital society. Goldwasser, an MIT researcher and professor at the Weizmann Institute of Science (Israel), is of the view that “firms should do more to make use of the tools developed by cryptography,” which provide an effective balance between security and the protection of privacy. Shamir, currently also at the Weizmann Institute, is clear that “the human factor is by far the most insecure aspect of the Internet. When hackers want to penetrate a network, even one of the best protected, they send a well-crafted e-mail to the user. And if he or she clicks on the link, all those security mechanisms are going to fail.”

More information:



Shafi Goldwasser



Silvio Micali



Ronald L. Rivest



Adi Shamir





Georg Gottlob

Presidente del jurado

Es catedrático de Informática en la Universidad de Oxford (Reino Unido) y catedrático adjunto en Ciencias de la Computación en la Universidad Tecnológica de Viena (Austria). Investiga en algoritmos, teoría de bases de datos, inteligencia artificial y procesamiento de datos web, y particularmente en sus aplicaciones en optimización de búsquedas, teoría de juegos y comercio electrónico. Es *fellow* de la Royal Society y miembro de la Academia Austriaca de Ciencias, de la Academia Alemana de Ciencias (Leopoldina) y de la Academia Europaea.

Chair of the jury

Professor of Computer Science at the University of Oxford and Adjunct Professor of Computer Science at Vienna University of Technology (TU Wien) (Austria). His research interests lie in algorithms, database theory, artificial intelligence and web data processing, with applications in query optimization, game theory and electronic commerce. He is a Fellow of the Royal Society, and a member of the Austrian Academy of Sciences, the German Academy of Sciences (Leopoldina) and the Academia Europaea.



Mario Piattini

Secretario del jurado

Es catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Castilla-La Mancha (España) y director del Grupo de Investigación Alarcos, especializado en calidad de los sistemas de información. Sus áreas de trabajo incluyen la calidad en el desarrollo de *software*, ingeniería de negocio, nuevas tendencias de reingeniería y sostenibilidad. Es director fundador del Instituto de Tecnologías y Sistemas de Información de la Universidad de Castilla-La Mancha. Es, entre otras distinciones, Premio Nacional de Informática 2016 en la categoría Aritmel.

Secretary of the jury

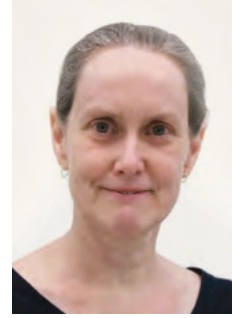
Professor of Computer Languages and Systems at the University of Castilla-La Mancha, and leader of the Alarcos Research Group, focusing on the quality of information systems. His areas of interest include quality in software development, business engineering, new directions in reengineering and sustainability. He is founding director of the Instituto de Tecnologías y Sistemas de Información (ITSI) at the University of Castilla-La Mancha. Among other distinctions, he holds the 2015 National Computing Award in the "Aritmel" category.



Regina Barzilay

Es catedrática Delta Electronics del Departamento de Ingeniería Electrónica y Ciencias de la Computación y miembro del Laboratorio de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Estados Unidos). Sus áreas de investigación comprenden el procesamiento del lenguaje natural y las aplicaciones del aprendizaje profundo en química y en oncología. En 2017 recibió una Beca MacArthur y es, entre otras distinciones, NSF Career Award de la Fundación Nacional de la Ciencia estadounidense y *fellow* de la Asociación para el Avance de la Inteligencia Artificial.

Delta Electronics Professor in the Department of Electrical Engineering and Computer Science and a member of the Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory at the Massachusetts Institute of Technology (United States). Her research interests are in natural language processing, and applications of deep learning to chemistry and oncology. Awarded a MacArthur fellowship in 2017, she also holds the NSF Career Award of the National Science Foundation and is a Fellow of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence.



Liz Burd

Es vicerrectora de Aprendizaje y Enseñanza en la Universidad de Newcastle (Australia). Experta en Ciencias de la Computación, entre 2010 y 2012 fue vicepresidenta de Actividades Educativas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), un puesto que le ha permitido promover internacionalmente la enseñanza en las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería. Es receptora de un premio National Teaching Fellowship, y del galardón 2008 IEEE Computer Science and Engineering Undergraduate Teaching Award.

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



Ron Ho

Es director sénior de Ingeniería en Intel, donde dirige al equipo responsable de construir los circuitos de comunicación de alta velocidad, que son básicos para los sistemas de computación a gran escala y los centros de datos. Empezó su carrera en 1993, construyendo microprocesadores en Intel y trabajando en el diseño del 80486, Pentium, Pentium 2 e Itanium 3. A continuación se incorporó como Distinguished Engineer a Sun Microsystems y en 2010 se convirtió en el primer arquitecto de *hardware* de Oracle. Es titular de sesenta patentes y autor de más de cien artículos sobre circuitos y sistemas.

Senior Director of Engineering at Intel Corporation, where he leads a team responsible for building the high-speed communication circuits central to large-scale computer systems and data centers. He started his career in 1993 building microprocessors at Intel, working as a designer on the 80486, Pentium, Pentium 2 and Itanium 3 processors. He was later named a Distinguished Engineer at Sun Microsystems, and in 2010 became the first Hardware Architect at Oracle. He has over 60 issued U.S. patents and has published over 100 technical papers on circuits and systems.



Rudolf Kruse

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

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



Joos Vandewalle

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

President of the Royal Flemish Academy of Sciences and Arts of Belgium and Emeritus Professor in the Department of Electrical Engineering at KU Leuven (Belgium), where he headed a division working on signals, identification, system theory and automation, computer security and industrial cryptography. His research centers on mathematical system theory and its applications, circuit theory, control and optimization, signal processing and neural networks. He is a Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Tecnologías de la Información y la Comunicación en su décima edición ha sido concedido a Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Ron Rivest y Adi Shamir por sus contribuciones fundamentales a la criptología moderna, un área con un tremendo impacto en nuestra vida cotidiana. Sus avanzados protocolos de encriptación han hecho posible la transmisión segura de información electrónica en ámbitos que abarcan desde el correo electrónico hasta las transacciones financieras. Su trabajo ha sentado además las bases de desarrollos como la firma digital, la tecnología *blockchain* y las criptomonedas.

Las sociedades humanas siempre han necesitado comunicaciones seguras y esa necesidad se ha vuelto más acuciante con el creciente predominio de la transferencia electrónica de mensajes y datos. El desarrollo y difusión de ordenadores cada vez más potentes facilita, además, los ataques informáticos. Por ello, el diseño de protocolos abiertos de comunicación representa un gran desafío para la investigación, al que han hecho frente de manera admirable los galardonados. Su investigación criptológica ha creado conceptos y métodos revolucionarios en diversas áreas de las matemáticas y de la teoría de la computación, incluyendo las áreas de algoritmos y de teoría de la complejidad.

A lo largo de cuatro décadas Adi Shamir y Ron Rivest generaron una serie de protocolos seguros de vital importancia, que han acabado definiendo la criptografía moderna. En 1978 crearon junto a Leonard Adelman el algoritmo RSA, uno de los primeros algoritmos seguros de clave pública. RSA se basa en la dificultad de factorizar el producto de dos números primos muy altos, y aún hoy es ampliamente utilizado. Más tarde, Shamir formalizó conceptos como la compartición de secretos y el criptoanálisis diferencial, que están en la base de las estrategias actuales contra la ruptura de códigos. Rivest inventó la encriptación de clave simétrica RC y las funciones criptográficas MD, tan prevalentes en los métodos modernos de distribución de *software*.

Shafi Goldwasser y Silvio Micali extendieron la criptografía más allá de garantizar la seguridad de las comunicaciones, inventando elegantes y originales nociones. Entre ellas figuran la teoría de la pseudoaleatoriedad — que simplificó la escritura de protocolos seguros —, la prueba de conocimiento cero — esencial en aplicaciones cruciales que van desde la autenticación de los usuarios al bitcoin — y la computación multiparte segura.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Information and Communication Technologies goes, in this tenth edition, to Shafi Goldwasser, Silvio Micali, Ron Rivest, and Adi Shamir, for their fundamental contributions to modern cryptology, an area which has had a tremendous impact on our everyday life. Their advanced crypto-protocols enable the safe and secure transmission of electronic data, ranging from e-mail to financial transactions. In addition, their work provides the underpinning for digital signatures, blockchains and cryptocurrencies.

Human societies have always needed secure communication, and the increasing prevalence of electronic and remote messaging and data transfer has made this need more acute. Moreover, the easy availability of powerful computers facilitates the hacking of codes. For these reasons, the design of openly available communication protocols represents a great research challenge, which was tackled superbly by the awardees. Their cryptologic research created groundbreaking concepts and methods in diverse branches of mathematics and theoretical computer science, including algorithms and complexity theory.

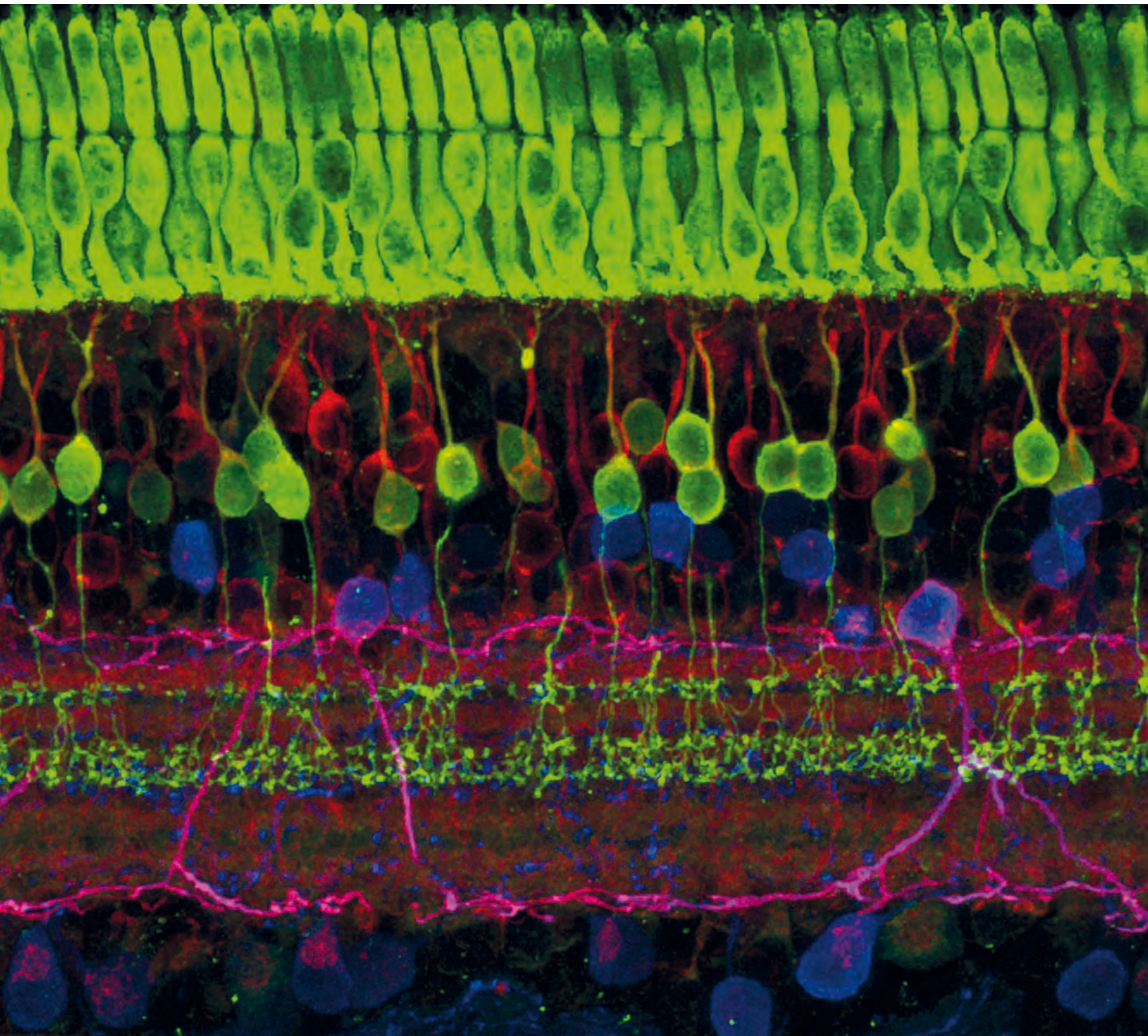
Adi Shamir and Ron Rivest contributed, over four decades, a collection of profoundly important secure protocols that defined the face of modern cryptography. In 1978, along with Len Adelman, they designed the RSA algorithm, one of the first and still widely-used secure public-key algorithms, which relies on the difficulty of factoring the product of two large prime numbers. Later Shamir formalized concepts such as shared secrets and differential cryptanalysis, which form the basis of much of today's code-breaking. Rivest invented the eponymous RC symmetric key encryption and MD cryptographic hashes so prevalent in modern methods of software distribution.

Shafi Goldwasser and Silvio Micali expanded the scope of cryptography beyond its traditional goal of secure communication, contributing to the invention of several elegant and original notions. These include the theory of pseudo-randomness, which simplified the computational complexity of secure protocols; zero-knowledge interactive proofs that underlie critical applications from user authentication to bitcoin; and secure multiparty computation.

«Incluso teniendo en mente el cáncer, la prioridad tiene que ser siempre hacer ciencia básica».

“Even having cancer applications in the back of your head, the priority still has to be good basic science.”

James P. Allison





James P. Allison

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Biomedicina

La esperanza de la inmunoterapia contra el cáncer

Hace unos años, el inmunólogo estadounidense James P. Allison recibió una llamada de un colega oncólogo en el MD Anderson Cancer Center de la Universidad de Texas. Le pedía que bajara a su despacho; quería presentarle a alguien. Allison cuenta que vivió entonces «uno de los mejores momentos» de su vida, al conocer a una superviviente de cáncer con hijos pequeños a la que quince años atrás habían pronosticado una muerte próxima. La investigación de Allison ha permitido tratar con éxito a una parte sustancial de pacientes con tumores antes incurables y ha abierto, además, una de las líneas de investigación consideradas hoy día más esperanzadoras en oncología: la inmunoterapia.

«Es bastante insólito que un investigador básico logre ver las aplicaciones de su trabajo e incluso conocer a personas a las que han ayudado sus descubrimientos», declara Allison (Texas, Estados Unidos, 1948). Haber tenido ese raro privilegio «me motiva a hacer todo lo posible para que estas terapias funcionen».

Como explica el acta del jurado, Allison fue el primero en demostrar que la inmunoterapia puede tratar el cáncer de forma efectiva, abriendo así una vía que «ha proporcionado beneficios clínicos a muchos pacientes» y ha «estimulado el desarrollo de toda una nueva clase de fármacos».

La inmunoterapia se basa en potenciar la capacidad del sistema de defensa del organismo para combatir y eliminar las células cancerosas de manera específica. Es una estrategia que llevaba décadas probándose sin éxito hasta que, a mediados de los noventa, Allison descubrió un aspecto clave de las células T, las encargadas de atacar las células tumorales.

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Biomedicine

Cancer immunotherapy. A new hope

Some years ago, the U.S. immunologist James P. Allison got a call from an oncologist colleague at the University of Texas MD Anderson Cancer Center. He asked him to come down to his office; there was someone wanting to meet him. Allison describes what he then experienced as “one of the greatest moments” of his life, meeting a cancer survivor with young children who fifteen years earlier had been given just a short time to live. Allison’s research is behind the successful treatment of a substantial proportion of patients suffering previously incurable cancers, and has opened up what is now considered among the most promising directions in oncology: the technique known as immunotherapy.

“It’s pretty rare for a basic scientist to get to see the application of their findings, and even to meet people they have helped through their discoveries,” remarks Allison (Texas, United States, 1948). Having had that privilege, he adds, “encourages me to do all I can to ensure these therapies work.”

Allison, the jury’s citation notes, was the first to demonstrate that immunotherapy can be effective against cancer, pioneering an approach that “has provided clinical benefit to many cancer patients,” and “stimulated the development of a whole new class of drugs.”

Immunotherapy works by mobilizing the system’s natural defenses to combat and eliminate specific cancer cells. Various runs had been made at this strategy, but without success until Allison’s discovery, in the mid-1990s, of a key mechanism in the functioning of the immune system T cells responsible for fighting tumor cells.

La idea de combatir el cáncer atacándolo con el sistema inmune del propio paciente se probó durante décadas, pero solo empezó a funcionar cuando Allison, a mediados de los años noventa, hizo un descubrimiento básico que resultó clave. Aunque queda mucho por mejorar, numerosos pacientes se han beneficiado ya de los nuevos fármacos basados en la inmunoterapia.

Fighting cancer by attacking it with the patient's own immune system had been attempted for decades, but had failed to work until Allison made his basic science breakthrough in the mid-1980s. Although much remains to be done, many patients alive today have benefited from treatment with new immunotherapy-based drugs.

Ya se sabía, por trabajos del propio Allison, que las células T actúan solo tras la activación de dos interruptores celulares específicos. Pero eso no bastaba para vencer el cáncer. El sistema inmune está muy finamente regulado por señales de activación y freno para impedir que se vuelva contra su propio organismo, y Allison lanzó la hipótesis de que, en el caso de las células T, faltaba por identificar uno de esos frenos. Tenía razón: en 1996 descubrió en ratones que, si se bloquea una molécula llamada CTLA-4, las células T multiplican su poder y el sistema inmune acaba con el cáncer. CTLA-4 era la señal inhibidora que faltaba, y bloquearla equivalía a levantar el pie del freno.

Este resultado no bastó inicialmente para interesar a la comunidad científica por la inmunoterapia. En el pasado ya hubo muchos tratamientos basados en la activación del sistema inmune que habían funcionado solo en ratones. «El escepticismo inicial fue una reacción al exceso de optimismo generado anteriormente por la inmunoterapia —explica Allison—. Hubo numerosos fracasos porque no se había hecho antes la ciencia básica necesaria. Aún no se sabía que existían frenos en el sistema inmune. Muchos se dieron por vencidos; decían que la inmunoterapia había generado expectativas exageradas y que jamás funcionaría».

Aun así, los ensayos con humanos comenzaron en 2001, y para sorpresa de la mayoría dieron muy buenos resultados que redundaron en la aprobación, en 2011, del primer fármaco oncológico basado en la activación del sistema inmune, indicado contra el melanoma metastásico. Este tratamiento —el ipilimumab— logra tasas de supervivencia de en torno a diez años en alrededor del 20 por ciento de pacientes. Son datos que, además de premiar la perseverancia de Allison, han promovido un cambio de paradigma, convirtiendo la inmunoterapia en una de las áreas de investigación hoy más activas en oncología.

Se trata de un abordaje potencialmente efectivo contra muchos tipos de tumores porque, como afirma Allison, «no combatimos el cáncer directamente, sino que hacemos que el sistema inmunitario lo ataque». Ya hay varios fármacos aprobados que buscan aumentar el porcentaje de pacientes de melanoma que se benefician de la inmunoterapia y que se muestran

Allison's own work had already revealed that mobilizing T cells requires the activation of two specific cell switches. But this was not enough in itself to defeat cancer. The immune system is tightly regulated by start signals and brakes to prevent it turning against the host organism, and Allison conjectured that, in the case of T cells, one of these brakes was still to be identified. And he was right. In 1996, in experiments with mice, he found that blocking a molecule called CTLA-4 multiplied the T cells' power, allowing the immune system to eradicate the cancer cells. CTLA-4 was the missing inhibitor, and blocking it was the equivalent of lifting a foot off the brake.

This result did not immediately convince the scientific community of the virtues of immunotherapy. Numerous attempts had been made in the past to treat disease through immune system activation, but they had only worked in mice. "This initial skepticism was a reaction to the excessive optimism of the early days of immunotherapy," Allison explains. "There were a lot of failures because scientists hadn't really worked out the basic science. They didn't realize that there are these brakes built into the immune system. People just gave up, saying immunotherapy was basically hype and was never going to work."

Even so, clinical trials in humans got under way in 2001, and, to most people's surprise, yielded hugely encouraging results, leading to the approval, in 2011, of the first anti-cancer drug that works by activating the immune system, for the metastatic melanoma indication. The drug in question — ipilimumab — produces a ten-year survival rate of around 20 percent. A statistic that is not just a testament to Allison's perseverance, but also marks a paradigm shift that has made immunotherapy one of the most active areas in oncology.

The approach, moreover, is potentially effective against multiple types of tumors, because, as Allison says, "we don't tackle the cancer directly, we get the immune system to attack it." A number of approved drugs look set to boost the percentage of melanoma sufferers who can benefit from immunotherapy, as well as showing effectiveness in patients with lung, kidney, bladder, and head and neck cancers. Among

efectivos también contra el cáncer de pulmón, riñón, vejiga y tumores de cabeza y cuello. Una de sus ventajas es que generan respuestas duraderas e incluso, en algunos pacientes, la desaparición del tumor: el valor añadido del hecho de que el sistema inmune tiene memoria y reconoce las células tumorales si aparecen en el futuro. Además, estos fármacos tienen, por lo general, menos efectos secundarios.

No obstante, la inmunoterapia no es la panacea, se apresura a recordar Allison. Por ahora, y sin que se sepa aún la razón, es efectiva solo en un porcentaje de pacientes. Y tampoco está claro cómo algunos tumores logran bloquear el sistema inmune o hacerse *invisibles* para él. Por eso «es tan importante seguir haciendo buena investigación básica en este campo, estudiando por qué la inmunoterapia no funciona en todos, buscando marcadores para predecir quién responderá al tratamiento y quién no».

El propio Allison empezó su carrera como investigador básico: «Tenía un interés personal en el cáncer, porque cuando era niño perdí a mi madre por esta enfermedad y después a mi hermano y a dos de mis tíos; pero quería comprender primero el funcionamiento de las células T para luego intentar aplicar las lecciones de esta investigación básica al desarrollo de terapias contra el cáncer».

