

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Francisco González
Presidente
Fundación BBVA

President
BBVA Foundation

En su octava edición, los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento nos ofrecen un año más la oportunidad de celebrar la curiosidad y el talento de quienes, herederos y continuadores de un esfuerzo cooperativo y continuado, han aportado contribuciones singulares que marcan nuevas rutas para afrontar los desafíos y retos que se nos presentan colectiva o individualmente.

La Fundación BBVA, fiel a sus objetivos de impulsar el conocimiento y reconocer el talento, diseñó estos premios para distinguir contribuciones concretas, pero también para dar visibilidad a personas que, liderando equipos y proyectos, las han hecho posibles, además de para destacar los valores y motivaciones que impulsan a lograr sus metas.

Estos galardones son una apuesta por el conocimiento tal y como se genera en el siglo XXI, respondiendo a las actuales formas de trabajar de la comunidad científica e incorporando áreas y retos propios de nuestro tiempo. Esa apuesta ha sido un éxito gracias a la colaboración del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a la decisiva participación de muchas entre las mejores instituciones investigadoras y académicas del mundo en el proceso de nominación, y a la objetividad y excelencia de los ocho jurados internacionales, uno por categoría, formados por expertos de primer nivel.

Gracias a todos ellos podemos apreciar el valor y la trascendencia del trabajo de nuestros galardonados, de entre los que queremos hacer una mención especial al ecólogo Ilkka Hanski, que tuvo la satisfacción de saberse premiado antes de su reciente fallecimiento y a quien queremos dedicar un recuerdo muy especial.

Nos gustaría que los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento sirvieran para hacer expreso el reconocimiento implícito que como sociedad otorgamos y merecen personas particularmente creativas e innovadoras, capaces de hacer la pregunta adecuada, construir modelos y obras de una elegancia y potencia singular y, en definitiva, abrir nuevas rutas para encontrar respuestas que facilitan, individual y colectivamente, ampliar la frontera del conocimiento y la sensibilidad con ganancias claras en los planos cognitivo, cultural y aplicado.

In this eighth edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards, we are once again privileged to celebrate the curiosity and talent of the authors of singular contributions that map out new paths to address our individual and societal goals and challenges, as part of the ongoing cooperative enterprise that is the advancement of human understanding.

The BBVA Foundation designed these awards to honor specific contributions, in furtherance of its goals of promoting knowledge and recognizing talent, but also to train a spotlight on those who made them possible at the head of their respective teams and projects, and identify the values and motivations that inspired their achievements.

The awards advocate for knowledge as it is generated in the 21st century, taking on board the new modes of working of the scientific community and incorporating areas and challenges that are distinctly of our time. The success they have enjoyed rests on the collaboration of the Spanish National Research Council (CSIC), the participation in the nomination process of many of the world's finest research and academic institutions, and the objectivity and excellence of the eight international juries, one in each category, formed by authorities in the subject area.

It is thanks to them that we can appreciate the value and transcendence of the work done by our laureates. Among them, special mention must be made of ecologist Ilkka Hanski, who had the satisfaction of hearing of the award before his recent death, and is at this time present in our thoughts.

Our wish is that these BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards bring out the latent regard in which we as a society rightly hold the most creative and innovative among us. Those who know how to ask the right question, construct models and works of singular beauty and power and, in short, open new avenues and unlock solutions with the ability to individually and collectively extend the frontiers of knowledge and sensibility, with palpable benefits in the cognitive, cultural and applied domains.



Emilio Lora-Tamayo

Presidente
CSIC

President
CSIC

En 2016 se convocan elecciones presidenciales en los Estados Unidos, como viene ocurriendo en los años bisiestos; se celebran unos Juegos Olímpicos en Río de Janeiro; se conmemoran los cuatrocientos años de la muerte de Miguel de Cervantes y William Shakespeare, los escritores más destacados de las dos lenguas con mayor difusión del planeta. Estos y otros fastos no parecen, sin embargo, afectar mucho la marcha casi inexorable de los avances científicos, que sigue su curso sin que le afecten sobremanera los acontecimientos de carácter político, deportivo o cultural.

La razón de ello es probablemente una aparente asincronía de la actividad científica con respecto a otros ámbitos de la vida. Los científicos parecen centrarse en su actividad investigadora aun en medio del fragor y del ruido de la realidad circundante, de la misma forma en que lo estaba Arquímedes cuando las legiones romanas tomaron la ciudad de Siracusa y la sometieron. El relato histórico acerca de este hecho parece más o menos verídico, aunque se conserva con no pocas variantes. Arquímedes era un ingenioso inventor al que debemos entre otros el famoso *tornillo de Arquímedes* para subir agua, la *manus ferrea* o garra diseñada para hundir las naves atacantes, además de otros artilugios. Como matemático fue uno de los grandes.

No es pues nada extraño que la Medalla Fields que honra a los mejores matemáticos del mundo lleve su efigie y una frase suya traducida al latín: *transire suum pectus mundoque potiri*, ‘superarse uno mismo y dominar el mundo’.