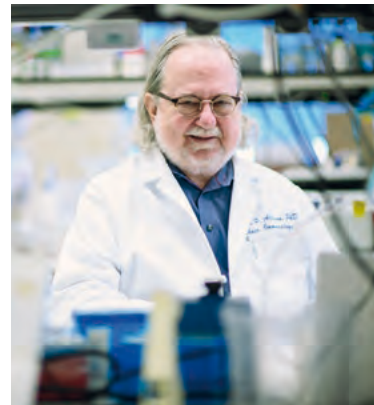
Tras muchos años de trabajo, ha logrado su objetivo. Ahora trabaja en el MD Anderson con su colega y esposa Padmanee Sharma, estudiando tejidos de pacientes que participan en un centenar de ensayos clínicos para analizar todos los detalles moleculares e intentar comprender por qué la inmunoterapia funciona cuando lo hace, y viceversa. En su opinión, «en el futuro la inmunoterapia formará parte del arsenal terapéutico contra muchos tipos de cáncer en combinación con quimioterapia y/o radioterapia. Sí creo que de esta forma lograremos curar a la mayoría de los pacientes, espero que incluso alcanzando hasta el 60 o 90 por ciento de los casos en algunos tipos de cáncer».

their advantages is that the response is lasting and may even lead, in some patients, to tumor remission; because the immune system has a memory, and will recognize the cancer cells if they reappear. And an added benefit is that treatments generally have fewer side effects.

But immunotherapy is not a panacea, Allison hastens to point out. For some as yet unknown cause, it still only works in a given percentage of patients. Nor do we understand how certain tumors manage to evade the immune system by making themselves “invisible.” So all the more reason, as Allison says, “to keep on doing the basic research, to find out why immunotherapy falls down in some cases, looking for some sort of marker or sign so we can predict who is going to respond or not.”

Allison himself started out as a basic researcher: “I had a personal interest in cancer, because I lost my mother to it when I was a small child, and later my brother and two of my uncles. But I first wanted to figure out how T cells worked, so I could maybe apply the lessons of this basic research to come up with a cancer therapy.”

After long years of striving, he has achieved his goal. He now works at MD Anderson, with his wife and colleague Padmanee Sharma, studying the tissues of patients who have taken part in approximately one hundred clinical trials, to probe the molecular details and arrive at an understanding of why immunotherapy works when it does, and vice versa. In his opinion: “Immunotherapy will in future be a part of all cancer treatments, in combination with chemotherapy or radiation. I am optimistic that we will learn to put the right things together to cure a majority of patients, maybe even reaching from 60 or 90 percent of cases in some kinds of cancers.”



Más información:



More information:





Angelika Schnieke

Presidenta del jurado

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

Chair of the jury

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



Óscar Marín

Secretario del jurado

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

Secretary of the jury

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



Dario Alessi

Es director de la Unidad de Fosforilación y Ubicuitilación de Proteínas, un proyecto del Consejo de Investigación Médica británico en la Facultad de Ciencias de la Vida de la Universidad de Dundee (Reino Unido). Investiga sobre transducción de señales relevantes para comprender el cáncer, la diabetes y los trastornos neurodegenerativos: las alteraciones de la fosforilación proteínica aparece vinculada a este tipo de enfermedades. Autor de más de doscientas publicaciones, es *fellow* de la Royal Society además de Francis Crick Prize Lecture, y obtuvo la Medalla de Oro de la Organización Europea de Medicina Molecular (EMBO).

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



Hagan Bayley

Es catedrático de Biología Química en el Departamento de Química de la Universidad de Oxford. Trabaja en el diseño y desarrollo de poros para biosensores estocásticos, el estudio de la química covalente a nivel de moléculas individuales, la secuenciación ultrarrápida de biopolímeros y la fabricación de tejidos sintéticos. Ha creado dos empresas relacionadas con su investigación: Oxford Nanopore y OxSyBio. Es, entre otras distinciones, premio Chemistry World al Emprendedor del Año (Real Sociedad de Química) y Medalla Menelaus de la Sociedad Científica de Gales.

Professor of Chemical Biology at the University of Oxford. His laboratory works on the development of engineered pores for stochastic sensing, the study of covalent chemistry at the single molecule level, ultrarapid biopolymer sequencing and the fabrication of synthetic tissues. He has founded two companies to develop his research: Oxford Nanopore and OxSyBio. Holder of the Chemistry World Entrepreneur of the Year Award (bestowed by the Royal Society of Chemistry) and the Menelaus Medal of the Learned Society of Wales.



Lélia Delamarre

Es jefa de grupo en el Departamento de Inmunología del Cáncer de Genentech, en California, donde explora nuevas maneras de ampliar la respuesta antitumoral de las células T a través de la sensibilización primaria. Su grupo ha contribuido a la identificación de mutaciones específicas del cáncer, también llamadas neo-antígenos, 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.

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



Robin Lovell-Badge

Es director del Laboratorio de Biología de las Células Madre y Genética del Desarrollo del Instituto Francis Crick (Reino Unido). Investiga en las vías genéticas que inducen las diferencias hombre-mujer. Además estudia el desarrollo del sistema nervioso y la biología de las células madre en el embrión, el sistema nervioso central y la pituitaria. Autor de más de doscientos artículos, revisiones y comentarios, es *fellow* de la Royal Society y miembro del Consejo de Dirección de la Public Library of Science (PLOS), así como Comendador de la Orden del Imperio Británico.

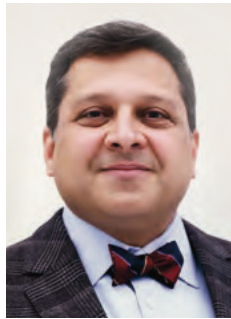
Head of the Laboratory of Stem Cell Biology and Developmental Genetics at the Francis Crick Institute (London, United Kingdom), his research focuses on the genetic pathways leading to male-female differences. He is also interested in the development of the nervous system, and the biology of stem cells within the early embryo, the central nervous system and the pituitary. Author of over 200 papers, reviews and commentaries, he is a Fellow of the Royal Society, a member of the Board of Directors of the Public Library of Science (PLOS), and a Commander of the Order of the British Empire.



Ursula Ravens

Es profesora titular del Departamento de Fisiología de la Universidad Tecnológica de Dresde (Alemania) y del Instituto de Medicina Cardiovascular Experimental de la Universidad de Friburgo. 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 *fellows* de la Asociación Americana del Corazón, entre otras distinciones.

Senior Professor in the Department of Physiology of the Technical University of Dresden (TUD), and at the Institute of Experimental Cardiovascular Medicine of the University of Freiburg. 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

Es titular de la Cátedra Robert Francis Furchgott de Bioquímica y Pediatría, director del Departamento de Bioquímica y Genética Molecular, y director del Centro de Epigenética Simpson Querrey de la Facultad de Medicina Feinberg, en la Universidad Northwestern. 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 Furchgott Professor of Biochemistry and Pediatrics, Chairman of the Department of Biochemistry and Molecular Genetics and Director of the Simpson Querrey Center for Epigenetics at Northwestern University Feinberg School of Medicine, 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.



Bruce Whitelaw

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

Deputy Director (Partnerships) and Genus Chair of Animal Biotechnology at the Roslin Institute and the Royal (Dick) School of Veterinary Studies (RDSVS), both part of the University of Edinburgh. A pioneer in the use of lentivirus vectors for transgene delivery, he is now working on a robust methodology for genome editing in livestock, in order to combat infectious disease in animals and evaluate new treatments for human disease. He is Editor-in-Chief of *Transgenic Research*, and has worked with the World Organization for Animal Health.

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Biomedicina

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Biomedicine

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Biomedicina en su décima edición ha sido concedido a James P. Allison, cuya investigación ha llevado a activar el sistema inmune para que combata el cáncer en pacientes, así como al desarrollo de nuevas terapias.

Allison caracterizó una molécula llamada CTLA-4 presente en la superficie de las células T, una importante clase de células inmunitarias que matan las células cancerosas. Allison demostró que la molécula CTLA-4 normalmente actúa como freno del sistema inmune. Sus experimentos seminales en ratones demostraron que al bloquear esta molécula con anticuerpos las células T quedan liberadas, lo que conduce a la supresión de las células tumorales. Esta estrategia ha beneficiado ya a muchos pacientes y ha estimulado el desarrollo de toda una nueva clase de fármacos que emplean el sistema inmune para combatir el cáncer.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biomedicine goes, in this tenth edition, to James P. Allison, for work that led to harnessing the immune system to combat cancer in patients and the development of new therapies.

Allison characterized a molecule called CTLA-4, which is displayed on the surface of T cells, an important class of cells in the immune system that can kill cancer cells. He showed that CTLA-4 normally acts as a brake on this function. In seminal experiments carried out in mice, he demonstrated that blockage of CTLA-4 with antibodies unleashes T cells, leading to the elimination of tumor cells. This approach has now provided clinical benefit to many cancer patients, and has stimulated the development of a new class of drugs employing the immune system to fight cancer.

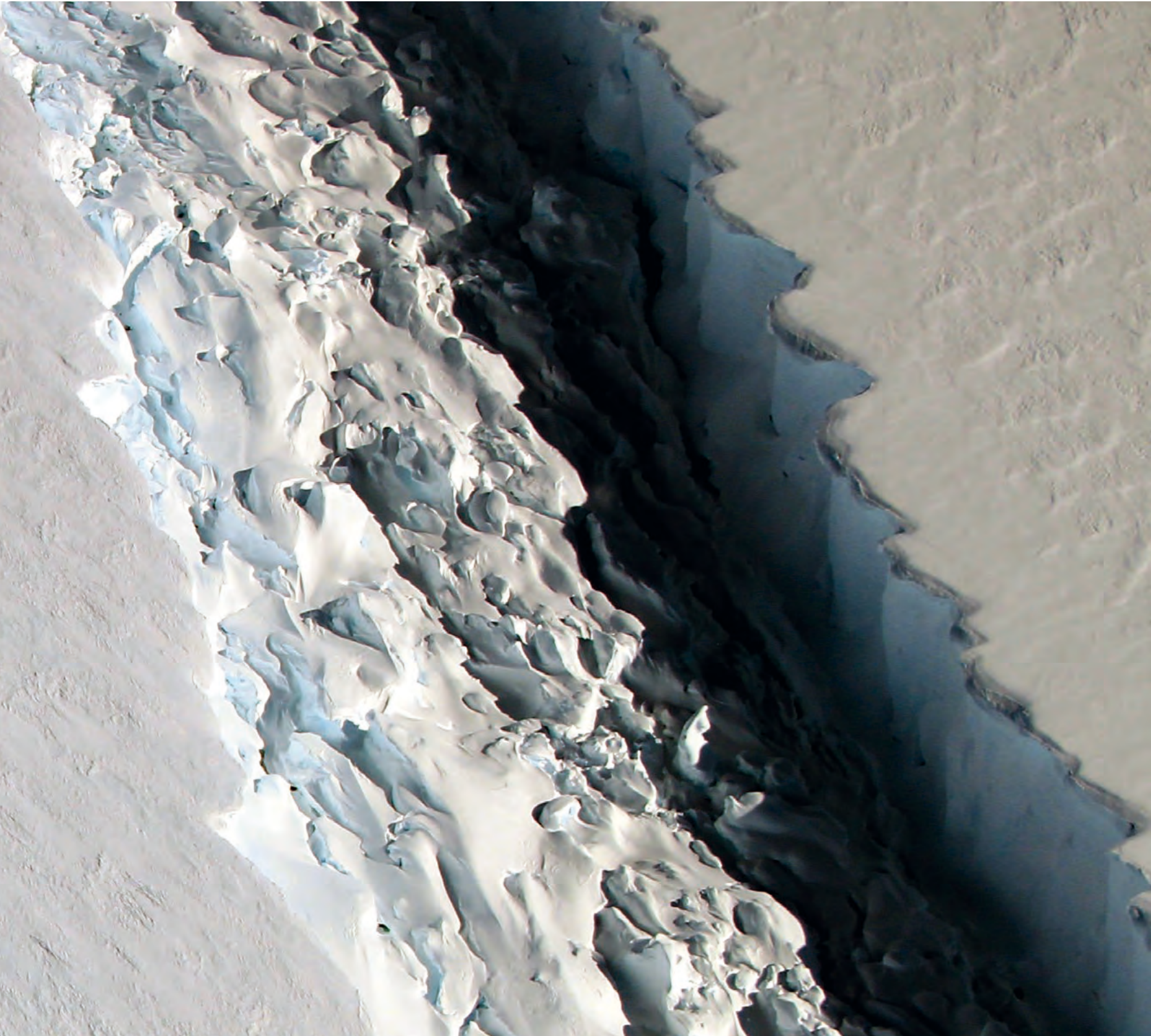
«No conozco a ningún investigador serio que piense que estamos haciendo lo suficiente para detener el cambio climático».

“I do not know of any serious thinkers who believe we are doing enough to halt climate change.”

William Nordhaus

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Climate Change





William Nordhaus

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Climate Change

41

Cómo evitar el *casino* del cambio climático

Que el cambio climático afecta a la economía se considera hoy incuestionable. Pero no siempre fue así. En los años setenta, cuando se empezaban a conocer los efectos de la huella humana sobre el planeta, el aumento de la temperatura global por las emisiones de gases de efecto invernadero estaba lejos de ser visto como un problema económico. El joven economista William Nordhaus (Nuevo México, Estados Unidos, 1941) investigaba por entonces qué factores frenan el crecimiento económico. Sabía bien, con el antecedente de la crisis del petróleo de 1973, que la energía era uno de esos factores; pero hizo falta un fin de semana en los Alpes en compañía de un climatólogo para que Nordhaus decidiera investigar el vínculo entre energía, emisiones de dióxido de carbono (CO₂), clima y economía.

Nordhaus creó así el primer modelo que, como explica el acta del jurado, «integra las aportaciones de la ciencia del clima, la tecnología y la economía con el fin de responder a la pregunta de qué debe hacer el mundo para poner límites al cambio climático». Y de paso fundó el área, hoy enormemente activa, de la economía del cambio climático.

En 1974 Nordhaus, titular ya de una cátedra en la Universidad de Yale, pasó un año investigando sobre crecimiento económico en el IIASA (siglas en inglés del Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados), en Viena, donde compartía despacho con el meteorólogo Allan Murphy. El contexto es el de una comunidad internacional que empieza a tomar conciencia de la gravedad de los problemas ambientales: en 1970 se había celebrado el primer Día de la Tierra en Estados Unidos, y en 1972 la ONU organizó la Conferencia de Estocolmo, la primera gran cumbre internacional sobre medio ambiente. Syukuro

How to step away from the climate change “casino”

That climate change is bad for the economy is now a given. But it wasn't always that way. In the 1970s, when the effects of the human imprint on our planet were beginning to emerge, the rise in global temperature due to greenhouse gas emissions was not even remotely considered to be an economic problem. William Nordhaus (New Mexico, United States, 1941) was then a young economist working on identifying the brakes on economic growth. With the 1973 oil crisis fresh in everyone's memory, he was well aware that energy was one such brake. But it would take a weekend in the Alps in the company of a climatologist for Nordhaus to turn his academic attention to the relationship between energy, carbon dioxide (CO₂) emissions, climate and the economy.

What Nordhaus came up with was the first model which, in the words of the jury, “integrates climate science, technology, and economics to address the critical question: What should the world do to limit climate change?” And, in doing so, he inadvertently founded the now supremely active field of climate change economics.

In 1974, Nordhaus, by now a professor at Yale University, spent a year researching into economic growth at the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Vienna, where he shared an office with the climatologist Allan Murphy. To give some background, the international community was only just waking up to the severity of the diverse threats facing the environment. 1970 saw the first ever Earth Day celebration in the United States, and in 1972 the United Nations organized the Stockholm Conference, the first major international summit on environmental topics. Syukuro Manabe – winner of the Frontiers of Knowledge Award in its 9th edition – had by then

Nordhaus creó a principios de los noventa el primer modelo que relaciona economía y clima. Este programa y sus descendientes son hoy indispensables para evaluar la eficacia de las estrategias contra el cambio climático. Su principal recomendación es gravar las emisiones de CO₂.

In the early 1990s, Nordhaus developed the first model linking climate science and economics. This program and its offshoots are nowadays essential tools for assessing the effectiveness of strategies against climate change. Its main recommendation is to tax CO₂ emissions.

Manabe — ganador del Premio Fronteras del Conocimiento en su IX edición — ya había creado el primer modelo computacional que predijo el calentamiento del planeta por el aumento de CO₂ en la atmósfera.

En Viena, Nordhaus y Murphy mantenían conversaciones fructíferas: «Hablando con él me di cuenta del vínculo entre combustibles fósiles y economía, y entre combustibles fósiles y cambio climático; así empezó todo», cuenta Nordhaus. A la vuelta de un fin de semana en que ambos habían ido a esquiar, Nordhaus esbozó el que sería el primer modelo que «intenta representar a través de ecuaciones la relación entre la economía y el clima, teniendo en cuenta variables como la población, el crecimiento económico, las emisiones de gases y el cambio climático, entre otras».

En junio de 1975 Nordhaus publicó un documento de trabajo en el IIASA titulado *¿Podemos controlar el dióxido de carbono?* En él concluía que, gravando las emisiones de carbono y limitando el uso de los combustibles fósiles, «es posible ser relativamente optimistas» acerca de la posibilidad de controlar el CO₂ atmosférico.

Ahora, cuatro décadas después, prefiere el término *realista* al de optimista, pero sus conclusiones sobre cómo paliar el cambio climático no han variado mucho. La tarde que supo que había ganado el Premio Fronteras del Conocimiento declaró: «La receta fundamental para paliar el cambio climático es que los gobiernos, las empresas y los hogares paguen un precio alto por sus emisiones de carbono. Hoy no pagan prácticamente nada. Si el precio fuera más alto se recurriría a otras opciones, como las renovables. No es una receta que sepa muy bien, pero es la más eficaz».

En efecto, la medida de imponer un impuesto a las emisiones de carbono es una de las conclusiones principales de su trabajo. Su modelo, llamado DICE (acrónimo de Dynamic Integrated Climate-Economy), se publicó finalmente en 1992 en la revista *Science*. «DICE puede ser usado para investigar estrategias con el fin de ralentizar el cambio climático», escribía Nordhaus en esta publicación, y añadía que un abordaje *eficiente* consistiría en «aplicar un impuesto modesto al carbono».

created the first computational model that predicted global warming driven by increased atmospheric CO₂.

Nordhaus and Murphy held some fruitful conversations during the time spent in Vienna: “Talking to him, I realized that there was this linkage between economics and fossil fuels, and fossil fuel emissions and climate change. And that’s how it all started,” Nordhaus recalls. On his return from a ski weekend with his colleague, Nordhaus sketched out what would be the first model “attempting to express in equations all the key linkages between economics and climate: variables like population, economic growth, use of carbon fuels and climate change.”

In June 1975, Nordhaus published an IIASA working paper with the title “Can We Control Carbon Dioxide?” in which he concluded that by taxing carbon emissions and curbing the use of fossil fuels we could be “relatively optimistic” about the feasibility of controlling atmospheric CO₂.

Now, over forty years later, he prefers the word “realistic” to optimistic, but his conclusions on how to palliate climate change remain essentially unchanged. On the evening he was informed of the Frontiers of Knowledge Award he remarked: “The main recipe to alleviate climate change is to make sure governments, corporations and households face a high price on their carbon emissions. Today it is virtually zero. If the price were higher people would turn to other choices, like renewable energies. It may not be a recipe that tastes very good, but it’s the one that will work.”

This call for a tax on carbon emissions is one of the most heartfelt conclusions of Nordhaus’s work. His DICE (Dynamic Integrated Climate-Economy) model was finally published in *Science* in 1992. “DICE can be used to investigate alternative approaches to slowing climate change,” he affirmed in the paper, adding that an “efficient” approach would certainly involve “levying a modest tax on carbon.”

DICE, along with its regional variant RICE, is now in widespread use to estimate the costs and benefits of curbing emissions. Indeed its very existence has inspired numerous economists around the world to con-

DICE y su versión revisada RICE, que incorpora el enfoque regionalizado, son hoy herramientas esenciales para determinar los costes y beneficios de reducir las emisiones. Su mera existencia ha inspirado a numerosos economistas, autores a su vez de otros modelos que arrojan conclusiones similares. Gravar las emisiones incentiva la inversión en tecnologías limpias y energías renovables. En el comercio de derechos de emisión de la Unión Europea el precio del carbono ronda los 7,5 euros por tonelada, pero Nordhaus considera que debería alcanzar los 30 o 40 euros.

Nordhaus es actualmente titular de la Cátedra Sterling de Economía en la Universidad de Yale, y catedrático en la Facultad de Estudios Ambientales y Forestales. Ha sido asesor del presidente estadounidense Jimmy Carter y miembro de numerosos comités de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos —sobre energía nuclear, renovables y políticas contra el cambio climático, entre otros temas—. Es autor o coautor de numerosos libros, entre ellos el manual *Economía*, de Paul Samuelson. Su obra más reciente, *The climate casino: Risk, uncertainty, and economics for a warming world* (2013), escrita para no especialistas, le ha situado en el punto de mira de los climaescépticos, con quienes ha mantenido encendidos debates. El título de la obra, que analiza el escenario socioeconómico de un mundo amenazado por el calentamiento global, alude al riesgo asociado a este fenómeno: «El clima —explica Nordhaus— es un casino porque estamos asumiendo graves riesgos para nuestro planeta y para nosotros mismos. Pero es un casino en el que no tenemos por qué entrar: estamos a tiempo de tomar medidas para reducir y evitar estos riesgos».

struct their own assessment frameworks, with similar conclusions. Taxing emissions encourages investment in clean technologies and renewable energies. In carbon emission rights trading in the European Union, the price of carbon is around 7.5 euros per ton, when according to Nordhaus it should really stand in the interval of 30 to 40 euros.

Nordhaus is currently Sterling Professor of Economics at Yale University, where he also holds a professorship in the School of Forestry and Environmental Studies. A member at the time of President Jimmy Carter's Council of Economic Advisors, he has also served on numerous committees of the U.S. National Academy of Sciences with remits on such issues as nuclear power, renewable energies and climate change policies. He is author or co-author of numerous books, including Paul Samuelson's classic textbook *Economics*. His latest, *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World* (2013), written for a non-specialist readership, has attracted the ire of climate skeptics with whom he has maintained some lively debates. The title of the book, which addresses the socioeconomic implications of a world threatened by global warming, confronts the attendant risk in no uncertain terms: "Climate," says Nordhaus, "is a casino in the sense that we are taking serious risks with our planet and ourselves. But we don't need to walk into that casino, we can take steps now to mitigate and reduce the risks."



Más información:



More information:





Bjorn Stevens

Presidente del jurado

Es director del Instituto Max Planck de Meteorología (Hamburgo, Alemania), donde dirige el Departamento La Atmósfera en el Sistema Terrestre. Su investigación ha generado contribuciones fundamentales para la comprensión de la convección atmosférica, los aerosoles y las nubes, así como el papel de estos tres factores en el sistema climático. Es premio Clarence Leroy Meisinger de la Sociedad Americana de Meteorología y autor principal del Quinto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Chair of the jury

Director of the Max Planck Institute for Meteorology (Hamburg, Germany), where he heads the Atmosphere in the Earth System Department. His research has made fundamental contributions to the understanding of atmospheric convection, aerosols and clouds, and the influence of these three factors on the climate system. He holds the Clarence Leroy Meisinger Award of the American Meteorological Society and served as a lead author of the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).



Carlos M. Duarte

Secretario del jurado

Es director del Centro de Investigación Mar Rojo y titular de la Cátedra Tarek Ahmed Juffali en Ecología del Mar Rojo en la Universidad Rey Abdullah de Ciencia y Tecnología (Thuwal, Arabia Saudí). Su investigación se centra en comprender los impactos del cambio global en los ecosistemas marinos, abordando todos sus componentes: desde los microbios a la megafauna. Entre otros, ha recibido el Premio Nacional de Investigación Alejandro Malaspina y el Premio de la Excelencia del Consejo Internacional para la Exploración del Océano (ICES).

Secretary of the jury

Director of the Red Sea Research Center and holder of the Tarek Ahmed Juffali Research Chair in Red Sea Ecology at King Abdullah University of Science and Technology (Thuwal, Saudi Arabia). His research pursues an understanding of the impacts of climate change on marine ecosystems, addressing all components from microbes to megafauna. Among other honors, he has received the Alejandro Malaspina National Research Award and the Prix d'Excellence of the International Council for the Exploration of the Sea (ICES).



Scott Barrett

Es titular de la Cátedra Lenfest-Earth Institute de Economía de los Recursos Naturales en la Escuela de Asuntos Públicos e Internacionales y el Earth Institute de la Universidad de Columbia. Sus investigaciones se centran en retos globales y transnacionales como el cambio climático o las enfermedades infecciosas. Ha asesorado a numerosas organizaciones internacionales entre las que se encuentran las Naciones Unidas, el Banco Mundial, la OCDE o la Comisión Europea. Ha sido autor principal en el IPCC y miembro del Panel Académico del Departamento de Medio Ambiente en el Reino Unido.

Lenfest-Earth Institute Professor of Natural Resource Economics at the School of International and Public Affairs and the Earth Institute of Columbia University (United States), his research focuses on transnational and global challenges from climate change to infectious diseases. He has advised a number of international organizations, including the United Nations, the World Bank, the OECD, and the European Commission, and was previously a lead author for the IPCC and a member of the Academic Panel to the Department for Environment in the United Kingdom.



Sandrine Bony

Es investigadora principal en el Laboratorio de Meteorología Dinámica/ Instituto Pierre-Simon Laplace (LMD/IPSL) de París, un centro conjunto del Centro Nacional de Investigación Científica y la Universidad Pierre y Marie Curie. Dirige el equipo de modelos climáticos del LMD y codirige el grupo de trabajo sobre modelos acoplados del Programa Mundial de Investigación del Clima, que coordina las simulaciones realizadas en todo el mundo y cuyas predicciones sirven de apoyo al Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Es autora principal del Cuarto Informe del IPCC.

Senior scientist at the Laboratoire de Météorologie Dynamique/Institute Pierre-Simon Laplace (LMD/IPSL) in Paris, run jointly by the Centre National de la Recherche Scientifique and the Université Pierre et Marie Curie. As well as heading the LMD's climate modeling team, she co-chairs the World Climate Research Program's Working Group on Coupled Modeling, which coordinates the climate simulations run by teams round the world and whose predictions serve as input to the Intergovernmental Panel on Climate Change. She was a lead author of the IPCC's Fourth Assessment Report.



Miquel Canals

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

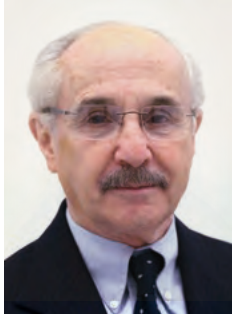
Director of the Department of Earth and Ocean Dynamics at the University of Barcelona (Spain). His research concerns the effects of climate change on ocean dynamics and marine ecosystems, focusing on the transfer of the global change signal to the deep ocean by high-energy natural processes. A former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



Martin Heimann

Director emérito del Departamento de Sistemas Biogeo-químicos del Instituto de Biogeoquímica Max Planck (Jena, Alemania), es catedrático en la Universidad Friedrich Schiller (Jena) y director de investigación en la Universidad de Helsinki. Su investigación aborda el ciclo global del carbono y los ciclos biogeoquímicos e interacciones con 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 Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Director Emeritus of the Department of Biogeochemical Systems at the Max Planck Institute for Biogeochemistry (Jena, Germany). He is also a professor at the Friedrich Schiller University (Jena), and research director at the University of Helsinki (Finland). His research interest centers on the global carbon cycle and biogeochemical cycles and their interaction with the physical climate system. A member of Academia Europaea and the Max Planck Society, he has contributed as lead author to various assessment reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change.



Edward S. Rubin

Julie Winkler

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

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

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

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

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático en su décima edición ha sido concedido a William Nordhaus por desarrollar de forma pionera un modelo que integra las aportaciones de la ciencia del clima, la tecnología y la economía con el fin de responder a la pregunta clave: ¿Qué debe hacer el mundo para poner límites al cambio climático?

A lo largo de varias décadas, el profesor Nordhaus ha desarrollado un modelo ampliamente usado por analistas de las políticas climáticas para estimar las trayectorias más eficientes con el objeto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo sus consecuencias socioeconómicas. En investigaciones posteriores Nordhaus identificó incentivos para que los países, individual y colectivamente, trabajen en limitar el cambio climático.

Nordhaus ha empleado su modelo y sus conocimientos de economía para evaluar los daños futuros debidos al clima, el riesgo de daños catastróficos o el papel del cambio tecnológico en el sistema energético. Por la transparencia y la simplicidad de su abordaje, los modelos de Nordhaus se usan hoy en todo el mundo en el análisis de las políticas relativas al clima.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Climate Change

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Climate Change goes, in this tenth edition, to William Nordhaus, for pioneering a framework to integrate climate science, technology, and economics to address the critical question: What should the world do to limit climate change?

Over a period of decades, Professor Nordhaus developed a model widely used by climate policy analysts to estimate trajectories for the efficient reduction of greenhouse gas emissions, including estimation of the social cost of carbon. In further research, he identified incentives for countries to work individually and collectively to limit climate change.

Professor Nordhaus used his models and economic insights to illuminate such considerations as the role of discounting future climate damages, the risk of catastrophic damages, and the role of technological change in the energy system. Owing to the transparency and simplicity of his approach, his models are used worldwide to analyze climate policy options.

«Si queremos lograr un medio ambiente sostenible, debemos tener en cuenta tanto los cambios ecológicos como los cambios evolutivos en las especies».

“If we are to have a sustainable environment, then we must take both the change of environment and the change of species into consideration.”

B. Rosemary Grant

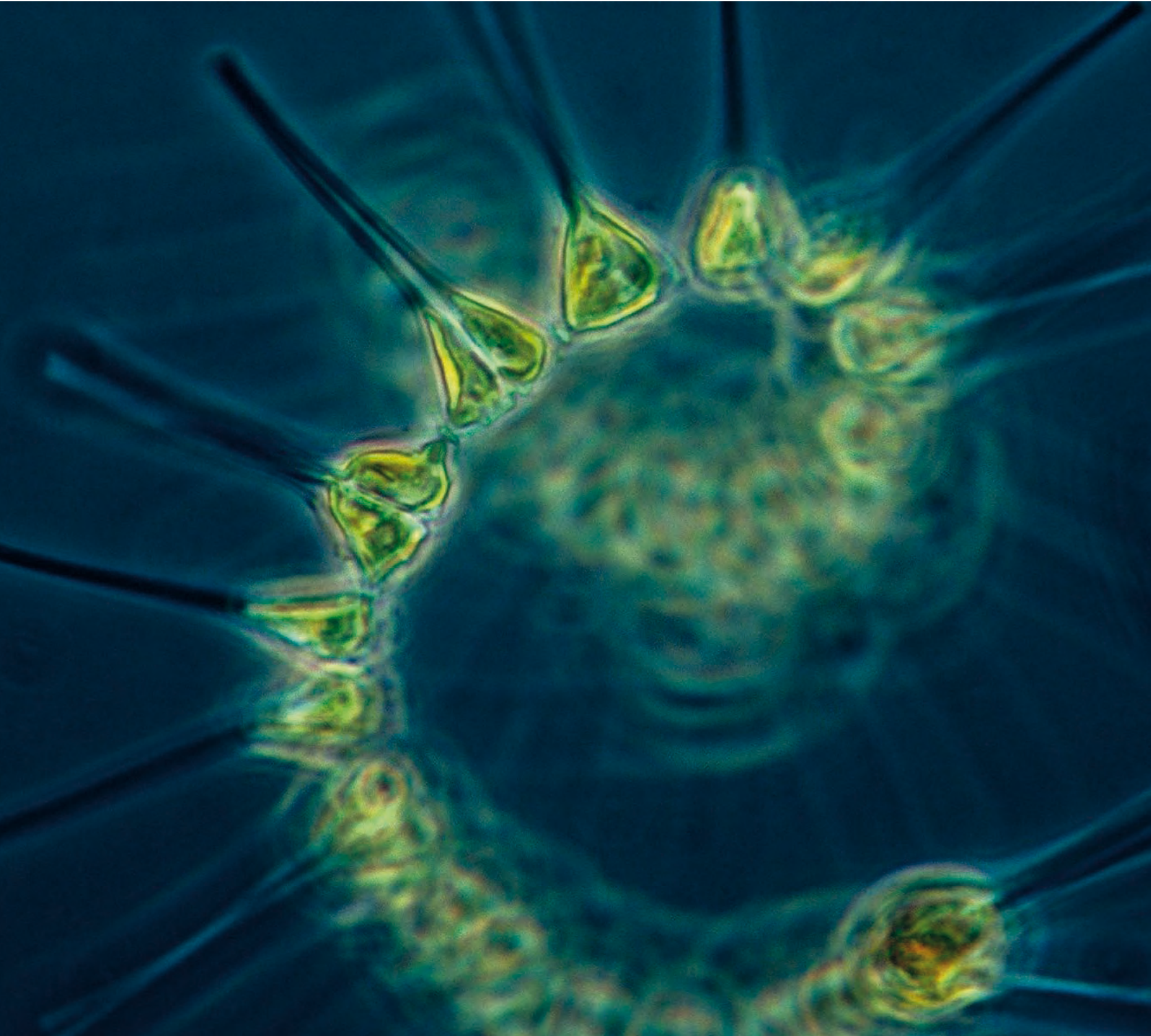
«La interrelación entre las dinámicas de la evolución y las dinámicas de la ecología son esenciales para comprender cómo se genera la biodiversidad y qué fuerzas impulsan o frenan este proceso».

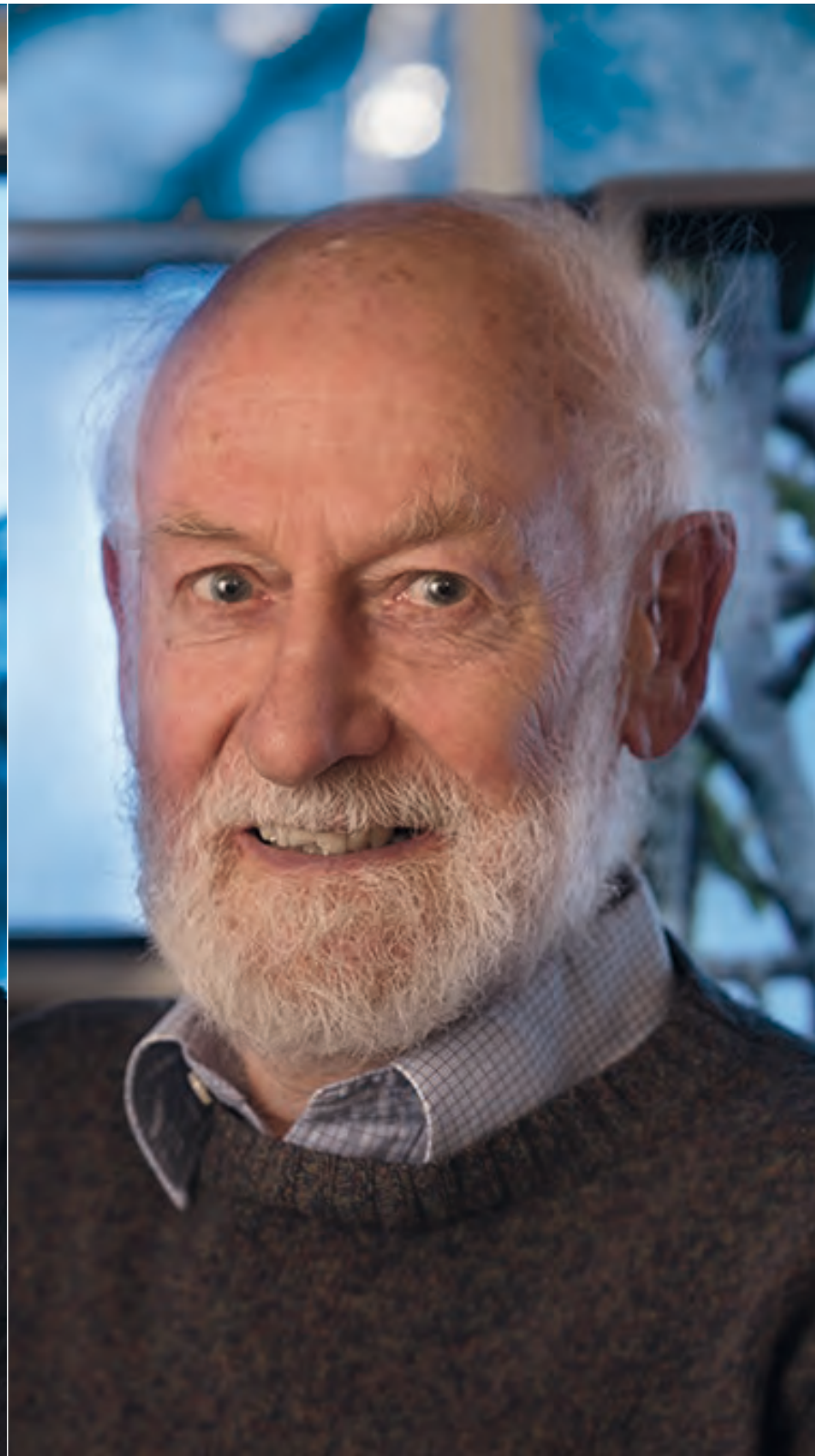
“The interplay of ecological dynamics and evolutionary dynamics is essential to our understanding of how biodiversity is generated and what forces can promote or subvert those processes.”

Peter R. Grant

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

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Ecology and Conservation Biology





B. Rosemary Grant

Peter R. Grant

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

Los herederos de Darwin

Charles Darwin estaba convencido de que la selección natural era un proceso demasiado lento como para que pudiéramos observarlo. En *El origen de las especies* escribió que «nada vemos de estos cambios progresivos hasta que la mano del tiempo ha marcado el transcurso de las edades» a lo largo de millones de años. Pero más de un siglo después, Rosemary y Peter Grant comprobaron que, en realidad, «la evolución es un proceso mucho más dinámico de lo que imaginó Darwin», tal y como destacó el jurado al concederles el Premio Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación. Su meticuloso trabajo durante más de cuatro décadas con los mismos pinzones de las Galápagos que inspiraron al naturalista británico ha demostrado que, en realidad, la evolución sí puede observarse en tiempo real.

Desde que en 1973 instalaron por primera vez una tienda de campaña en la pequeña isla de Daphne Mayor, hasta su última expedición en marzo de este mismo año, los Grant han documentado repetidamente cómo los cambios en la ecología pueden desencadenar transformaciones evolutivas en el tamaño o la forma del pico de estos pájaros, e incluso la aparición de nuevas especies, en menos de una década. Se trata no solo de «uno de los cambios de paradigma más importantes en la biología evolutiva desde el propio Darwin» —en palabras de Emily Bernhardt, catedrática de Biología en la Universidad de Duke y presidenta del jurado—, sino de un descubrimiento con implicaciones trascendentales para la conservación de la biodiversidad. Gracias a su trabajo, hoy sabemos que se pueden producir cambios evolutivos rápidos ante fenómenos como las especies invasoras (incluyendo a los humanos) o en respuesta a eventos climáticos extremos, y este conocimiento ha impulsado el desarrollo de nuevas estrategias eficaces para proteger especies amenazadas.

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Ecology and Conservation Biology

Darwin's successors

Charles Darwin was convinced that natural selection was too slow a process to ever be observed. In *On the Origin of Species*, he wrote, “we see nothing of these slow changes in progress, until the hand of time has marked the long lapse of ages,” over a time scale of millions of years. Yet more than a century later, Rosemary and Peter Grant were able to demonstrate that “evolution is a far more dynamic process than Darwin initially thought,” in the words of the jury bestowing the Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology. Their painstaking labors over more than forty years with the same Galapagos finches that so inspired the British naturalist have shown that it is even possible to watch evolution unfold in real time.

Since 1973, when they pitched camp for the first time on the small island of Daphne Major, to their latest expedition in March of this year, the Grants have repeatedly documented how ecological changes can trigger evolutionary transformations in the size and shape of the finches' beaks, and even the appearance of new species, in fewer than ten years. This is not only “one of the most dramatic paradigm shifts in evolutionary biology since Darwin himself,” in the words of Emily Bernhardt – the jury chair and Professor of Biology at Duke University – it is also a discovery with far-reaching implications for biodiversity conservation. Thanks to their studies, we now know that evolutionary change can occur practically before our eyes following the arrival of invasive species (including humans) or in response to extreme climate events, and this knowledge has enabled the development of new, more effective strategies to protect threatened species.

Peter and Rosemary Grant met in 1960 at the University of British Columbia (Canada), and four years later

Gracias al trabajo de los Grant hoy sabemos que se pueden producir cambios evolutivos rápidos ante fenómenos como las especies invasoras (incluyendo a los humanos) o en respuesta a eventos climáticos extremos, y este conocimiento ha impulsado el desarrollo de nuevas estrategias eficaces para proteger especies amenazadas.

Thanks to the Grants' studies, we now know that evolutionary change can occur practically before our eyes following the arrival of invasive species (including humans) or in response to extreme climate events, and this knowledge has enabled the development of new, more effective strategies to protect threatened species.

Peter y Rosemary Grant se conocieron en 1960 en la Universidad de Columbia Británica (Canadá) y cuatro años después formaron un matrimonio que el jurado considera «una de las más fértiles simbiosis científicas». Inspirados por la visión de Darwin, querían buscar una respuesta a la pregunta clave para comprender el origen de la biodiversidad: ¿cómo se forma una nueva especie? Por ello, decidieron seguir los pasos del padre de la teoría de la evolución y poner su lupa sobre los pinzones de las Galápagos, convencidos de que era el laboratorio ideal para investigar la interrelación entre transformaciones ambientales y cambios evolutivos.

Los Grant eligieron a los pinzones por tres motivos. En primer lugar, según explica Peter, «porque sabíamos que eran 18 especies descendientes de un antepasado común hace solo aproximadamente un millón de años, así que se trataba de una generación de especies relativamente rápida en términos geológicos». Además, el entorno de las Galápagos en el que viven estos pájaros les parecía un escenario idóneo porque el impacto del ser humano era casi inexistente, y por lo tanto cualquier cambio que detectaran se debería a factores exclusivamente naturales. «No existen muchos lugares en el mundo tan interesantes biológicamente, pero que apenas tengan huella humana», señala Peter. Aunque quizás el tercer motivo por el que eligieron los pinzones de las Galápagos fue el más decisivo de todos. Al tratarse de un archipiélago junto al ecuador, está expuesto a la oscilación austral de El Niño. Por eso, según explica Rosemary, «algunos años son muy secos y muchas aves mueren por culpa de las sequías, mientras que otros años son extremadamente húmedos, cuando la vegetación y los pinzones se multiplican».

La apuesta de los Grant fue un rotundo éxito. En 1977, cuando ya llevaban cuatro años midiendo características como el tamaño y la forma de los picos, por primera vez fueron testigos de la evolución en tiempo real. Durante una gran sequía, la escasez de semillas pequeñas provocó la muerte de muchos pájaros con picos cortos y pequeños, mientras que favoreció la supervivencia de aves con picos más robustos, capaces de romper las semillas más grandes para obtener alimento. Pero este fue tan solo el primer ejemplo

formed a marriage that the jury describes as “one of the most fertile examples of scientific symbiosis.” Inspired by Darwin’s vision, they sought answers to the question that lies at the root of all biodiversity: How is a new species formed? To do so, they decided to follow in the footsteps of the father of evolutionary theory and train their microscope on the finches of the Galapagos Islands, convinced that there was no better laboratory to explore the link between environmental changes and evolutionary innovation.

The Grants chose the finches for three reasons. Firstly, Peter explains, “because we knew they were a group of 18 species derived from a common ancestor as recently as about a million years ago, which is a relatively rapid generation of new species in geological terms.” Another big advantage was the virtual non-existence of any human impact on the birds’ native habitat in the Galapagos. This made for an ideal study environment in that any change observed could be safely assumed to be a product of natural forces. Or, as Peter puts it, “there are few places in the world that are as biologically interesting but where the human imprint is almost entirely absent.” But perhaps the third reason for choosing the Galapagos finches was the one that weighed most. Lying near the equator, the archipelago is subject to the El Niño southern oscillation. What this means, Rosemary clarifies, is that “some years are extremely dry and many birds die because of the drought, while other years are extremely wet and both the vegetation and the finches multiply.”

The Grants’ bet paid off handsomely. In 1977, after four years measuring characteristics like the size and shape of the birds’ beaks, they had their first chance to witness the forces of evolution playing out in real time. During a severe drought, the shortage of seeds caused the death of many birds with small, short beaks, while favoring the survival of those with stronger beaks that were able to open and feed on the tougher, larger seeds. This was just the first in a series of similar adaptations that the couple would record in more than four decades of research.

In sum, the work done by the Grants has been fundamental in showing how ecology and environment

de otras adaptaciones similares que han registrado de manera recurrente a lo largo de más de cuatro décadas de investigaciones.

El trabajo de los Grant, en definitiva, ha resultado fundamental para conectar el estudio de la evolución con la ecología y aplicar este conocimiento a la conservación. «El medio ambiente —en palabras de Peter— es el teatro en el que se representa el drama de la evolución» y por ello «la interrelación entre las dinámicas de la evolución y las dinámicas de la ecología son esenciales para comprender cómo se genera la biodiversidad y qué fuerzas impulsan o frenan este proceso».

«Los Grant nos han proporcionado una radiografía perfecta de cómo se forma una especie nueva, y el resultado más sorprendente es que este proceso puede ocurrir muy rápidamente como respuesta a cambios bruscos en el medio ambiente», explica Pedro Jordano, profesor de Investigación en la Estación Biológica de Doñana y secretario del jurado. «Gracias a ellos, hoy somos conscientes de cómo podemos aplicar la llamada evolución asistida, es decir, cómo intervenir para acelerar el proceso natural de evolución para proteger a especies en peligro». Buena prueba de ello es que sus hallazgos ya se han aplicado con éxito, por ejemplo, para la conservación del lince ibérico en España, aplicando la evolución asistida con el fin de introducir los individuos que mejor se adaptan al ecosistema, al mostrar mayor resistencia a enfermedades.

«Si queremos lograr un medio ambiente sostenible —concluye Rosemary Grant—, debemos tener en cuenta tanto los cambios ecológicos como los cambios evolutivos en las especies».

shape the evolutionary fate of natural populations, and in applying this knowledge for the purposes of conservation. As Peter explains it: “The environment is the theater where the drama of evolution takes place,” and in the same way, “the interplay of ecological dynamics and evolutionary dynamics is essential to our understanding of how biodiversity is generated and what forces can promote or subvert those processes.”

“Peter and Rosemary Grant have provided us with a perfect X-ray of how a new species is formed, and the most surprising thing is that this process can happen almost overnight in response to abrupt environmental changes,” remarks Pedro Jordano, jury secretary and a research professor at Doñana Biological Station. “Thanks to them, we have learned how to apply what is known as assisted evolution; in other words, how to intervene to speed up the natural evolutionary process as a means to protect threatened species.” A successful example of the application of their findings is the case of the Iberian lynx, where assisted evolution techniques have been used to introduce individuals better adapted to the environment, exhibiting better resistance to disease.

For Rosemary Grant, the conclusion is clear: “If we are to have a sustainable environment, then we must take both the change of environment and the change of species into consideration.”



Más información:



B. Rosemary Grant



Peter R. Grant

More information:



B. Rosemary Grant



Peter R. Grant



Emily S. Bernhardt

Presidenta del jurado

Es catedrática en el Departamento de Biología en la Universidad de Duke (Estados Unidos) y trabaja en biogeoquímica, ecología del ecosistema, ecología acuática, ecología urbana y restauración científica. Lidera, además, la investigación del Programa de Macrosistemas «Definición de biomas de corrientes para comprender y pronosticar el cambio de ecosistemas», que lleva a cabo la Fundación Nacional para la Ciencia (Estados Unidos). Es *past president* de la Sociedad para la Ciencia del Agua Dulce y ha recibido el Premio Mercer de la Sociedad Americana de Ecológica, entre otras distinciones.

Chair of the jury

Professor in the Department of Biology at Duke University (United States) where she works in biogeochemistry, ecosystem ecology, aquatic ecology, urban ecology and restoration science. She is also Lead Principal Investigator on the Macrosystems Program “Defining stream biomes to understand and forecast ecosystem change” currently being carried out by the National Science Foundation. A past president of the Society for Freshwater Science, her many honors include the Mercer Award of the Ecological Society of America.



Pedro Jordano

Secretario del jurado

Es profesor de investigación del Departamento de Ecología Integrativa en la Estación Biológica de Doñana, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (Sevilla, España). Su investigación se centra en las consecuencias ecológicas y evolutivas de las interacciones entre plantas y animales para comprender cómo la coevolución conforma comunidades megadiversas, donde los mutualismos planta-animal juegan un papel esencial. Es Mercer Award de la Sociedad Americana de Ecología y ha sido director de panel del Consejo de Investigación Europeo para el programa IDEAS (Starting Grants).

Secretary of the jury

Research Professor in the Department of Integrative Ecology at the Estación Biológica de Doñana of the Spanish National Research Council (CSIC). His research focuses on the ecological and evolutionary consequences of mutualistic interactions between animals and plants, exploring how co-evolution shapes megadiverse communities where such mutualisms play an essential role. He holds the Mercer Award of the Ecological Society of America and is a former chair of the European Research Council panel for the IDEAS Starting Grants program.



Jordi Bascompte

Es catedrático de Ecología en el Departamento de Biología Evolutiva y Estudios Ambientales de la Universidad de Zúrich (Suiza), donde asimismo dirige el Máster Especializado en Ciencias Medioambientales. Su investigación combina modelos matemáticos, simulaciones y análisis de bases de datos para abordar cuestiones fundamentales y aplicadas. Autor de varios trabajos pioneros en revistas como *Nature* y *Science*, ha sido miembro del comité editorial de la revista *Science*, y es European Young Investigator Award y Mercer Award de la Sociedad Americana de Ecología.

Professor of Ecology in the Department of Evolutionary Biology and Environmental Studies at the University of Zurich (Switzerland), and Director of its Specialized Master on Environmental Sciences. His research combines mathematical models, simulations and data set analyses to address fundamental and applied questions. Author of landmark papers in journals like *Nature* and *Science* and a former member of the latter’s Board of Reviewing Editors, his distinctions include the European Young Investigator Award and the Ecological Society of America’s Mercer Award.



Paul Brakefield

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

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



Julia Fischer

Es catedrática de Cognición en Primates en la Universidad de Gotinga (Alemania) y directora del Laboratorio de Etología Cognitiva en el Centro Alemán de Primates. Su trabajo se centra en los condicionantes evolutivos del comportamiento social de los primates, e investiga las habilidades cognitivas y procesos de toma de decisión en monos del viejo mundo, babuinos de Guinea y macacos de Gibraltar. Ha sido directora de panel de los Starting Grants del Consejo Europeo de Investigación y es, entre otras distinciones, miembro de la Academia de Ciencias de Gotinga.

Professor of Primate Cognition at the University of Göttingen (Germany) and Head of the Cognitive Ethology Laboratory at the German Primate Center. Her research centers on the selective pressures and evolutionary constraints that operate on the social behavior and the cognitive abilities and decision-making processes of Old World monkeys, Guinea baboons and Barbary macaques. Among other distinctions, Fischer is a former chair of a European Research Council Starting Grants panel and a member of the Göttingen Academy of Sciences.



Anna Liisa Laine

Es catedrática de Ecología de las Plantas en la Universidad de Helsinki (Finlandia). Su investigación aborda cómo se mantiene la diversidad en las poblaciones de parásitos y huéspedes con el fin de comprender cómo evoluciona el riesgo de virulencia y ocurrencia de patógenos. Usando métodos de secuenciación de genes ha demostrado que las plantas suelen ser atacadas por hasta varias docenas de patógenos simultáneamente, aunque solo muestren síntomas de uno o varios de ellos. Es vicepresidenta de la Sociedad Europea de Biología Evolutiva y directora del Centro de Investigación en Cambio Ecológico de la Universidad de Helsinki.

Professor in Plant Ecology at the University of Helsinki (Finland). Her research pursues an understanding of how diversity is maintained in host and parasite populations, in order to answer questions on how the risks of virulence and pathogen occurrence evolve. She uses gene sequencing methods to study how plants may be infected by up to dozens of pathogens at a time, despite only showing symptoms of one or a few. Vice President of the European Society of Evolutionary Biology and Director of the Research Centre for Ecological Change at the University of Helsinki.



Jurado / Jury

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

Joanna E. Lambert

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

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

Rik Leemans

Dirige el Grupo de Análisis de los Sistemas Medioambientales de la Universidad de Wageningen (Países Bajos). Lidera proyectos de investigación interdisciplinarios sobre el cambio global y participa en evaluaciones internacionales como el IPCC y la Plataforma Intergubernamental Ciencia-Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), y en programas de investigación como Future Earth. Autor de numerosos estudios sobre dinámica y servicios de los ecosistemas, biodiversidad, vulnerabilidad y sostenibilidad, es editor jefe de *Current Opinion in Environmental Sustainability*.

Head of the Environmental Systems Analysis Group at Wageningen University (the Netherlands). He leads interdisciplinary global-change research projects and contributes to international science-policy assessments like the IPCC and Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), as well as research programs like Future Earth. Author of multiple papers on ecosystem services and dynamics, biodiversity, vulnerability and sustainability, he is Editor-in-Chief of *Current Opinion in Environmental Sustainability*.

Guangchun Lei

Es decano de la Escuela de Conservación de la Naturaleza de la Universidad Forestal de Pekín (China) y vicepresidente del Comité del National Wetland Science. Sus líneas de investigación se centran en la gestión de áreas protegidas, servicios y funcionamiento de ecosistemas de humedales, restauración y monitorización de humedales, conservación de aves migratorias de agua y políticas de la conservación de la naturaleza. Ha sido reconocido con numerosas distinciones, entre las que figuran el WWF International Global Conservation Innovation Award y el China National Forestry Science and Technology Prize.

Dean of the School of Nature Conservation at Beijing Forestry University (China) and Vice Chairman of the National Wetland Science Committee. His main areas of research interest are protected area management, wetland ecosystem functions and services, wetland restoration and monitoring, the conservation of migratory water birds and nature conservation policy. He holds numerous distinctions, including the WWF International Global Conservation Innovation Award and the China National Forestry Science and Technology Prize.

Mención del acta

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación ha sido concedido en su décima edición a Rosemary y Peter Grant por sus profundas aportaciones a nuestra comprensión de los mecanismos y procesos que subyacen a la evolución en la naturaleza.

Durante muchas décadas, los Grant han obtenido nuevos conocimientos estudiando los mismos pinzones que inspiraron a Charles Darwin su teoría de la evolución. La breve visita de Darwin a las islas Galápagos en 1835 le llevó a describir la evolución como un proceso gradual en el que los cambios se producen a lo largo de muchas generaciones. Gracias a los Grant, hoy sabemos que la evolución es un proceso mucho más dinámico de lo que Darwin imaginó inicialmente, en el que nuevos genotipos, fenotipos e híbridos emergen y desaparecen constantemente.

A lo largo de muchos años, Rosemary y Peter Grant han incorporado las técnicas genéticas más avanzadas a su investigación, logrando así la explicación más completa de cómo funciona la evolución en la naturaleza. Su trabajo ha revelado los mecanismos mediante los que la diversidad genética se mantiene dentro de una población y surgen nuevas especies. Los resultados de su trabajo de campo sobre la diversificación de los organismos que habitan en islas han añadido una perspectiva evolutiva a la biología de la conservación, al demostrar que se pueden producir cambios evolutivos rápidos tras la llegada de especies invasivas (incluyendo a los humanos) o en respuesta a eventos catastróficos.

Rosemary y Peter Grant se distinguen también como comunicadores científicos. Sus libros han atraído a generaciones de estudiantes y público interesado a su fascinante trabajo, y su investigación constituye una parte esencial de cualquier manual o curso introductorio en ecología y evolución.

Este premio se concede conjuntamente a Rosemary y Peter Grant porque conjuntamente es como siempre han llevado a cabo su investigación, comunicado sus hallazgos y enseñado a generaciones de ecólogos y biólogos de la conservación. Aplaudimos el resultado sinérgico de la continuada colaboración de estos dos brillantes científicos.

Excerpt from award citation

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology goes, in this tenth edition, to Rosemary and Peter Grant, for their profound contributions to our understanding of the mechanisms and processes by which evolution occurs in the wild.

Over many decades, the Grants have continued to gain novel insights from the finches that first inspired Charles Darwin to develop his theory of evolution. Darwin's brief visit to the Galapagos Islands in 1835 led him to describe evolution as a gradual process of descent with modification through many generations. Because of the Grants, we now know that evolution is a far more dynamic process than Darwin initially imagined, with new genotypes, phenotypes and hybrids constantly emerging and disappearing.

Over the years, Rosemary and Peter Grant have incorporated state-of-the-art advances in genetics into their research program, resulting in the most complete account of how evolution works in nature. Their work elucidates the mechanisms by which genetic diversity is maintained within populations and through which new species originate. Their results from long-term field research on the diversification of island organisms add an evolutionary perspective to conservation biology, by recognizing that rapid evolutionary changes can occur after the arrival of invasive species (including humans) or in response to catastrophic events.

Rosemary and Peter Grant are also distinguished science communicators. Their books have introduced generations of students and interested lay people to their fascinating work, and their research is a fundamental part of every textbook and introductory course in ecology and evolution.

Rosemary and Peter Grant are receiving this award together, just as they have always conducted their research, communicated their science, and mentored generations of ecologists and conservation biologists as a team. We applaud the synergistic result of the extended collaboration of these two brilliant scientists.

«Es fundamental comprender a fondo las nuevas industrias para poder implementar en ellas políticas eficaces de competitividad».

“It is essential that we understand new industries well enough to deploy effective competition policies.”

Timothy Bresnahan

«Especialistas de áreas como la salud, el medio ambiente y el desarrollo aplican nuestros modelos y herramientas porque les resultan útiles».

“Specialists in areas like health, environmental and development economics are accessing our models and tools to use them in their own fields.”

Ariel Pakes

«Lo que hicimos fue llevar la teoría a los datos e idear métodos para comprobar determinados comportamientos estratégicos».

“What we did was bring the theory to the data, and devise methods to test for certain sorts of strategic behavior.”

Robert Porter

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
**Economía, Finanzas y
Gestión de Empresas**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
**Economics, Finance and
Management**





Timothy Bresnahan

Ariel Pakes

Robert Porter

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
**Economía, Finanzas y
Gestión de Empresas**

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
**Economics, Finance and
Management**

59

Los guardianes de la competencia empresarial

Predecir el comportamiento de los mercados, saber con antelación cómo actuarán los diferentes agentes de una industria concreta ante un cambio interno o un estímulo externo, es una de las cuestiones que con más ahínco ha tratado de conocer la ciencia económica y es, en concreto, objeto de estudio de uno de sus campos de especialización conocido como organización industrial. Uno de los principales problemas que tradicionalmente encontraban los investigadores de esta materia era dilucidar cuáles son las variables del mercado en las que hay que poner el foco para construir un modelo en el que basar la predicción. Cuáles son los supuestos apropiados para cada caso y cómo verificar que el pronóstico generado será fiable.

Las aproximaciones eran excesivamente teóricas: faltaba el instrumental práctico, empírico, que dotase al análisis de credibilidad. «Lo que nosotros hicimos — explica Ariel Pakes — fue desarrollar herramientas capaces de determinar qué supuestos son relevantes y dónde». Esa es precisamente su aportación al área, junto con Timothy Bresnahan y Robert Porter: la creación de técnicas y metodologías que han permitido medir, comprender y predecir de manera fiable la conducta de los mercados.

Pakes, Bresnahan y Porter son pioneros de una disciplina económica, la organización industrial empírica, que aúna el trabajo aplicado con los principios de la teoría de juegos para crear esos modelos. Así lo define el profesor Porter: «Lo que intentamos hacer fue cuantificar las diversas fuerzas que la teoría (de juegos) había identificado para ver la importancia de cada una de ellas. En otras palabras, estábamos llevando la teoría a los datos e ideamos métodos para comprobar determinados comportamientos estratégicos». Por esa «estrecha conexión entre la

The guardians of competition

Predicting the behavior of markets, anticipating how the various actors in an industry will respond to an internal change or external stimulus; this kind of foreknowledge ranks among the most cherished goals of economic science. No surprise then that it has become the object of study of its own specialist field, known as industrial organization. One of the main problems traditionally encountered by researchers working on market structures and dynamics was to ascertain which variables to select as key inputs in building a predictive model. To decide which premises were right for each case, and how best to ensure that the resulting forecasts could be relied on.

All the approaches tried had proved overly theoretical: what was missing was the precise, practical, empirical instrument that would give the analysis credibility. Here Ariel Pakes takes up the story: “What we did was develop the tools that allowed you to figure out what were the appropriate assumptions and then do the analysis.” This, succinctly, is what he and his co-laureates Timothy Bresnahan and Robert Porter contributed to the area: the creation of techniques and methodologies with the ability to measure, understand and reliably predict market behavior.

Pakes, Bresnahan and Porter are the original path-breakers in an economic discipline, empirical industrial organization, that weds applied research with the principles of game theory to construct these sought-after models. Professor Porter recalls its beginnings: “We set out to quantify the various forces that (game) theory had identified to see how important each one was. In other words, we were bringing the theory to the data and devising methods to test for certain sorts of strategic behavior.” It was achieving this “close connection of empirics to theory” – as the jury’s cita-

La organización industrial empírica ha desarrollado técnicas y metodologías que han permitido medir, comprender y predecir de manera fiable la conducta de los diferentes agentes de un mercado. Sus modelos son ampliamente utilizados por las autoridades antimonopolio de diversos países.

The field of empirical industrial organization has brought forth techniques and methodologies with the ability to measure, understand and reliably predict the behavior of market agents. Its models have been extensively taken up by antitrust authorities.

teoría y lo empírico» —según cita el acta— han sido galardonados con el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas. Las investigaciones que han desarrollado han servido, especialmente, de soporte metodológico en una gran cantidad de actuaciones de las autoridades de la competencia de diversos países. Sus modelos se caracterizan por una gran robustez, lo que hace que en la práctica sean considerados como plantillas estándar sobre las que comenzar a analizar un caso concreto.

¿Cuál será el impacto de una fusión empresarial? ¿Y de una subida de precios por parte de uno de los competidores? El trabajo de Ariel Pakes (Edmonton, Canadá, 1949) se ha centrado en responder preguntas como estas. Pakes, que ocupa actualmente la Cátedra Thomas de Economía en la Universidad de Harvard y fue también catedrático en la Universidad de Yale, ha trascendido ampliamente el ámbito académico, y ha sido asesor de instituciones públicas y privadas en una gran cantidad de casos de fusiones empresariales, desregulaciones sectoriales y disolución de monopolios. Sus trabajos en organización industrial empírica han sentado, además, las bases de las revisiones que actualmente realiza la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos en los componentes que forman el índice de precios de consumo norteamericano, creando un modelo más amplio, más complejo, capaz de tener en cuenta el impacto de los avances tecnológicos sobre los costes de los bienes observados.

Robert Porter (Londres, Canadá, 1955) se doctoró en 1981 en la Universidad de Princeton. Allí compartió despacho con Timothy Bresnahan y ambos trabajaron conjuntamente en la fundación de la organización industrial empírica. Para el profesor Porter, las subastas eran el contexto perfecto para poner en práctica sus teorías, especialmente en el campo energético (aún hoy continúa trabajando en las pujas para el arrendamiento de petróleo y gas submarinos). Se centró en identificar las conductas inequívocas que determinan si existe colusión entre empresas en un mercado determinado, y ha conseguido, efectivamente, proporcionar descripciones de situaciones en las que la conducta colusoria se puede distinguir sin dudas razonables de un comportamiento competitivo.

tion describes it – that won the three men the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management. Their research has achieved widespread currency as a methodological support for the actions of antitrust authorities. And the proven robustness of the models they developed has encouraged their take-up as templates for building specific case analyses.

How will a corporate merger or acquisition impact the market? What will be the effects of a price hike by one competitor? Ariel Pakes (Edmonton, Canada, 1949) has diligently pursued the answers to just such questions. Currently the Thomas Professor of Economics at Harvard University, and a former professor at Yale, Pakes has forged a career that extends far beyond academia to encompass advising public and private organizations on subjects like corporate mergers and takeovers, sector deregulation and the break-up of monopolies. His studies on empirical industrial economics also underpin the reviews conducted by the U.S. Bureau of Labor Statistics of the items making up the American consumer price index, providing a broader, more complex model that allows for the impact of technological change on the observed prices of goods.

Robert Porter (London, Canada, 1955) obtained his doctor's degree at Princeton University in 1981. In his time there, he shared an office with Timothy Bresnahan, with whom he would found the branch of empirical industrial organization. Professor Porter saw auctions, particularly auctions in the energy sector, as the perfect testing ground for his theories (indeed he continues to advise on bidding processes for underwater oil and gas leases). His specialty was to identify the tell-tale signs that point to collusion between firms in a given market, laying down a series of case descriptions in which collusive practices can be distinguished beyond any reasonable doubt from competitive behavior.

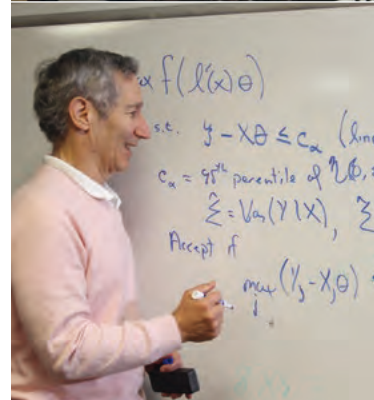
In his early studies during the 1980s, working from the office shared with Porter, Timothy Bresnahan (Washington DC, United States, 1953) discovered how to estimate a model for a given industry, based on market data, that could reliably predict behavior patterns, along with demand levels or expected costs. A

En sus primeros estudios de los años ochenta, compartiendo despacho con Robert Porter, Timothy Bresnahan (Washington D.C., Estados Unidos, 1953) encontró cómo estimar un modelo para una industria específica, en función de los datos del mercado, con el que llegar a predecir parámetros de comportamiento, así como la demanda o los costes esperables. Y lo hizo sobre mercados tan dispares como el del automóvil o el de la cerveza artesanal. El profesor Bresnahan fue durante varios años economista jefe de la División Antimonopolio del Departamento de Justicia Norteamericano y continúa aún asesorando en casos de posible fallo de mercado, es decir, de una acumulación excesiva de poder de mercado en un agente concreto. Precisamente, para Bresnahan la mayor contribución de la organización industrial empírica reside en su capacidad para medir el poder del mercado, esto es, estimar la capacidad que tiene cada uno de los agentes de una industria específica para modificar, por medio de una decisión unilateral, los precios o la calidad de los productos.

Los mercados ambientales, energéticos, de la salud y del desarrollo; la elección de escuelas u hospitales por parte de usuarios, las subastas de leche para los colegios; la industria de las finanzas o la de la alta tecnología... Todas son áreas en las que se están utilizando los modelos y las herramientas de la organización industrial empírica. Un campo joven, con poco más de tres décadas de desarrollo, en constante y continua renovación y al que, los tres galardonados coinciden, le queda mucho recorrido.

model, moreover, that was applicable to such disparate markets as automobiles and artisanal beer. Professor Bresnahan was for some years Chief Economist in the Antitrust Division of the United States Department of Justice, and is still called on for advice in cases of possible market failure, when it is suspected that too much market power has accumulated in too few hands. In his view, the greatest achievement of empirical industrial organization is precisely its ability to measure market power, calculating to what extent each of the actors in a given industry can influence product prices or characteristics by means of a unilateral decision.

Environmental, energy, healthcare or development markets; users' choices of a particular hospital or school; auctions for the supply of school milk; the structure of finance and high-tech industries... In all these areas, regulators and economists in general make use of the tools and models of empirical industrial organization. A young field, certainly, with just over thirty years under its belt, but one immersed in a constant process of renewal which, the laureates concur, should assure it a long and interesting future.



Más información:



Timothy Bresnahan



Ariel Pakes



Robert Porter

More information:



Timothy Bresnahan



Ariel Pakes



Robert Porter



Eric S. Maskin

Presidente del Jurado

Es Adams University Professor en la Universidad de Harvard, 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.

Chair of the jury

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



Manuel Arellano

Secretario del jurado

Catedrático de Econometría en el Centro de Estudios Monetarios y Financieros del Banco de España, ha sido profesor en la Universidad de Oxford y la London School of Economics. En 2013 fue presidente de la Asociación Europea de Economía (EEA) y en 2014 de la Sociedad de Econometría. Ha realizado numerosos trabajos de investigación sobre econometría, economía laboral y análisis de datos de panel. Ha sido director de la *Review of Economic Studies*, codirector del *Journal of Applied Econometrics* y copresidente del Congreso Mundial de la Sociedad de Econometría (2010).

Secretary of the jury

Professor of Econometrics in the Center for Monetary and Financial Studies (CEMFI) of Banco de España (Spain), he previously taught at Oxford University and the London School of Economics. President of the European Economic Association (EEA) in 2013 and of the Econometric Society in 2014, he has researched extensively in econometrics, labor economics and analysis of panel data, and is a former editor of the *Review of Economic Studies*, co-editor of the *Journal of Applied Econometrics* and co-chair of the World Congress of the Econometric Society (2010).



Pinelopi K. Goldberg

Es catedrática Elihu de Economía en la Universidad de Yale (Estados Unidos). Su investigación se centra en los efectos de la liberalización del comercio en el crecimiento económico y la distribución del ingreso, los efectos de la aplicación de los derechos de propiedad intelectual en países en desarrollo, y los determinantes de los tipos de cambio. Exdirectora de la *American Economic Review*, es investigadora de la Oficina Nacional de Investigación Económica de Estados Unidos (NBER) y miembro del Consejo de Directores de la Oficina para la Investigación y el Análisis Económicos del Desarrollo (BREAD, por sus siglas en inglés).

Elihu Professor of Economics at Yale University (United States). Her research examines the effects of trade liberalization on growth and income distribution, the effects of intellectual property rights enforcement in developing countries, and the determinants of incomplete exchange rate pass-through. A former editor of the *American Economic Review*, she is currently a research associate at the U.S. National Bureau of Economic Research (NBER), and a board member of the Bureau for Research and Economic Analysis of Development (BREAD).



Andreu Mas-Colell

Es catedrático emérito de Economía en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona (España) y de la Barcelona Graduate School of Economics. Ha sido profesor en las universidades de California en Berkeley y Harvard, así como editor, entre otras publicaciones, de la revista *Econometrica*. Es *fellow* de la Sociedad de Econometría, *foreign associate* de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2009. Ha sido secretario general del Consejo de Investigación Europeo (ERC) y consejero de Economía y Conocimiento de la Generalitat de Cataluña.

Emeritus Professor of Economics at Pompeu Fabra University (Spain) and the Barcelona Graduate School of Economics. 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, a foreign associate of the U.S. National Academy of Sciences and a 2009 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge laureate. He has served as Secretary General of the European Research Council, and as Minister of Economy and Knowledge with the Catalanian Government.



Lucrezia Reichlin

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

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



Jean Tirole

Es presidente de la Fundación Jean-Jaques Laffont-Toulouse School of Economics, director científico del Institute for Industrial Economics (IDEI) y profesor visitante del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Investiga en organización industrial, teoría de juegos y macroeconomía, o las relaciones entre economía y psicología. Ha presidido la Sociedad de Econometría y la Sociedad Europea de Economía (EEA). Es premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2008 en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas y premio Nobel de Economía 2014 por su análisis del poder de los mercados y la regulación.

Chairman of Fondation Jean-Jacques Laffont-Toulouse School of Economics, Scientific Director of the Institute for Industrial Economics (IDEI), and a visiting professor at Massachusetts Institute of Technology. His research covers industrial organization, game theory, macroeconomics and psychology-based economics. A former president of the Econometric Society and the European Economic Association, his distinctions include the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management, and the 2014 Nobel Prize in Economics, for his analysis of market power and regulation.



Fabrizio Zilibotti

Es titular de la Cátedra Tuntex de Economía Internacional y del Desarrollo en la Universidad de Yale. 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). Es coeditor de la revista *Econometrica* y premio Yrjö Jahnsson de la Asociación Económica Europea, entre otros galardones.

Tuntex Professor of International and Development Economics at Yale University. His research focuses on economic growth and development, political economy, macroeconomics, and the economic development of China. A past president of the European Economic Association (EEA), he is also a Fellow of the Econometric Society and the Center for Economic and Policy Research (CEPR). Zilibotti is Coeditor of *Econometrica*, and holds the Yrjö Jahnsson Award of the European Economic Association.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas ha sido concedido en su décima edición a Timothy Bresnahan, Ariel Pakes y Robert Porter por sus contribuciones fundamentales a la economía industrial empírica. Motivados por preguntas relevantes para las políticas públicas en economía aplicada — como la detección de colusión entre empresas en determinados mercados o en subastas, la evaluación de los efectos de la desregulación en la productividad, la comprensión de los determinantes y efectos de la entrada de empresas, la estimación del valor de las patentes, etc. —, desarrollaron metodologías que han tenido un impacto significativo y duradero en el trabajo posterior en la economía industrial, así como en otros campos aplicados. Su enfoque empírico se caracteriza por una estrecha conexión entre la teoría y la práctica. Dado que sus estudios se centran en sectores específicos, sus modelos están informados por un cuidadoso estudio del entorno empresarial. Esta combinación de investigación teórica y comprensión del entorno institucional aporta credibilidad a sus resultados y sirve como modelo para el trabajo empírico.

En sus trabajos sobre la industria del automóvil Timothy Bresnahan demostró cómo se puede estimar un modelo para un sector específico basado en datos de mercado con el fin de inferir la demanda, el coste y los parámetros de comportamiento. Su trabajo puso los fundamentos de la denominada nueva economía industrial empírica y dio lugar a sucesivos estudios en esta disciplina. También ha realizado importantes contribuciones al estudio de la entrada de nuevas empresas a un mercado, la tecnología y el emprendimiento.

Ariel Pakes ha realizado importantes contribuciones en una amplia variedad de campos. Su trabajo sobre la estimación de la demanda (junto a Steven Berry y James Levinsohn) condujo al célebre modelo BLP: un enfoque flexible para la estimación de la demanda en mercados con productos diferenciados, que se ha convertido en una herramienta estándar para técnicos y estudiosos. Su trabajo en las estimaciones de la función de producción (junto con Steven Olley) llevó a un nuevo enfoque para estimar la productividad

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management goes, in this tenth edition, to Timothy Bresnahan, Ariel Pakes and Robert Porter, for their fundamental contributions to empirical industrial organization. Motivated by important and policy-relevant questions in applied economics such as detecting collusion in various product markets or auctions, assessing the effects of deregulation on productivity, understanding the determinants and effects of firm entry, estimating the value of patents, etc., they developed methodologies that had a significant and long-lasting impact on subsequent work in industrial organization, as well as other applied fields. The empirical approaches they developed are characterized by a close connection of empirics to theory. Because their papers focus on specific industries, the assumptions of the models they employ are always informed by a careful study of the institutional setting. This combination of theory-based inquiry and understanding of the institutional environment lends credibility to their results and serves as a model for empirical work.

Timothy Bresnahan demonstrated in his early work on the automobile industry how one can estimate a model of a specific industry based on market level data to infer the demand, cost and behavioral parameters. His work laid the foundations for the so-called “new empirical industrial organization” and led to several follow-up papers. He has also made important contributions to the study of entry, technology and entrepreneurship.

Ariel Pakes has made important contributions to a number of literatures. His work on demand estimation (joint with Steven Berry and James Levinsohn) led to the well-known “BLP model” – a flexible approach for estimating demand in product differentiated markets that has been widely adopted by academics and practitioners alike. His work on production function estimation (joint with Steven Olley) led to a new approach for estimating productivity and spurred a huge follow-up literature. His work on dynamics has been foundational.

y generó una gran literatura posterior. Además, ha puesto los cimientos de los estudios sobre dinámica del mercado.

Robert Porter ha realizado importantes contribuciones teóricas y empíricas al estudio de la colusión, especialmente en el contexto de las subastas. Al igual que Bresnahan, demostró que se pueden desarrollar modelos empíricos basados en la teoría para una industria o subasta con los que estimar los parámetros estructurales y así detectar la colusión. Su trabajo en esta área le ha constituido en otro de los fundadores de la nueva economía industrial empírica.

Aunque los métodos introducidos por Bresnahan, Pakes y Porter estaban pensados para la economía industrial, han tenido aplicaciones en otros campos de la economía, incluyendo la macroeconomía, el comercio internacional, la salud y el medio ambiente, donde la estimación de la demanda, la productividad y el comportamiento de las empresas es fundamental para poder llevar a cabo políticas basadas en la evidencia sobre antimonopolio, liberalización regulatoria o comercial y otras formas de liberalización del mercado.

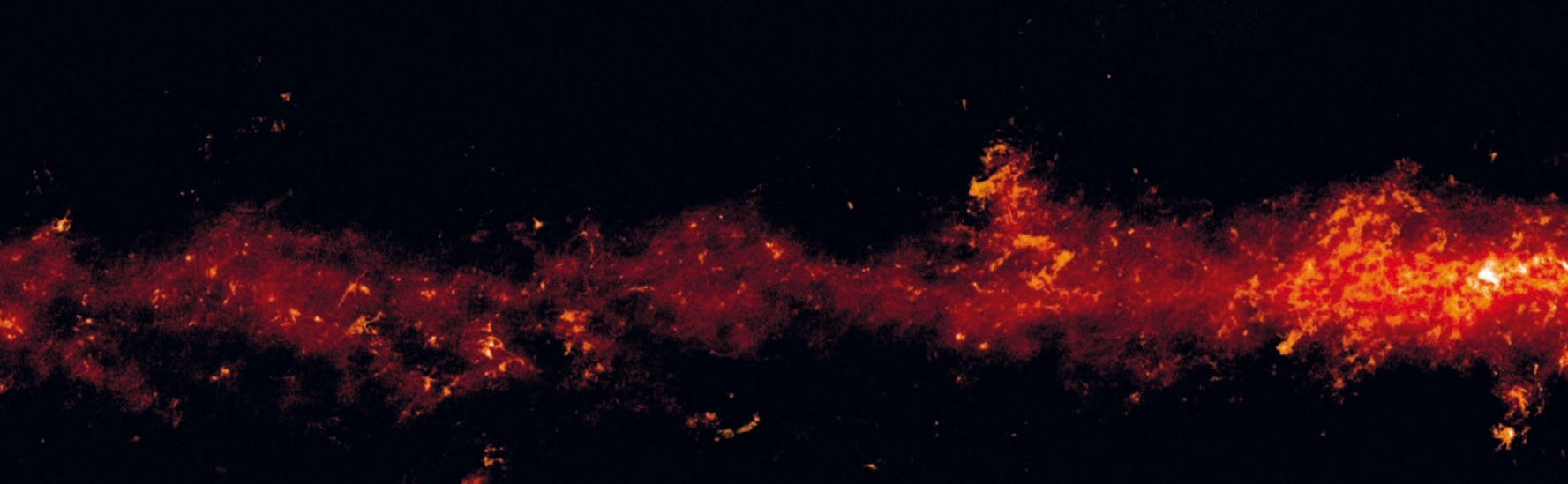
Robert Porter has made several important theoretical and empirical contributions to the study of collusion, especially in the context of auctions. Like Bresnahan, he demonstrated how one can develop theoretically informed empirical models of an industry or auction in order to estimate the structural parameters of the model and detect collusion. His work in this area has established him as another of the founders of the new empirical industrial organization.

Though the methods Bresnahan, Pakes and Porter introduced in the literature were initially developed with industrial organization in mind, they have had several applications in other areas of economics, including macroeconomics, international trade, health, and environmental, where credible estimation of demand, productivity and firm behavior is a prerequisite for evidence-based policies regarding anti-trust, regulation, trade and other forms of market liberalization.

(En la doble página siguiente)
Plano central de nuestra galaxia, la Vía Láctea, observada en luz de longitud de onda submilimétrica por el satélite Planck, de la Agencia Espacial Europea (ESA), y el telescopio APEX, situado en Atacama, Chile, y operado por el Observatorio Austral Europeo (ESO). La imagen revela detalles que para los telescopios que detectan la luz que ve el ojo humano resultan invisibles, como las regiones más frías y polvorientas de la galaxia, que aquí son precisamente las más brillantes.

(Double-page spread)
The central plane of our galaxy, the Milky Way, observed at submillimeter wavelengths by the Planck satellite of the European Space Agency (ESA) and the APEX telescope in Atacama, Chile, operated by the European Southern Observatory (ESO). The image reveals details invisible to telescopes that detect the light seen by the human eye, like the galaxy's coldest, dustiest regions, precisely those that here shine most brightly.

Decir de lo que es, que es
To say of what is that it is



Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento celebran el esfuerzo humano por entender el mundo y lo reconocen como poderoso motor de progreso. Esta razón de ser de los galardones se ha mantenido inalterada desde la primera edición hace ya una década, pero ha ganado últimamente una vigencia especial: en años recientes, promover el conocimiento como fuente de bienestar y guía en la toma de decisiones ha llegado a convertirse, en algunos casos, en una reivindicación.

Devaluar la importancia de hechos probados, arrojar dudas sobre evidencias sólidas para así influir en los comportamientos, es una estrategia clásica de grupos de interés. Y una estrategia que hoy, en la era de las redes sociales, ha multiplicado su efectividad. Los datos desvirtuados, fabricados, *alternativos*, son ya un arma de ingeniería social capaz de interferir en decisiones trascendentes, y cuya peligrosidad apenas empieza a entereverse. Un reciente trabajo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) ha mostrado que las noticias falsas se difunden «más, más rápido y con mayor profundidad y amplitud que las verdaderas», escribía en *Science* el profesor de Tecnologías de la Información y Marketing Sinan Aral. Él y su equipo, con la ayuda de expertos en el contraste de datos, analizaron la veracidad de 126.000 afirmaciones vertidas en Twitter y reenviadas por millones de personas entre 2006 y 2017, y hallaron que la probabilidad de ser *retuiteadas* las mentiras era mucho mayor —lo atribuyen a que las noticias falsas, libres de los límites que impone la realidad, pueden permitirse ser más novedosas—. El resultado alerta de una brecha, de fallas en la comunicación entre quienes generan el conocimiento y sectores sociales más expuestos al relato alterado de la realidad.

Ahora bien, «puede que nosotros vivamos en la era de la posverdad, pero la naturaleza

no», ha recordado la periodista estadounidense experta en medio ambiente Cynthia Barnett. 2016, el año en que el *Diccionario de Oxford* declaraba el término *posverdad* palabra internacional del año, fue también el año en que se registraron las temperaturas más cálidas en el planeta, con un aumento de 1,2 °C respecto a la era preindustrial. Es decir, los negacionistas del cambio climático pueden seguir ignorando el consenso científico y difundiendo falsedades, pero la realidad no se da por enterada y se empeña en superar a la ficción. Como afirma Barnett, «posverdad será la palabra del año, pero la naturaleza siempre tiene la última palabra».

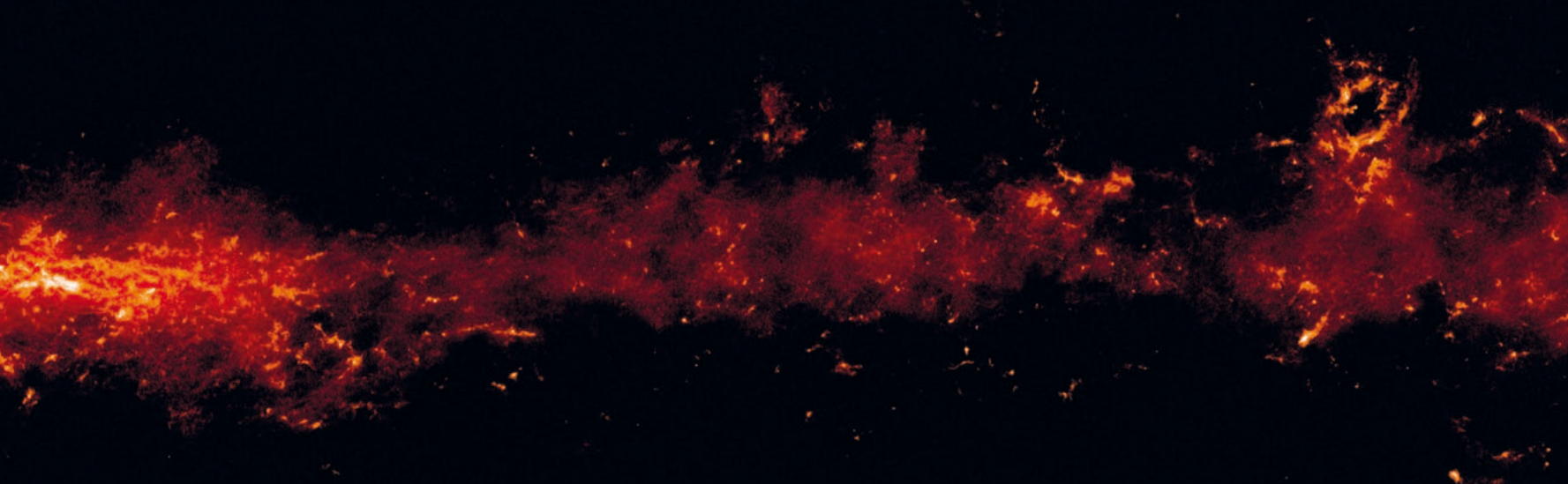
Por eso es la búsqueda de la verdad, propulsada por la curiosidad como ventaja evolutiva, lo que más beneficios nos ha reportado como especie. *Verdad* tiene que ver con «decir de lo que es, que es», escribió Aristóteles —y formalizó el gran lógico Alfred Tarski—. Pero discernir lo que *es* de lo que no es, o —en otras palabras—, el esfuerzo por comprender la realidad lo más profundamente posible, es un proceso complejo en el que la humanidad lleva milenios inmersa. Un proceso dinámico, colectivo y acumulativo, que implica unir piezas de saber llegadas de innumerables fuentes y que, en su avance, ilumina paisajes de la realidad que desafían, por sorprendentes, a la imaginación humana.

Es esta búsqueda de conocimiento, organizada en disciplinas —las categorías de los Premios Fronteras dan cuenta de la emergencia de las ciencias del cambio climático, de la ecología y de la computación—, la que nos ha proporcionado antibióticos, vacunas, teléfonos móviles o internet. También, la que ha permitido descubrir que a decenas de miles de años luz hay agujeros negros que chocan entre sí; que parte de la información que nos define está en nuestros genes; o que el universo tal como lo conocemos empezó a expandirse hace unos 13.000 millones de años. El conocimiento configura

nuestra visión del mundo y determina nuestro bienestar. No solo eso. El propio proceso de generación de saber ha obligado a perfeccionar una manera de pensar, un racionalismo crítico, que es de por sí un recurso esencial. El pensamiento racional sometido a constante escrutinio y contrastación lo que se considera cierto, y fortalece así el edificio del saber. También ayuda a usar sabiamente el fruto del propio conocimiento: entender el funcionamiento del mundo natural abre la puerta a modificarlo y a reanalizar las consecuencias no queridas —los *efectos secundarios*—, un poder que demanda análisis informado.

Así pues, en la décima edición de los Premios Fronteras, a la celebración del papel crucial del conocimiento se añade un matiz de reafirmación. El conocimiento de base científica y el pensamiento racional son esenciales como constructores del futuro y también, especialmente ahora, para inmunizar contra las noticias falsas, para hacer barrera contra la no-verdad, los populismos y la demagogia irresponsable. Fortalecer esa barrera, lanzar el mensaje de que existe y de su importancia es un fin esencial de estos galardones.

Las diez ediciones de los galardones ofrecen casi un centenar de historias sobre la ruta hacia el descubrimiento, una por galardonado. Son travesías que empiezan con una pregunta y que suelen discurrir sin rumbo fijo, a *hombros de gigantes* y con la observación y la intuición informada como brújula. Inevitablemente, cada viaje continúa una senda que otros han iniciado antes y que nunca se recorre en solitario. Hay en los relatos puntos muertos y callejones sin salida; hay momentos eureka y conclusiones a las que se llega despacio, experimento tras experimento; hay esfuerzo, perseverancia y emoción. Y todo es real. Para qué poner prefiijo a la verdad cuando sin aditivos es tan emocionante.



The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards celebrate the human drive to understand the world, which they see as a powerhouse of progress. This *raison d'être* has remained unchanged since the awards' first edition ten years ago, but has lately gained a special currency: in recent years, promoting knowledge as a fount of wellbeing and guide to decision-making appears, at times, something closer to a vindication.

Attempting to influence behavior by denying the importance of proven facts or deprecating sound evidence is a classic interest-group strategy. And it is a strategy whose effectiveness has multiplied in the age of social networks. Twisted, invented or "alternative" facts have become an instrument of social engineering with the power to sway even life-changing decisions, and one whose danger we are only just beginning to apprehend. A recent study by researchers at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) found that false news spreads "significantly farther, faster, deeper, and more broadly than the truth," in the words of Sinan Aral, a Professor of IT & Marketing, writing in *Science*. He and his team used expert fact-checkers to analyze the truthfulness of around 126,000 statements made on Twitter and retweeted by millions of people between 2006 and 2017. And what they found was that lies had a far higher chance of being retweeted. This, they believe, is because false stories, unencumbered by the limits imposed by reality, are free to seek the excitement of novelty. Their results point to a serious breach; a failure of communication between those who generate knowledge and the sectors of society most exposed to these adulterated narratives.

However, "we may live in a post-truth era, but nature does not," affirms American

journalist Cynthia Barnett, an expert in environmental reporting. The year 2016, when the Oxford English Dictionary declared "post-truth" its international word of the year, was also the year that our planet experienced the hottest temperatures ever recorded, a full 1.2°C higher than in the pre-industrial age. In other words, climate change denialists can go on ignoring the scientific consensus and spreading disinformation, but reality will carry on regardless, outdoing any fiction. For as Barnett puts it, "post-truth may be the word of the year, but nature always has the last word."

Indeed it is the search for truth, driven by that evolutionary advantage, curiosity, which has brought us most benefits as a species. Truth is "to say of what is that it is," Aristotle wrote – and the great logician Alfred Tarski subsequently formalized. But to distinguish between what *is* and what is not, i.e., to strive for as deep as possible an understanding of reality, is a complex process in which humanity has spent millennia immersed. A dynamic, collective, cumulative process that involves assembling pieces of knowledge gathered from multiple sources, and whose advance illuminates landscapes of reality that defy the human imagination in their strangeness.

It is this quest for knowledge, organized into disciplines – the categories of the Frontiers Awards acknowledge the emergence of climate change, ecology and computer sciences – that has brought us antibiotics, vaccines, mobile phones and the Internet. And it has also allowed us to discover that black holes are colliding tens of thousands of light years away; that part of the information that defines us resides in our genes; or that the universe as we know it began expanding some 13 billion years ago. Knowledge

shapes our vision of the world and determines our wellbeing. Not only that, the process of generating knowledge has led us to perfect a way of thinking, critical reasoning, that is essential in and of itself. Rational thought subjects what is deemed to be true to constant scrutiny and verification and, by this means, strengthens the edifice of knowledge. It also teaches us to use the fruit of such knowledge wisely: understanding how the natural world works enables us to modify it and revisit certain undesired outcomes – the "side effects" – and this is a power that demands informed analysis.

And so in this tenth edition of the Frontiers Awards, the celebration of knowledge's crucial role takes on a more affirmative slant. Science-based knowledge and rational thought are essential not only as builders of the future but, now more than ever, as a means to immunize against false news and erect a barrier against non-truth, populism and irresponsible demagoguery. To strengthen this barrier, broadcasting its existence and its importance, is a central goal of these awards.

The ten editions of the awards provide us with almost a hundred stories about the path to discovery, one for each laureate. These are journeys that start with a question and frequently progress with no fixed course, "on the shoulders of giants," led by the compass of observation and informed intuition. Inevitably, each prolongs a route that others took before, and that none travel alone. The stories contain dead ends and other impasses; there are eureka moments and conclusions that emerge slowly with time, experiment after experiment; there is effort, perseverance and excitement. And it is all real. For why attach a prefix to truth, when it is so fascinating in its unadorned state.

«Si logramos introducir la vacuna contra el VPH en los países en desarrollo, seguramente lograremos erradicar uno de los cánceres más letales».

“If we can introduce the HPV vaccine in developing countries, we will be able to successfully eradicate one of the most lethal cancers.”

Nubia Muñoz





Nubia Muñoz

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cooperación al Desarrollo

Una vacuna contra el cáncer olvidado de los países pobres

Calificar al cáncer de cuello de útero como *enfermedad olvidada* puede parecer extraño. En tanto que uno de los pocos cánceres prevenibles con pruebas de bajo coste, su incidencia en países desarrollados es relativamente baja: afecta a menos de 8 de cada 100.000 mujeres. Pero en el mundo en desarrollo la situación es otra. En África subsahariana y en América Central y del Sur lo padecen 40 de cada 100.000 mujeres, de las que mueren 235.000 al año. Aunque es una cifra próxima a la de mortalidad en embarazo y parto (300.000 muertes anuales), los oncólogos denuncian que el cáncer se percibe como una enfermedad menos importante que otras en los países en desarrollo, y el esfuerzo en prevenirlo allí es escaso. El cáncer de cuello uterino sí es, por tanto, una enfermedad olvidada.

La buena noticia es que se puede aspirar no solo a reducir su incidencia, sino incluso a *erradicarlo*, afirma la epidemióloga colombiana Nubia Muñoz. Bastaría con introducir en los países en desarrollo la vacuna contra el virus del papiloma humano (VPH), que el trabajo de Muñoz ha hecho posible.

«Efectivamente al cáncer de cuello uterino no se le ha dado la importancia que merece, pues es la primera o segunda causa de muerte por cáncer en mujeres en países en vías de desarrollo, donde ocurren el 86 por ciento de casos — afirma Muñoz—. Se necesita que los líderes políticos tomen conciencia de este hecho y que las mujeres reclamen su derecho a estar protegidas, ya sea exigiendo la vacuna para ellas y para sus hijas o exigiendo programas eficaces de detección de lesiones precancerosas».

El trabajo de Nubia Muñoz (Cali, Colombia, 1940) demostró que la infección por el VPH es la causa

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Development Cooperation

A vaccine against the “neglected” cancer of the poor

To call cervical cancer a “neglected disease” may at first sight seem strange. As one of the few cancers preventable through low-cost testing, its incidence in the developed countries is relatively low, affecting fewer than 8 out of every 100,000 women. But in the developing world, the story is radically different. In Sub-Saharan Africa and Central and South America, the disease is contracted by 40 of every 100,000 women, and claims 235,000 lives a year. Despite this being of a comparable scale to deaths during pregnancy and childbirth (300,000 a year), oncologists complain that the cancer is viewed as less important than other diseases that afflict developing countries, and that little is being done to prevent it. So cancer of the uterine cervix is, in this very real sense, a neglected disease.

The good news is that we are in a position to look beyond reducing its incidence, and even aim at its “eradication,” says the Colombian epidemiologist Nubia Muñoz. All it would take is to ensure women in these countries have access to the vaccine against human papillomavirus (HPV) that Muñoz’s work has helped develop.

“It is true that cervical cancer has not had the attention it deserves, considering it is the first or second cause of female cancer mortality in the developing countries, which are also home to 86 percent of cases,” Muñoz points out. “We need political leaders to wake up to this fact, and we also need women to stand up for their right to be protected, whether by demanding the vaccine for themselves and their daughters or pushing for effective programs to detect pre-cancerous lesions.”

The work done by Nubia Muñoz (Cali, Colombia, 1940) was instrumental in establishing that infection with

El cáncer de cuello de útero es una de las primeras causas de muerte por cáncer en países en desarrollo. Muñoz demostró que la causa principal y necesaria de este cáncer es la infección por el virus del papiloma humano; para prevenirla, ha impulsado el desarrollo de una vacuna altamente eficaz. El objetivo es erradicar el cáncer de cérvix.

Cancer of the uterine cervix is one of the leading causes of cancer deaths in the developing countries. Muñoz showed that the principal and necessary cause of this cancer is infection by human papillomavirus, and, to prevent it, lent her weight to the development of a highly effective vaccine. The goal now is to eradicate cervical cancer.

principal y necesaria del cáncer de cuello de útero. Ese logro, obtenido tras un exhaustivo trabajo epidemiológico a escala mundial, llevó a Muñoz a impulsar el desarrollo de una vacuna contra la infección por VPH y a participar estrechamente en los correspondientes ensayos clínicos.

Hoy se dispone ya de vacunas que previenen hasta el 90 por ciento de los cánceres de cuello de útero. Su uso está extendido en el mundo desarrollado, ahora «el reto es que llegue a quienes más lo necesitan», dice Muñoz, que ha llevado a cabo toda su carrera en la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), en Lyon, Francia, y es actualmente catedrática emérita del Instituto Nacional del Cáncer de Colombia y científica visitante en el Instituto Catalán de Oncología (ICO).

Muñoz ha sufrido las consecuencias de vivir donde no llegan los avances médicos. Su padre, agricultor, murió de difteria cuando ella tenía seis años, y para haberlo evitado habría bastado un tratamiento con penicilina, común ya entonces en otras zonas del planeta.

Pese a crecer en una familia tan modesta — una madre sola con seis hijos a su cargo —, Muñoz fue una estudiante excepcional. En la Universidad de Cali completó casi toda la carrera de Medicina con beca, logrando cada curso la nota más alta de su promoción. Quería trabajar —ha contado— en lo que generara «el mayor beneficio para la sociedad». Tras licenciarse ganó una beca de la IARC para ir a Estados Unidos a estudiar Salud Pública en la Universidad Johns Hopkins, y en 1970 de nuevo la IARC la contrató como investigadora en su sede de Lyon.

Muñoz empezó a estudiar agentes infecciosos de los que se sospechaba que podían provocar algunos tipos de cáncer. El investigador alemán Harald zur Hausen había propuesto que el virus del papiloma humano era un agente causante del cáncer de cuello de útero, y a principios de los años ochenta logró demostrar su hipótesis en muestras en el laboratorio —en 2008 ganaría por ello el Nobel de Medicina—.

Muñoz se propuso confirmar el vínculo entre el papilomavirus y el cáncer de cuello de útero, poniendo

human papillomavirus (HPV) is the principal and necessary cause of cancer of the uterine cervix. This achievement, preceded by an exhaustive, worldwide epidemiological study, persuaded Muñoz to lend her weight to the development of an anti-HPV vaccine, and to take an active part in the corresponding clinical trials.

At the time of writing, available vaccines can prevent up to 90 percent of cervical cancers. Their use is widespread in the developed world, and “the challenge now is to get them to where they are most needed,” says Muñoz, who has spent her professional life at the International Agency for Research on Cancer (IARC) in Lyon, France, and is also Emeritus Professor at the National Cancer Institute of Colombia and a visiting scientist at the Catalan Institute of Oncology (ICO).

Muñoz, moreover, knows what it means to live beyond the reach of medical advances. Her father, a farm laborer, lost his life to diphtheria when she was just six, a death that could have been prevented by treatment with the penicillin readily available in other corners of the planet.

Despite being brought up in a family of only modest means — a widowed mother with six children to look after — Muñoz proved an exceptional student. At the University of Cali, she was able to complete most of her medical degree without paying tuition fees by consistently achieving the top marks in her class. Her goal, she recalls, was to work in whatever would bring “the greatest benefit to society.” On completing her degree, she won an IARC grant to study public health at Johns Hopkins University, in the United States, and in 1970 was hired to work as a researcher at the IARC headquarters in Lyon.

There she began investigating infectious agents suspected of being linked to some kinds of cancer. The German scientist Harald zur Hausen had by then proposed the human papillomavirus as a possible cause of cervical cancer, and in the early 1980s was able to prove this hypothesis in laboratory samples — a breakthrough that in 2008 would win him the Nobel Prize in Medicine.

en marcha un amplio estudio epidemiológico que a lo largo de la siguiente década identificaría la presencia del virus del papiloma en miles de mujeres con cáncer de más de 35 países.

Este trabajo demostró que la infección por VPH es el factor principal y necesario en el cáncer de cuello de útero: «Sin virus no hay cáncer», dice Muñoz. Pero además fue esencial para determinar que la mayoría de los cánceres están causados por dos variantes específicas del VPH: la 16 y la 18. Esta información es indispensable para el desarrollo de una vacuna universal contra el cáncer de cuello uterino.

Y, en efecto, «una vez convencida de que el VPH era la causa principal del cáncer de cuello uterino —cuenta Muñoz—, mi paso siguiente fue promover el desarrollo de una vacuna profiláctica». Fue ella quien en 1994 organizó la primera conferencia internacional «para revisar lo que se sabía de las vacunas contra el VPH en modelos animales y conocer los planes de las compañías farmacéuticas». Una de las compañías que finalmente creó la vacuna invitaría posteriormente a Muñoz a participar en la supervisión de los ensayos clínicos en todo el mundo.

La vacuna, disponible desde 2006, es «de las más eficaces y seguras que existen», asegura esta epidemióloga. También previene una parte importante de otros cánceres causados por el VPH, como los de ano, vagina, vulva y algunos de boca y garganta.

Para lograr su implantación en países en desarrollo es clave reducir su precio, así como mejorar la información dirigida a los médicos y a la propia población. En ambos objetivos sigue muy directamente implicada Nubia Muñoz.

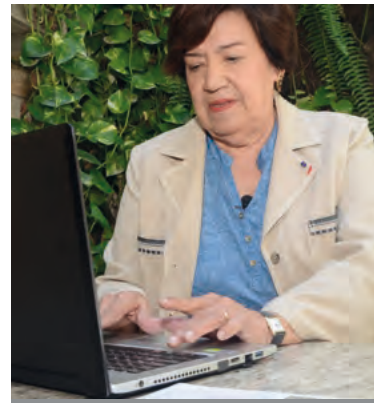
Muñoz made it her goal to confirm the link between papillomavirus and cancer of the uterine cervix, launching a major epidemiological study that over the next ten years would locate the virus in thousands of cancer sufferers in more than 35 countries.

These studies proved that HPV infection is the principal and necessary cause of cervical cancer. In other words, “without the virus, there is no cancer,” Muñoz explains. But they were also able to show that in most cancers it was the same two HPV strains that were doing the damage, genotypes 16 and 18. This was the vital insight that would enable the development of a universal vaccine against cervical cancer.

Muñoz did not delay. “Once I was sure that HPV was the main cause of cervical cancer,” she relates, “my next step was to promote the development of a prophylactic vaccine.” It was she who organized the first international meeting in 1994 “to review what we knew about anti-HPV vaccines in animal models, and to hear from the pharmaceutical companies what their plans were.” One of the firms that finally created the vaccine later invited Muñoz to help supervise the clinical trials conducted worldwide.

The vaccine, available since 2006, is “among the safest and most effective in existence,” the epidemiologist assures. And it is also prevents most other cancers caused by HPV, like those of the anus, vagina, vulva and some mouth and throat cancers.

The most urgent steps to increase take-up of the vaccine in developing countries are to reduce its price and improve the information reaching doctors and the general public. And Nubia Muñoz remains directly involved on both fronts.



Más información:



More information:





Pedro L. Alonso

Presidente del jurado

Dirige el Programa Mundial sobre Paludismo de la Organización Mundial de la Salud en Ginebra (Suiza). Su investigación se centra en los factores que determinan la morbilidad y mortalidad en los grupos de población más vulnerables. Ha publicado más de trescientos artículos en revistas internacionales, en particular sobre tratamiento de la malaria, ensayos de vacunas y terapias preventivas. Es premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cooperación al Desarrollo y medalla de Oro de Cruz Roja y Media Luna Roja, entre otras distinciones.

Chair of the jury

Director of the WHO Global Malaria Program in Geneva (Switzerland). His scientific research has focused on key determinants of morbidity and mortality in the most vulnerable population groups. He has published over 300 articles in international journals, particularly on the treatment of malaria, vaccine trials and preventive therapies. His distinctions include the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Development Cooperation and the Gold Medal of the Red Cross and Red Crescent.



José García Montalvo

Secretario del jurado

Catedrático de Economía en la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona, España) e investigador ICREA Academia, es asimismo profesor investigador del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie) y de la Barcelona Graduate School of Economics. Sus áreas de trabajo son la economía del desarrollo, la diversidad étnica, el mercado hipotecario y la economía de la educación. Autor de catorce libros y más de un centenar de artículos científicos, ha sido consultor de la OCDE, la Unión Europea, el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otros.

Secretary of the jury

Professor of Economics and ICREA-Academia Fellow at Pompeu Fabra University (UPF) (Spain), he is also a Research Professor at the Valencian Institute of Economic Research (Ivie) and the Barcelona Graduate School of Economics. His main focus areas are economic development, ethnic diversity, banking and housing finance and the economics of education. Author of 14 books and over 100 articles in scholarly journals, he has served as a consultant for the OECD, the European Union, the World Bank and the Inter-American Development Bank.



Antonio Ciccone

Es catedrático de Macroeconomía y Mercados Financieros en la Universidad de Mannheim (Alemania), catedrático del Departamento de Economía y Empresa en la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona, España), además de investigador ICREA y miembro del CESifo. Investiga en macroeconomía, comercio internacional y productividad, conflictos violentos y cambios democráticos, asignación de recursos intersectoriales y capital humano y crecimiento. Es *research fellow* del Centro de Investigación en Política Económica (CEPR), donde coordinó el Grupo de Investigación de Macroeconomía y Crecimiento Económico.

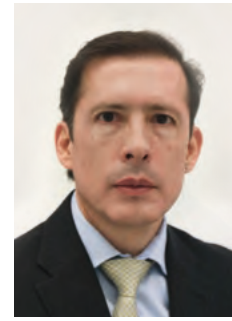
Chair for Macroeconomics and Financial Markets at the University of Mannheim (Germany), a professor in the Department of Economics and Business at Pompeu Fabra University (UPF) (Spain), ICREA Research Professor and a Fellow of CESifo. His research areas are macroeconomics, international trade, productivity, violent conflicts and democratic changes, intersectoral resource allocation, 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.



Vicente Larraga

Profesor de investigación en la Unidad de Vacunas y Expresión Génica del Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC, institución que dirigió entre 2004 y 2012. Actualmente trabaja en el desarrollo de vacunas recombinantes frente a la leishmaniasis y en la activación génica durante el mecanismo de protección frente al parásito. Pertenece a la Academia de Ciencias de Nueva York, la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular o la Sociedad Española de Medicina Tropical y Salud Internacional. Ha sido además vicepresidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Research Professor in the Vaccine and Gene Expression Unit at the CSIC Center for Biological Research (Spain), which he led from 2004 to 2012. He is currently working on the development of recombinant vaccines against leishmaniasis, and gene activation during the protective response to the parasite. A member of the New York Academy of Sciences, the Spanish Society of Biochemistry and Molecular Biology and the Spanish Society of Tropical Medicine and International Health, he is also a former vice president of the Spanish National Research Council (CSIC).



Norman Loayza

Es economista jefe en el Grupo de Investigación del Desarrollo del Banco Mundial (Estados Unidos) y lidera el World Bank Research Hub en Kuala Lumpur (Malasia). Ha trabajado con ministerios, bancos centrales, diversas ONG y universidades en el desarrollo de proyectos sobre reforma política y capacidad local. Ha participado en misiones del Banco Mundial en países como Túnez, Brasil, Egipto, Pakistán y la India en áreas que van desde la macroeconomía al ámbito políticosocial. Es cofundador y presidente de la Asociación Peruana de Economía.

Lead Economist in the Development Research Group of the World Bank (United States), he currently heads the World Bank Research Hub in Kuala Lumpur, Malaysia. He has worked with ministries, central banks, NGOs and universities to implement projects for policy reform and local capacity improvement, and participated in the Bank's missions to Tunisia, Brazil, Egypt, Indonesia, Pakistan and India in areas ranging from macroeconomics to socio-political issues. Co-founder and President of the Peruvian Economic Association.



Isabel Noguer

Es directora del Centro Nacional de Epidemiología (Instituto de Salud Carlos III) (España). Sus áreas de especialización comprenden la salud pública y la epidemiología, la vigilancia epidemiológica, la salud mental y la investigación en salud pública. Ha sido directora de la Oficina de Género, Diversidad, Derechos Humanos y Bioética en la Organización Panamericana de la Salud, presidenta del Grupo Horizontal de Drogas durante la presidencia española de la Unión Europea y subdirectora general de Programas Internacionales de Investigación del Instituto de Salud Carlos III.

Director of the National Center for Epidemiology at the Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) (Spain). Her research interest lies in public health and epidemiology, epidemiological surveillance, mental health and public health research. Among her past positions, she was Head of the Office of Gender, Diversity, Human Rights and Bioethics in the Pan American Health Organization, Head of the Horizontal Group on Drugs during the Spanish presidency of the European Union, and Deputy Director General of International Research Programs at ISCIII.



Francisco Pérez

Joachim von Braun

Es catedrático de Análisis Económico en la Universidad de Valencia (España) y director de Investigación del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie). Ha desarrollado y dirigido numerosos estudios sobre crecimiento económico e integración internacional, competitividad, economía regional, de la educación y financiera. Es autor de más de sesenta libros y más de ciento ochenta capítulos de libros y artículos en revistas científicas. Es Eisenhower *fellow* y Premio Societat Catalana d'Economia, y ha recibido la Alta Distinción Francesc de Vinatea de las Cortes Valencianas.

Professor of Economic Analysis at the University of Valencia (Spain) and Research Director of the Valencian Institute of Economic Research (Ivie). He has conducted and led numerous studies on economic growth and international integration, competitiveness, regional economics, the economics of education, and public finance, as well as authoring over sixty books and 180 book chapters and published papers. An Eisenhower fellow, he also holds the Premi Societat Catalana d'Economia, and the "Francesc de Vinatea" High Distinction bestowed by the Valencian Parliament.

Es director del Centro para la Investigación del Desarrollo (ZEF) de la Universidad de Bonn (Alemania). Su investigación se dirige al desarrollo y la economía agrícolas: mercado y comercio, pobreza, salud y nutrición, agricultura, y ciencia y tecnología. Exdirector del Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimentarias, es miembro de la Academia de Ciencias de Renania del Norte-Westfalia, la Academia Alemana de Ciencia e Ingeniería (acatech) y presidente de la Academia Pontificia de las Ciencias del Vaticano, además de *fellow* de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS).

Director of the Center for Development Research (ZEF) at the University of Bonn (Germany). His research addresses development and agricultural economics topics: markets and trade, poverty, health and nutrition, agriculture, and science and technology. A former Director General of the International Food Policy Research Institute, he is a member of the Academy of Science of North-Rhine Westphalia and the German Academy of Science and Engineering (acatech), President of the Pontifical Academy of Sciences of the Vatican, and a Fellow of the American Association for the Advancement of Science (AAAS).

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Cooperación al Desarrollo

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cooperación al Desarrollo en su décima edición ha sido concedido a Nubia Muñoz.

El cáncer de cérvix causa en torno a 250.000 muertes al año. Su incidencia varía mucho en las distintas regiones del mundo, pero el 80 por ciento de los casos afecta a mujeres en países en desarrollo. La investigación de la doctora Nubia Muñoz ha sido fundamental para establecer el vínculo entre el virus del papiloma humano y el desarrollo de cáncer cervical. Sus trabajos han sido un auténtico catalizador para el desarrollo de la vacuna y su aplicación posterior en todo el mundo, incluidos los países más afectados. De hecho, esta fue la primera vacuna dirigida específicamente a la prevención del cáncer.

La doctora Nubia Muñoz representa, asimismo, el liderazgo que las mujeres están teniendo en la ciencia y el papel de la ciencia y el conocimiento en la mejora de la vida de las mujeres en los países menos favorecidos, promoviendo así el desarrollo.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Development Cooperation

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Development Cooperation goes, in this tenth edition, to Nubia Muñoz.

Cervical cancer causes around 250,000 deaths per year. Its incidence varies greatly worldwide, but 80 percent of cases affect women of developing countries. The research of Dr. Nubia Muñoz has been instrumental in establishing the link between infection with the human papillomavirus and the development of cervical cancer. Her work has been a true catalyst for vaccine development, and its subsequent application throughout the world, including the most affected countries. In fact, this was the first vaccine specifically targeting the prevention of cancer.

Dr. Nubia Muñoz also represents the leading role that women are having in science, and the role of science and knowledge in improving the life of women in developing countries, and thus promoting development.

«Amo la música desde que tengo memoria. Mi madre me contó que por las noches yo imaginaba que escuchaba música hasta el punto de que no podía dormir y le pedía que apagara la almohada».

“I have loved music for as long as I can remember. My mother told me that I would ask her to turn the pillow off when I couldn't sleep, because I was hearing music inside my head.”

Kaija Saariaho

Handwritten musical score for a contemporary ensemble. The score includes parts for C-Ten, Bc-Bar, S, A, T, B, Fl, Vln I, Vln II, Vla, Vc, Kant, Perc, and Ekc. The page number 26 is visible at the top left. The score is heavily annotated with handwritten notes and markings.

Handwritten annotations include:

- mf* *calmo, tenerez* (above C-Ten part)
- mf* (above S part)
- (mp)* (above T and B parts)
- gliss* (above Vln I and Vln II parts)
- Sempre viv.* (above Kant part)
- * tap the strings with hand on the indicated register* (at the bottom of the page)

Lyrics for the vocal parts:

C-Ten: *...al so an hea-ven born.*

S: *fif-teen the fi-gure the fi-gure that the ten-ain is di- vi- ding hea-ven-ly stars. one for each night*

A: *fif-teen There are hea-ven-ly nymphs one one for each night*

T: *black ki-mo-no Three. five in-to fif-teen Three. five in-to fif-teen Three. five*

B: *black ki-mo-no Three. five in-to fif-teen Three. five in-to fif-teen Three. five*

Other markings include *mp*, *mf*, *gliss*, and *Sempre viv.*



Kaija Saariaho

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Música Contemporánea

Tradición y vanguardia: un entrelazado perfecto

Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marquesa de Châtelet, fue una física francesa que difundió y tradujo al idioma galo las teorías de sir Isaac Newton durante la primera mitad del siglo XVIII. Su faceta de precursora, punta de lanza de la feminidad en un mundo eminentemente masculino —el de la ciencia de la época—, sirvió de inspiración a Kaija Saariaho para componer una ópera —*Émilie* (2010)— y también sirve para establecer un paralelismo con la compositora finlandesa, primera gran figura femenina en este género lírico.

Un paralelismo en el que ciencia y arte se unen tal y como ocurre en el IRCAM parisino, que definió los estudios musicales de Saariaho, y en estos Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento; del mismo modo en que la obra de la compositora finlandesa difumina, en un entrelazado perfecto, vanguardia y tradición, tecnología y música acústica. No en vano Saariaho asegura que ambas disciplinas, arte y ciencia, «se basan en la creatividad»; por eso ella sigue con atención los principales avances científicos.

Las vivencias de su infancia marcaron, en gran medida, el camino que ha recorrido Kaija Saariaho (Helsinki, Finlandia, 1952). Siempre rodeada de un lenguaje poético y evocador, el de la naturaleza salvaje, Saariaho comenzó a amar, a *soñar* la música, desde su primera infancia, desde que tiene memoria. El particular silencio que crea la nieve, los matices sonoros que las pisadas generan en un bosque al caminar después de la lluvia o el embrujo de la aurora boreal determinaron, en su Finlandia natal, una obsesión: el estudio de la acústica.

Así, tras dominar varios instrumentos —entre ellos el órgano, con el que interpretaba a su amado Bach—,

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Contemporary Music

A seamless interweaving of tradition and avant-garde

Émilie Le Tonnelier de Breteuil, Marquise du Châtelet, was a French physicist whose translation of Sir Isaac Newton's theories in the first half of the 18th century introduced Newtonian mechanics into the French-speaking world. Her pioneer status as a solitary female intellectual in an eminently male world – the science establishment of the time – provided Kaija Saariaho with the inspiration for an opera, *Émilie* (2010), as well as finding its modern-day reflection in the figure of this Finnish composer, the first acknowledged female master working in the genre.

In this parallelism, science and art come together, as they do at the IRCAM in Paris, which shaped Saariaho's musical direction, and in these BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards; in much the same way as the work of the Finnish composer seamlessly brings together vanguard and tradition, technology and acoustic music. Significantly, Saariaho describes both disciplines, art and science, as “based on creativity,” and admits to eagerly following the latest scientific developments.

The experiences of her childhood would define much of the life path of Kaija Saariaho (Helsinki, Finland, 1952). Immersed at all times in the poetic, evocative language of untamed nature, from as young as she can remember she not only loved but “dreamed” music. The distinctive silence created by snow, the subtle sonic gradations produced by feet walking through a forest after the rain, or the magic of the Northern lights ignited a passion in Saariaho for the study of acoustics, bequeathed by her native land.

After mastering a number of instruments – among them the organ, on which she would perform her beloved Bach – she decided that what she wanted was

La obra de Saariaho difumina, en un entrelazado perfecto, vanguardia y tradición; tecnología y música acústica. Sus composiciones están repletas de una poética que se podría resumir en una figura literaria: la sinestesia.

Saariaho's oeuvre seamlessly interweaves avant-garde and tradition; technology and acoustic music. Her compositions are instilled with a poetic quality that calls to mind the literary device of synesthesia.

se decidió a componer. Realizó sus estudios primero en la propia Helsinki, en la academia Sibelius — que toma su nombre de Jean Sibelius, el violinista y compositor finlandés cuya música Saariaho admira —. Pasó después por Friburgo, donde coincidió con los compositores Brian Ferneyhough y Klaus Huber. Posteriormente realizó varios de los Cursos Internacionales de Verano de Música Contemporánea de la ciudad alemana de Darmstadt, donde escuchó por primera vez en directo la música espectral. Este primer contacto con el espectralismo hizo que se decantara por continuar sus estudios en París, en el Instituto de Investigación y Coordinación Acústica y Musical, más conocido como IRCAM; un laboratorio de la música, ideado por Pierre Boulez, pegado — física y metafóricamente — a uno de los centros de la experimentación y la vanguardia de los setenta y los ochenta: el Centro Pompidou de la capital francesa. Una decisión que marcaría de manera definitiva tanto la vida de Saariaho — vive en París desde entonces — como su música.

El espectralismo le dio a la compositora finlandesa la capacidad de deshacer el sonido en todas sus capas para poder desarrollar a fondo la escucha profunda, encontrándose así con el color y la textura, que serán después tan característicos de su obra. La experimentación sonora le descubrió que la síntesis electrónica le permitía generar sonidos que no estaban en la naturaleza, pero que conjugaban a la perfección con estos. Empezó, desde entonces, a desdibujar las fronteras de lo acústico y lo electrónico, de la tradición y la vanguardia. Por esa razón, «por crear una voz personal y reconocible» que enlaza los mundos de la música y la tecnología, el jurado ha considerado que Saariaho es la merecedora de la décima edición del Premio Fronteras del Conocimiento en su categoría de Música Contemporánea.

Todos estos elementos están presentes en las obras de Saariaho, pero con una mayor fuerza e intensidad, si cabe, en sus óperas. Su incursión en el gran género lírico fue un proceso lento y natural, gestado poco a poco, casi de un modo involuntario... Las elegantes y majestuosas representaciones que se estrenan en París cautivaron a Saariaho, que comenzaba a jugar con la idea de escribir su propia ópera. Y

to write music. Her first stop was Helsinki's Sibelius Academy – named after Jean Sibelius, the Finnish violinist and composer whose music Saariaho admired. She then moved to Freiburg, where she coincided with the composers Brian Ferneyhough and Klaus Huber, and signed up for various editions of the International Summer Courses for New Music in the German town of Darmstadt, where she had her first live experience of spectral music. It was this encounter with spectralism that made her decide to continue her studies in Paris, at the Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, IRCAM, a music laboratory that was the brainchild of Pierre Boulez, annexed – physically and metaphorically – to one of the hubs of experimentalism and avant-garde art of the 1970s and 1980s, the Centre Pompidou. This decision would mark a turning point in Saariaho's life – she has lived in Paris ever since – and her music.

Spectralism gave the Finnish composer a tool with which to decompose sound into its component layers in order to facilitate deep listening, coaxing out the color and texture that would become so essential to her music. Through sonic experimentation, she discovered that electronic synthesis allowed her to generate sounds not found in nature, but that combined with it perfectly. This was the start of her characteristic blurring of the lines between acoustic and electronic, traditional and avant-garde. Creating a “recognizable personal voice” that interweaves the worlds of acoustic music and technology, in the words of the jury granting Saariaho the Frontiers of Knowledge Award in Contemporary Music.

These elements permeate all of Saariaho's works, but perhaps nowhere more intensely than in her operatic compositions. Her entry to the genre came about in a gradual, organic fashion, step by step, all but involuntarily... The sumptuous productions premiered in Paris had fired Saariaho's imagination, and she began to toy with the idea of writing her own opera. The definitive push came with a Peter Sellars production of Olivier Messiaen's *Saint François d'Assise*, performed at the Salzburg Festival. The visual artistry of the American theater director convinced Saariaho that she could write a work of sufficient power to fill the stage – providing he was with her at the helm. The remaining

la versión que Peter Sellars dirigió en Salzburgo del *San Francisco de Asís*, de Olivier Messiaen, fue el impulso definitivo. La fuerza visual del productor teatral estadounidense convenció a Saariaho de que podía escribir una obra del suficiente dramatismo con él como colaborador en la producción. El terceto lo completó el escritor y periodista libanés Amin Maalouf, que se encargaría del libreto de la que finalmente fue la primera ópera de Saariaho: *L'amour de loin* (El amor de lejos), una obra que trata de los grandes temas universales del ser humano como el amor y la muerte, que cuenta la vida del trovador del siglo XII Jaufré Rudel. Fue un éxito de público inmediato.

La fórmula Saariaho-Maalouf-Sellars se repetiría en todas las óperas de la finlandesa, cuatro en total hasta el momento —la mencionada *L'amour de loin* (2000), *Adriana Mater* (2006), *Émilie* (2010) y *Only the sound remains* (2015). Una constante, la de las colaboraciones fieles y recurrentes, que determina también la trayectoria de Saariaho, quien ha llegado a afirmar que a veces compone no para instrumentos, sino para intérpretes concretos. En España, el director de orquesta Ernest Martínez Izquierdo ha dirigido sus cuatro óperas y casi la totalidad de su catálogo. Sobre la música de la compositora finlandesa destaca que se caracteriza por su componente cromático. Y es que la obra de Saariaho está repleta de una poética que se podría resumir en una figura literaria: la sinestesia. Ella misma reconoce que al componer, algunos instrumentos los imagina con colores. En su mente, cuando imagina la música, siempre tiene un componente visual.

place in this creative triumvirate was filled by the Lebanese writer and journalist Amin Maalouf, who contributed the libretto for what would be Saariaho's first opera: *L'amour de loin* (Love from afar), a work dealing with the great universal themes, like love and death, that occupy the human spirit, narrated through the story of the 12th-century troubadour Jaufré Rudel. And an immediate success with audiences.

The Saariaho-Maalouf-Sellars formula would be repeated for all the Finnish composer's operas, a total of four so far – *L'amour de loin* (2000), *Adriana Mater* (2006), *Émilie* (2010) and *Only the Sound Remains* (2015). Indeed this habit of returning to her most trusted collaborators is deeply ingrained in Saariaho's artistic practice, to the extent that she claims at times to write for specific performers rather than specific instruments. In Spain, Ernest Martínez Izquierdo has conducted her four operas and most of the rest of her catalogue. Asked what best characterizes the Finnish composer's music, he singles out its color. For Saariaho's oeuvre is instilled with a poetic quality that calls to mind the literary device of synesthesia. And indeed she admits that, as she writes, she imagines some instruments as colors. In her mind, when she imagines music, the visual element is always present.



Más información:



More information:





Nicholas Cook

Presidente del jurado

Es catedrático emérito de Música en la Universidad de Cambridge. Anteriormente fue *professorial research fellow* en la Royal Holloway de la Universidad de Londres, donde dirigió el Centro AHRC de Investigación de la Historia y el Análisis de Música Grabada (CHARM). Su libro *The Schenker project: Culture, race, and music theory in fin-de-siècle Vienna* recibió el Premio Wallace Berry de la Society for Music Theory. Su trabajo se centra en perspectivas sociales e interculturales sobre música, creatividad musical y multimedia digital, y está concluyendo un proyecto de tres años sobre musicología relacional.

Chair of the jury

Emeritus Professor of Music at the University of Cambridge (United Kingdom). He was formerly Professorial Research Fellow at Royal Holloway, University of London, where he headed the AHRC Research Centre for the History and Analysis of Recorded Music (CHARM). His book *The Schenker Project: Culture, Race, and Music Theory in Fin-de-siècle Vienna* received the Wallace Berry Award of the Society for Music Theory. His current work focuses on social and intercultural perspectives on music, musical creativity and digital multimedia.



Pwyll AP Siôn

Secretario del jurado

Musicólogo y compositor, es catedrático de Música en la Escuela de Música de la Universidad de Bangor (Reino Unido). Su investigación y docencia se centran en la música minimalista, las nuevas tonalidades del siglo XXI y la referencialidad en la música contemporánea. En 2007 coorganizó la I Conferencia Internacional de Música Minimalista y contribuyó a establecer la Sociedad para la Música Minimalista. Entre sus libros figuran *The music of Michael Nyman*; *Michael Nyman: Collected writings*; *The Ashgate research companion to minimalist and postminimalist music*.

Secretary of the jury

A musicologist and composer, he is currently Professor in Music at the School of Music of Bangor University (United Kingdom). His research and teaching interests include minimalist music, the new tonality of the 21st century and reference and quotation in contemporary music. In 2007 he co-organized the First International Conference on Minimalist Music and helped establish the Society for Minimalist Music. His book publications include *The Music of Michael Nyman*, *Michael Nyman: Collected Writings*, and *The Ashgate Research Companion to Minimalist and Postminimalist Music*.



Tom Huizenga

Productor musical, periodista y bloguero en la cadena de radio NPR Music. Es corresponsal en música clásica para los informativos de NPR, gestiona el blog *Cadencia engañosa* de la cadena y es crítico de música en el programa vespertino *All Things Considered*. Además, supervisa la cobertura de música clásica de la cadena. Durante siete años fue productor, guionista y editor del programa diario de música clásica *Performance Today*, ganador del Premio Peabody, y de los programas *SymphonyCast* y *World of Opera*. Es crítico musical y de discos en el *Washington Post* desde hace quince años.

Music producer, reporter and blogger for NPR Music. He contributes stories about classical music to NPR news programs, hosts the network's classical music blog *Deceptive Cadence*, and is a music critic on the afternoon program *All Things Considered*. He also supervises NPR's general classical music coverage. He spent seven years as producer, writer and editor for the Peabody Award-winning classical music show *Performance Today* and for programs *SymphonyCast* and *World of Opera*. Huizenga has reviewed concerts and recordings for the *Washington Post* since 2002.



Leila Josefowicz

Violinista nacida en Toronto (Canadá), se formó en el Instituto Curtis de Música, en Filadelfia (Estados Unidos). Autores como John Adams, Esa-Pekka Salonen, Colin Matthews, Steven Mackey y Luca Francesconi han escrito obras para ella. Ha actuado con las sinfónicas de Chicago, Cincinnati, Baltimore y Melbourne, con la Orquesta del Centro Nacional de las Artes de Ottawa, la Orquesta Filarmónica de Radio Francia y la Orquesta y Coro Nacionales de España, entre otras formaciones. Su grabación del *Concierto para violín* de Esa-Pekka Salonen con la Orquesta Sinfónica de la Radio Finesa fue nominada a un Premio Grammy en 2014.

Born in Toronto (Canada), she trained as a violinist at the Curtis Institute of Music in Philadelphia (United States). Composers like John Adams, Esa-Pekka Salonen, Colin Matthews, Steven Mackey and Luca Francesconi have written works for her. She has performed, among others, with the Chicago, Cincinnati, Baltimore and Melbourne symphony orchestras, Ottawa's National Arts Centre Orchestra, the Orchestre Philharmonique de Radio France and the Orquesta y Coro Nacionales de España. In 2014 her recording of Esa-Pekka Salonen's Violin Concerto with the Finnish Radio Symphony Orchestra was nominated for a Grammy Award.



Andrew McGregor

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

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



Alex Ross

Se formó en Harvard con el compositor Peter Lieberson y obtuvo la licenciatura en Filología Inglesa con una tesis sobre James Joyce. Entre 1992 y 1996 fue crítico musical en el *New York Times*. Desde 1993 es crítico musical y redactor en *The New Yorker*. Es autor de *El ruido eterno: escuchar al siglo XX a través de la música* —finalista al Premio Pulitzer y al Premio Samuel Johnson en la categoría de No Ficción— y de *Escucha esto*. Entre otros premios, ha recibido en tres ocasiones el Deems Taylor de la Sociedad Americana de Compositores, Autores y Editores.

He studied under composer Peter Lieberson at Harvard University, earning an AB in English with a thesis on James Joyce. From 1992 to 1996 he worked as music critic for the *New York Times*. He began contributing to *The New Yorker* in 1993 and joined the staff there in 1996. He is author of the books *The Rest Is Noise: Listening to the Twentieth Century*, a non-fiction finalist for the Pulitzer Prize and Samuel Johnson Prize – and *Listen to This*. Among other distinctions, he is a three-time winner of the Deems Taylor Award of the American Society of Composers, Authors, and Publishers.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

Música Contemporánea

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Música Contemporánea ha sido concedido en su décima edición a Kaija Saariaho por una contribución a la música contemporánea que es extraordinaria en su individualidad, amplitud y alcance.

Saariaho ha conjugado diversos elementos del estilo musical contemporáneo para crear una voz personal reconocible que es intensamente comunicativa. Su conocimiento profundo de la tecnología musical se refleja en una aproximación altamente original a la escritura vocal e instrumental, y sus óperas abordan temas imperecederos como el amor, la guerra y la experiencia humana. Sus obras llegan más allá del público tradicional de la música contemporánea y transmiten con viveza la fuerza, relevancia y potencial de la tradición clásica.

Sus primeras obras, como *Lichtbogen* —cuya fuente de inspiración es la aurora boreal—, muestran un entrelazado perfecto entre los mundos de la música acústica y la tecnología. Composiciones posteriores como *Orion* traen estas mismas cualidades a la música puramente instrumental, resultando en una calidad única que es casi tan visual como sonora: hay en su música una belleza especial que combina lo visceral con lo evocador, al tiempo que mantiene un alto nivel de refinamiento. Estas cualidades se mezclan en su ópera *L'amour de loin*, cuyo éxito internacional la llevó a la primera línea de un mundo en el que las mujeres han estado tradicionalmente infrarrepresentadas. Construyendo sobre un lenguaje musical de un atractivo a veces muy especializado, Saariaho ha logrado comunicar con una audiencia amplia al tiempo que permanecía fiel a sus propias convicciones.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award

Contemporary Music

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Contemporary Music goes, in this tenth edition, to Kaija Saariaho, for a contribution to contemporary music that is extraordinary in its individuality, breadth, and scope.

Saariaho has drawn together diverse elements of contemporary musical style to create a recognizable personal voice that is intensely communicative. Her deep understanding of musical technology is reflected in a highly original approach to vocal and instrumental writing, while her operas address enduringly important themes of love, war, and human experience. Her works reach beyond traditional audiences for contemporary music and vividly demonstrate the continuing strength, relevance and potential of the classical tradition.

Earlier works such as *Lichtbogen*, inspired by the Northern lights, exhibit a seamless interweaving of the worlds of acoustic music and technology. Later works such as *Orion* bring the same qualities to purely instrumental music, resulting in a unique quality that is almost as visual as it is sonorous: there is a special beauty to her music that combines the visceral and the evocative while always remaining highly refined. These qualities are combined in her opera *L'amour de loin*, the international success of which positioned her at the forefront of a world in which women have traditionally been under-represented. Building on a musical language that has at times been highly specialized in its appeal, Saariaho has succeeded in communicating to a wide audience while remaining true to her own convictions.

Coordinadora / Coordinator

María Victoria Moreno Arribas

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

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

Paloma Adeva Ramos

Coordinadora del Área de Ciencia y Tecnología de Materiales y profesora de investigación en el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CSIC)

Coordinator of the Materials Science and Technology Area and Research Professor at the National Center for Metallurgical Research (CSIC)

Alberto Casas González

Profesor de investigación del Instituto de Física Teórica (CSIC)
Research Professor at the Institute for Theoretical Physics (CSIC)

Asunción Fernández Camacho

Profesora de investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (CSIC)

Research Professor at the Institute of Materials Science of Seville (CSIC)

Marta Fernández García

Investigadora científica en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC)

Research Scientist at the Institute for Polymer Science and Technology (CSIC)

Óscar García Prada

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

Research Professor at the Institute of Mathematical Sciences (CSIC)

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

Carmen García García

Coordinadora del Área de Ciencia y Tecnologías Físicas y profesora de investigación en el Instituto de Física Corpuscular (CSIC)

Coordinator of the Physical Science and Technologies Area and Research Professor at the Institute of Corpuscular Physics (CSIC)

Ángela Ribeiro Seijas

Científica titular en el Centro de Automática y Robótica (CSIC)

Tenured Researcher at the Center for Automation and Robotics (CSIC)

Juan Antonio Rodríguez Aguilar

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

Tenured Researcher at the Artificial Intelligence Research Institute (CSIC)

Federico Thomas Arroyo

Profesor de investigación en el Instituto de Robótica e Informática Industrial (CSIC)

Research Professor at the Institute of Robotics and Industrial Computing (CSIC)

Roberta Zambrini

Científica titular en el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute of Interdisciplinary Physics and Complex Systems (CSIC)

Biomedicina **Biomedicine**

Susana Alemany de la Peña

Coordinadora del Área de Biología y Biomedicina e investigadora científica en el Instituto de Investigaciones Biomédicas Alberto Sols (CSIC)

Coordinator of the Biology and Biomedicine Area and Research Scientist at the Biomedical Research Institute "Alberto Sols" (CSIC)

Ana Aranda Iriarte

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

Research Professor at the Biomedical Research Institute "Alberto Sols" (CSIC)

Jesús Ávila de Grado

Profesor de investigación en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CSIC)

Research Professor at the Molecular Biology Center "Severo Ochoa" (CSIC)

Dolores González Pacanowska

Profesora de investigación en el Instituto de Parasitología y Biomedicina López Neyra (CSIC)

Research Professor at the Institute of Parasitology and Biomedicine "López Neyra" (CSIC)

María Isabel Medina Méndez

Coordinadora del Área de Ciencia y Tecnología de Alimentos y profesora de investigación en el Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC)

Coordinator of the Food Science and Technology Area and Research Professor at the Institute of Marine Research (CSIC)

Cambio Climático **Climate Change**

Francisca Martínez Ruiz

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

Research Scientist at the Andalusian Earth Sciences Institute (CSIC)

Eulalia Moreno Mañas

Coordinadora del Área de Recursos Naturales y profesora de investigación en la Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC)

Coordinator of the Natural Resources Area and Research Professor at the Arid Zones Experimental Station (CSIC)

Rafael Simó Martorell

Profesor de investigación en el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)

Research Professor at the Institute of Marine Sciences (CSIC)

Ecología y Biología de la Conservación

Ecology and Conservation Biology

Eulalia Moreno Mañas

Coordinadora del Área de Recursos Naturales y profesora de investigación en la Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC)

Coordinator of the Natural Resources Area and Research Professor at the Arid Zones Experimental Station (CSIC)

Daniel Oró de Rivas

Profesor de investigación en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC)

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

Anna Traveset Vilagines

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

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

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Economics, Finance and Management

José Antonio Berenguer Sánchez

Coordinador del Área de Humanidades y Ciencias Sociales e investigador científico en el Instituto de Lenguas y Culturas del Mediterráneo y Oriente Próximo (CSIC)

Coordinator of the Humanities and Social Sciences Area and Research Scientist at the Institute of Languages and Cultures of the Mediterranean and the Middle East (CSIC)

Matthew Ellman

Científico titular en el Instituto de Análisis Económico (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute for Economic Analysis (CSIC)

Adela García Aracil

Científica titular en el Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute of Innovation and Knowledge Management (CSIC)

Catalina Martínez García

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

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

Francisco Javier Sanz Cañada

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

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

Cooperación al Desarrollo

Development Cooperation

Helena Gómez Macpherson

Científica titular en el Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC)

Tenured Researcher at the Institute of Sustainable Agriculture (CSIC)

Ramón González García

Profesor de investigación en el Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC)

Research Professor at the Institute of Grapevine and Wine Sciences (CSIC)

Enrique Playán Jubillar

Profesor de investigación en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC)

Research Professor at Aula Dei Experimental Station (CSIC)

Ángel Ruiz Mantecón

Coordinador del Área de Ciencias Agrarias y profesor de investigación en el Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC)

Coordinator of the Agricultural Sciences Area and Research Professor at the Mountain Stockbreeding Institute (CSIC)

Francisco Tomás Barberán

Profesor de investigación en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC)

Research Professor at the Center of Soil Science and Applied Biology of the Segura Basin (CSIC)

Música Contemporánea

Contemporary Music

José Antonio Berenguer Sánchez

Coordinador del Área de Humanidades y Ciencias Sociales e investigador científico en el Instituto de Lenguas y Culturas del Mediterráneo y Oriente Próximo (CSIC)

Coordinator of the Humanities and Social Sciences Area and Research Scientist at the Institute of Languages and Cultures of the Mediterranean and the Middle East (CSIC)

Antonio Ezquerro Esteban

Investigador científico en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

Research Scientist at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)

María Gembero Ustárroz

Científica titular en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

Tenured Researcher at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)

Luis Antonio González Marín

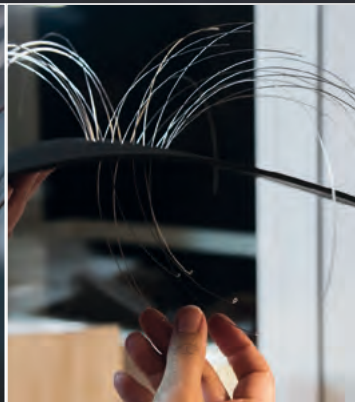
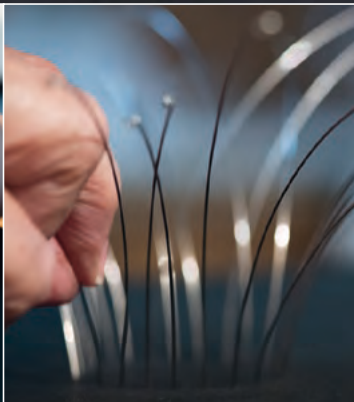
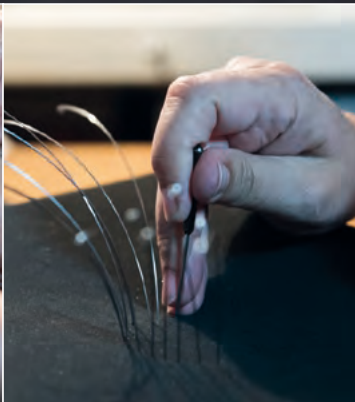
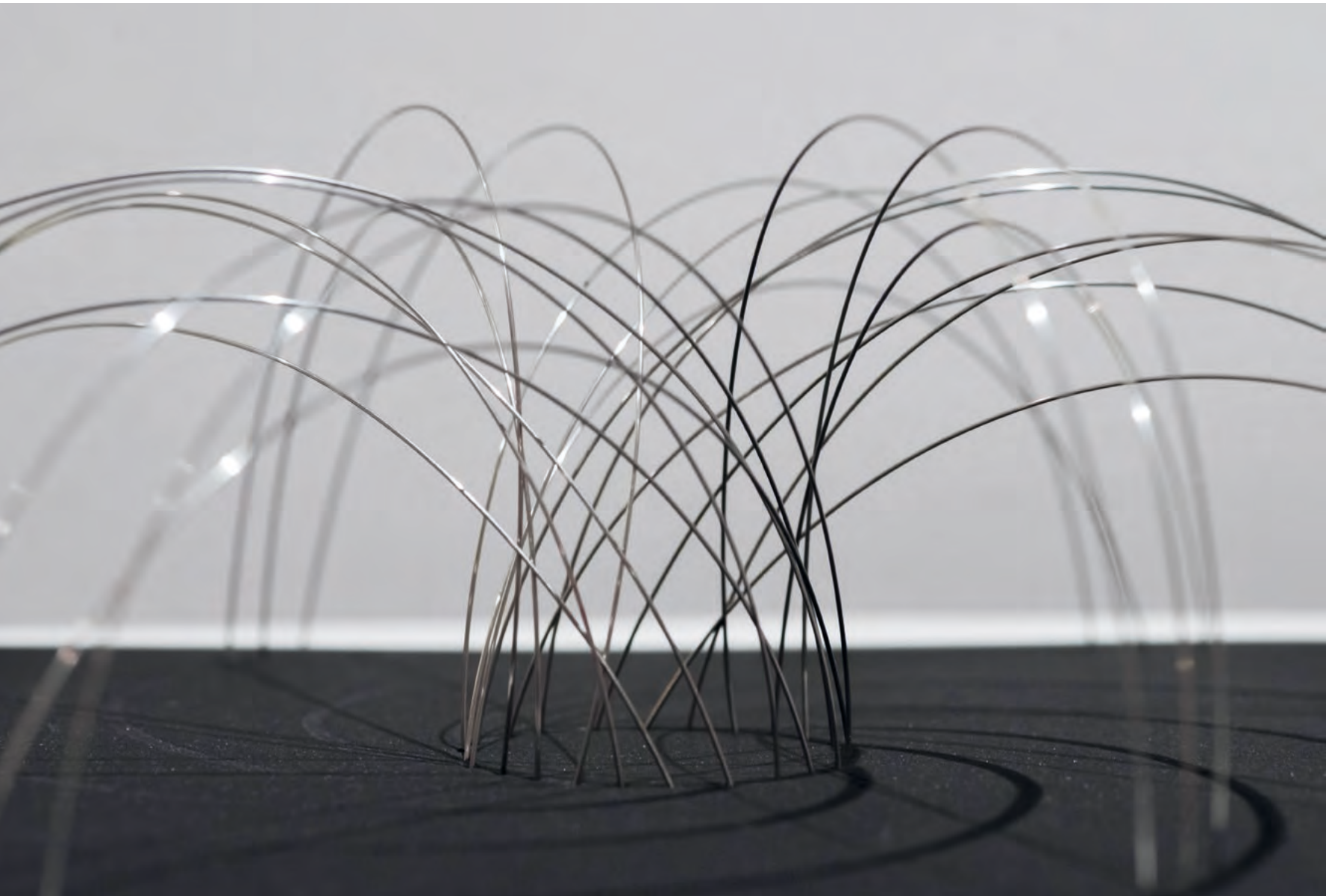
Científico titular en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

Tenured Researcher at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)

Emilio Ros Fábregas

Investigador científico en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)

Research Scientist at the Milá i Fontanals Institution (CSIC)



Símbolo artístico *Fronteras del Conocimiento*

Artista: Blanca Muñoz

Blanca Muñoz se licenció en Bellas Artes en la Universidad Complutense de Madrid. Fue becada por el Gobierno de Italia en la Calcografía Nazionale (1989), por la Real Academia de España en Roma (1990) y por la Dirección de Relaciones Exteriores de México (en México DF, 1992). Ha recibido una Beca Leonardo a Investigadores y Creadores Culturales Fundación BBVA 2014, y ha sido galardonada con numerosos premios de grabado y de escultura, entre los que se encuentra el Premio Nacional de Grabado, obtenido en 1999.

Esculturas públicas: *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); *Leónidas*, Estación de Príncipe Pío, Madrid (2004).

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

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

En el símbolo artístico de los **Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento** — señala la artista — he tratado de sintetizar las ocho categorías seleccionadas y, al mismo tiempo, interrelacionar todas las disciplinas en un continuo desafío hacia nuevos avances del conocimiento. He elegido la espiral como símbolo de la imagen de la vida en numerosas culturas porque es la mejor solución para crecer en poco espacio y la mejor forma para representar la continuidad. La espiral se expande infinitamente desde el punto de origen. Pensando en todo ello he marcado tres espirales. Cada una está segmentada originando siete puntos, además de un octavo que es común y desde el cual parten todas ellas. Es decir, he tratado de acompasar las siete disciplinas científicas al son de la octava: la música contemporánea.

Frontiers of Knowledge artwork

Artist: Blanca Muñoz

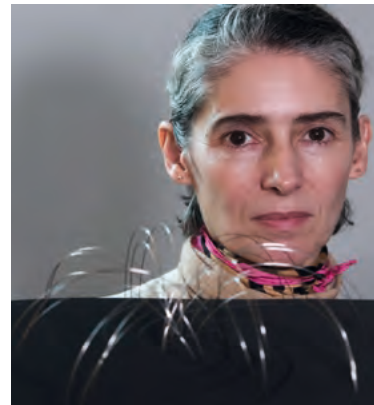
Blanca Munoz obtained a B.A. in Fine Arts from the Universidad Complutense de Madrid. She has held scholarships at Calcografía Nazionale (1989), awarded by the Italian Government, at the Spanish Royal Academy in Rome (1990), and in Mexico City (1992), awarded by the Mexican Department of Foreign Affairs. Recipient of a 2014 Leonardo Grant for Researchers and Cultural Creators from the BBVA Foundation, her many distinctions as a sculptor and printmaker include the 1999 National Print Prize.

Public sculptures: *Géminis*, Torre Cepsa, architect Norman Foster, Madrid (2009); *Panta rei*, Malaga (2008); *Eclíptica*, Badajoz Exhibition Center (2006); *Perseidas II*, Parque de la Curva de Elorrieta, Bilbao (2004); *Leónidas*, Príncipe Pío Station, Madrid (2004).

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

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

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





Concierto

Concert

Orquesta Sinfónica de Madrid

Pedro Halffter Caro, director

Primera parte (30')

Ludwig van Beethoven (1770-1827)

Fidelio, op. 72

- Obertura

Kaija Saariaho (1952)

Laterna Magica

Segunda parte (62')

Gustav Mahler (1860-1911)

Sinfonía n.º 1 en re mayor, «Titán»

- I. Langsam. Schleppend
- II. Kräftig bewegt, doch nicht zu schnell
- III. Feierlich und gemessen, ohne zu schleppen
- IV. Stürmisch bewegt

Cristóbal Halffter (1930)

Tiento del primer tono y batalla imperial

12 de junio de 2018
19:30 horas
Teatro Real
Madrid

Orquesta Sinfónica de Madrid

Pedro Halffter Caro, conductor

Part one (30')

Ludwig van Beethoven (1770-1827)

Fidelio, op. 72

- Overture

Kaija Saariaho (1952)

Laterna Magica

Part two (62')

Gustav Mahler (1860-1911)

Symphony No. 1 in D major, "Titan"

- I. Langsam. Schleppend
- II. Kräftig bewegt, doch nicht zu schnell
- III. Feierlich und gemessen, ohne zu schleppen
- IV. Stürmisch bewegt

Cristóbal Halffter (1930)

Tiento del primer tono y batalla imperial

June 12, 2018
19:30
Teatro Real
Madrid



Ceremonia de entrega

Presentation ceremony

Acto de entrega de los Premios

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Omar Yaghi

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Shafi Goldwasser

Silvio Micali

Ronald L. Rivest

Adi Shamir

Biomedicina

James P. Allison

Cambio Climático

William Nordhaus

Ecología y Biología de la Conservación

B. Rosemary Grant

Peter R. Grant

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Timothy Bresnahan

Ariel Pakes

Robert Porter

Cooperación al Desarrollo

Nubia Muñoz

Música Contemporánea

Kaija Saariaho

Clausura

Discurso de la Presidenta del CSIC

Discurso del Presidente de la Fundación BBVA

Discurso de la Ministra para la Transición Ecológica

Cóctel en el Jardín del Palacio

13 de junio de 2018

19 horas

Fundación BBVA

Palacio del Marqués de Salamanca

Madrid

Awards presentation

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Omar Yaghi

Information and Communication Technologies

Shafi Goldwasser

Silvio Micali

Ronald L. Rivest

Adi Shamir

Biomedicine

James P. Allison

Climate Change

William Nordhaus

Ecology and Conservation Biology

B. Rosemary Grant

Peter R. Grant

Economics, Finance and Management

Timothy Bresnahan

Ariel Pakes

Robert Porter

Development Cooperation

Nubia Muñoz

Contemporary Music

Kaija Saariaho

Closing addresses

Speech by the President of CSIC

Speech by the President of the BBVA Foundation

Speech by the Minister for the Ecological Transition

Cocktail in the Palace garden

June 13, 2018

19:00

BBVA Foundation

Marqués de Salamanca Palace

Madrid



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)



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)



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

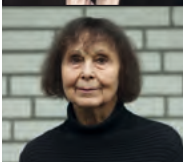
Geoffrey Hinton · Universidad de Toronto (Canadá) / University of Toronto (Canada)



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

Daron Acemoglu · Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos)

Massachusetts Institute of Technology (United States)



Música Contemporánea / Contemporary Music

Sofia Gubaidulina · Compositora (Federación de Rusia) / Composer (Russian Federation)



Cambio Climático / Climate Change

James E. Hansen · Universidad de Columbia (Estados Unidos) / Columbia University (United States)

Syukuro Manabe · Universidad de Princeton (Estados Unidos) / Princeton University (United States)



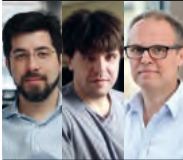
Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

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)



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 (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)



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology
Ilkka Hanski · Universidad de Helsinki (Finlandia) / University of Helsinki (Finland)



Tecnologías de la Información y la Comunicación / Information and Communication Technologies
Stephen A. Cook · Universidad de Toronto (Canadá) / University of Toronto (Canada)



Economía, Finanzas y Gestión de Empresas / Economics, Finance and Management
Robert B. Wilson · Universidad de Stanford (Estados Unidos) / Stanford University (United States)



Música Contemporánea / Contemporary Music
Georges Aperghis · Compositor (Grecia) / Composer (Greece)



Cambio Climático / Climate Change
Veerabhadran Ramanathan · Universidad de California en San Diego (Estados Unidos)
University of California, San Diego (United States)



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation
Martin Ravallion · Universidad de Georgetown (Estados Unidos) / Georgetown University (United States)



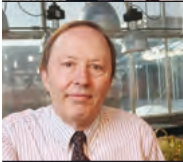
Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) / Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

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)



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

David Tilman · Universidad de Minnesota (Estados Unidos) / University of Minnesota (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)



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

Richard Blundell · University College de Londres / University College London (United Kingdom)
David Card · Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos) / University of California, Berkeley (United States)



Música Contemporánea / Contemporary Music

György Kurtág · Compositor (Hungría) / Composer (Hungary)



Cambio Climático / Climate Change

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



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

Helen Keller International · Estados Unidos / United States



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)



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

Paul R. Ehrlich · Universidad de Stanford (Estados Unidos) / Stanford University (United States)



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)



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)



Música Contemporánea / Contemporary Music

Steve Reich · Compositor (Estados Unidos) / Composer (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)



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

Pratham · India



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)



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

Jane Lubchenco · Universidad Estatal de Oregón (Estados Unidos) / Oregon State University (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)



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

Paul R. Milgrom · Universidad de Stanford (Estados Unidos) / Stanford University (United States)



Música Contemporánea / Contemporary Music

Pierre Boulez · Compositor y director (Francia) / Composer and conductor (France)



Cambio Climático / Climate Change

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



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative) · Suiza / Switzerland



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

Michel G.E. Mayor · Universidad de Ginebra (Suiza) / University of Geneva (Switzerland)
Didier Queloz



Biomedicina / Biomedicine

Alexander Varshavsky · 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)



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)



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

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



Música Contemporánea / Contemporary Music

Salvatore Sciarrino · Compositor (Italia) / Composer (Italy)



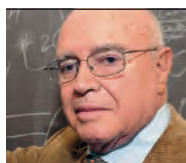
Cambio Climático / Climate Change

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



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

Ciro de Quadros · Sabin Vaccine Institute (Estados Unidos / United States)



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)
Kyoto University (Japan) and University of California, San Francisco (United States)
Premio Nobel en Fisiología y Medicina 2012 / Nobel Prize in Physiology or Medicine 2012



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

Edward O. Wilson · Universidad de Harvard (Estados Unidos) / Harvard University (United States)



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

Donald E. Knuth · Universidad de Stanford (Estados Unidos) / Stanford University (United States)



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

Lars Peter Hansen · Universidad de Chicago (Estados Unidos) / University of Chicago (United States)
Premio en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel 2013
Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2015



Música Contemporánea / Contemporary Music

Helmut Lachenmann · Compositor (Alemania) / Composer (Germany)



Cambio Climático / Climate Change

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



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

International Rice Research Institute (IRRI) · Filipinas / The Philippines



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



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

Peter B. Reich · Universidad de Minnesota (Estados Unidos) / University of Minnesota (United States)



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

Thomas Kailath · Universidad de Stanford (Estados Unidos) / Stanford University (United States)



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

Andreu Mas-Colell · Universidad Pompeu Fabra (España) / Pompeu Fabra University (Spain)

Hugo Sonnenschein · Universidad de Chicago (Estados Unidos) / University of Chicago (United States)



Música Contemporánea / Contemporary Music

Cristóbal Halffter · Compositor y director (España) / Composer and conductor (Spain)



Cambio Climático / Climate Change

Klaus Hasselmann · Instituto Max Planck de Meteorología (Alemania)

Max Planck Institute for Meteorology (Germany)



Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation

Development Research Institute (DRI) · Universidad de Nueva York (Estados Unidos)

New York University (United States)



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)



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

Thomas E. Lovejoy · Instituto Smithsonian (Estados Unidos) / Smithsonian Institution (United States)
William F. Laurance



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

Jacob Ziv · Instituto Technion (Israel) / Technion Institute (Israel)



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

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



Artes (Música, Pintura, Escultura, Arquitectura) / Arts (Music, Painting, Sculpture, Architecture)

Steven Holl · Universidad de Columbia (Estados Unidos) / Columbia University (United States)



Cambio Climático / Climate Change

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



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)

Fundación BBVA

Plaza de San Nicolás, 4 · 48005 Bilbao
Paseo de Recoletos, 10 · 28001 Madrid
España / Spain
www.fbbva.es

Textos / Texts

Pablo Jáuregui:

Ciencias Básicas; Ecología y Biología de la Conservación /
Basic Sciences; Ecology and Conservation Biology

Mónica González Salomone:

Biomedicina; Tecnologías de la Información y la Comunicación; Cambio
Climático; Cooperación al Desarrollo; *Decir de lo que es, que es* /
Biomedicine; Information and Communication Technologies;
Climate Change; Development Cooperation; *To say of what is that it is*

Juan Pujol:

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas; Música Contemporánea /
Economics, Finance and Management; Contemporary Music

Carlos Gil:

Jurados / Juries

Traducción / Translations

Karen Welch

Diseño gráfico y producción / Graphic design and production

nu comunicación

Impresión / Printed by

Gráficas Ingugom

Depósito Legal / Legal deposit: BI-899-2018

Impreso en España / Printed in Spain

Impreso en papel ecológico / Printed on environmentally responsible paper

Créditos fotográficos / Photo credits

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

- 7 CSIC
- 8 *(Adi Shamir)* Erik Tews
- 13 John Russo, University of Bristol
- 23 Getty Images
- 24 *(Adi Shamir)* Erik Tews, *(Kaija Saariaho)* Maarit Kytöharju
- 27 *(Adi Shamir)* Ira Abramov
- 31 Wei Li, National Eye Institute, National Institutes of Health
- 35 University of Texas MD Anderson Cancer Center
- 39 NASA/John Sonntag
- 47 NOAA MESA Project
- 51 *(arriba/top)* Rosemary and Peter Grant
(abajo/bottom) Princeton University, Office of Communications, Denise Applewhite
- 57 Proyecto Urban Discovery: BBVA Data & Analytics y CARTO
- 66-67 ESO/ATLASGAL consortium; ESA/Planck
- 69 Getty Images
- 77 Kaija Saariaho, *Only the Sound Remains* (2015)
- 78 Maarit Kytöharju
- 82 *(Alex Ross)* John D. & Catherine T. MacArthur Foundation
- 84 Teatro Real

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