Si bien el general romano Marcelo había dado órdenes precisas a sus soldados de respetar la vida de Arquímedes, uno de sus legionarios le dio muerte con su espada cuando encontró al anciano abstraído tratando de resolver un problema con circunferencias trazadas en el suelo y, sin mirarlo a la cara, le conminó: *noli turbare circulos meos*, ‘no me estropees mis círculos’.

En su caso, pues, lo que hemos calificado de *asincronía* de la investigación científica tuvo unas consecuencias fatales, lo que no ocurre con los científicos de este catálogo Fronteras del Conocimiento que simplemente desarrollan su vocación, su pasión y su profesión un poco al margen del ruido ambiente, sí, pero con idéntica brillantez año tras año.

In 2016, the United States will hold presidential elections, as is customary in leap years; Rio de Janeiro will host the Olympic Games; and we commemorate the 400th anniversary of the deaths of Miguel de Cervantes and William Shakespeare, the two most celebrated writers in the two most widely spoken world languages. Yet these and other milestones appear to impinge little on the determinedly onward march of science, which continues its course in almost complete indifference to political, sporting or cultural events.

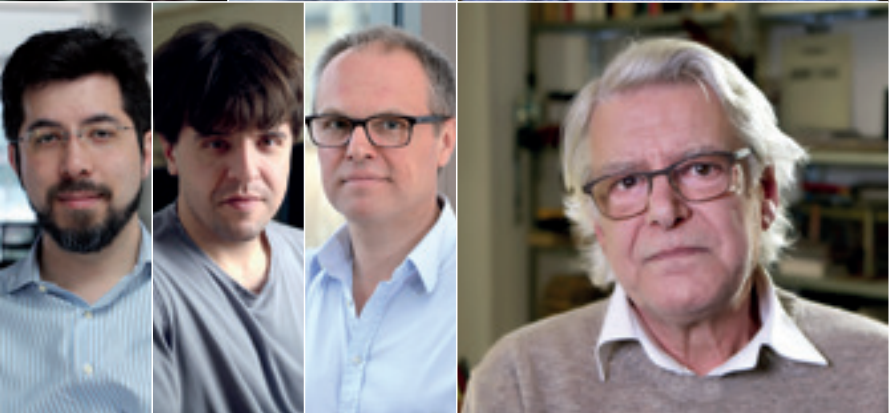
The reason, probably, is the outward asynchrony between scientific activity and other walks of life: scientists seem content to press on with their research amid the sound and fury of the reality that surrounds them, much like Archimedes when the Roman legions captured and subjugated his native city of Syracuse. The historical account of this incident appears more or less factual, despite the multiple versions that have come down to us. Archimedes was a brilliant inventor, to whom we owe devices like the famous “Archimedes’ screw” for pumping up water or the *manus ferrea*, a claw-like weapon designed to ward off amphibious assault. And certainly as a mathematician, his name figures among the greats.

It is no surprise then that the Fields Medal honoring the world’s best mathematicians bears his likeness along with words of his translated into Latin: *transire suum pectus mundoque potiri*, “rise above oneself and grasp the world.”

The Roman general Marcellus gave his troops precise instructions that Archimedes was to be spared. But the legionnaire who broke in on him as he vied with a problem involving circumferences drawn on the floor, responded to the old man’s dismissive words – *noli turbare circulos meos*, “do not disturb my circles” – by killing him with his sword.

In his case, the aforementioned “asynchrony” of scientific research had lethal consequences. A fate spared the scientists in this Frontiers of Knowledge yearbook, who pursue their vocation, passion and profession largely oblivious to the background noise, but certainly with equal brilliance year after year.





	10	Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento About the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards		
Premios Awards	12	Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics) Stephen Hawking Viatcheslav Mukhanov	44	Economía, Finanzas y Gestión de Empresas Economics, Finance and Management Robert B. Wilson
	20	Biomedicina Biomedicine Edward S. Boyden III Karl Deisseroth Gero Miesenböck	52	Música Contemporánea Contemporary Music Georges Aperghis
	28	Ecología y Biología de la Conservación Ecology and Conservation Biology Ilkka Hanski	64	Cambio Climático Climate Change Veerabhadran Ramanathan
	36	Tecnologías de la Información y la Comunicación Information and Communication Technologies Stephen A. Cook	72	Cooperación al Desarrollo Development Cooperation Martin Ravallion
	80	Comisiones técnicas de evaluación Technical evaluation committees		
	83	Símbolo artístico <i>Fronteras del Conocimiento</i> <i>Frontiers of Knowledge</i> artwork		
85	Concierto extraordinario Extraordinary concert			
87	Ceremonia de entrega de premios Award presentation ceremony			
89	Galardonados en ediciones anteriores Laureates in previous editions			
96	Créditos 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 preserva 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 early 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 tech-

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.

nology are joined by a category recognizing creative work of excellence in contemporary classical 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.

«Los científicos nos apoyamos en datos observacionales y experimentales. Necesitamos más rigor intelectual de este tipo en la vida pública para ayudarnos a abordar los desafíos globales.»

“Scientific research is checked for consistency with experimental and observational data. We need more intellectual rigor like this in public life to help us with global challenges.”

Stephen Hawking

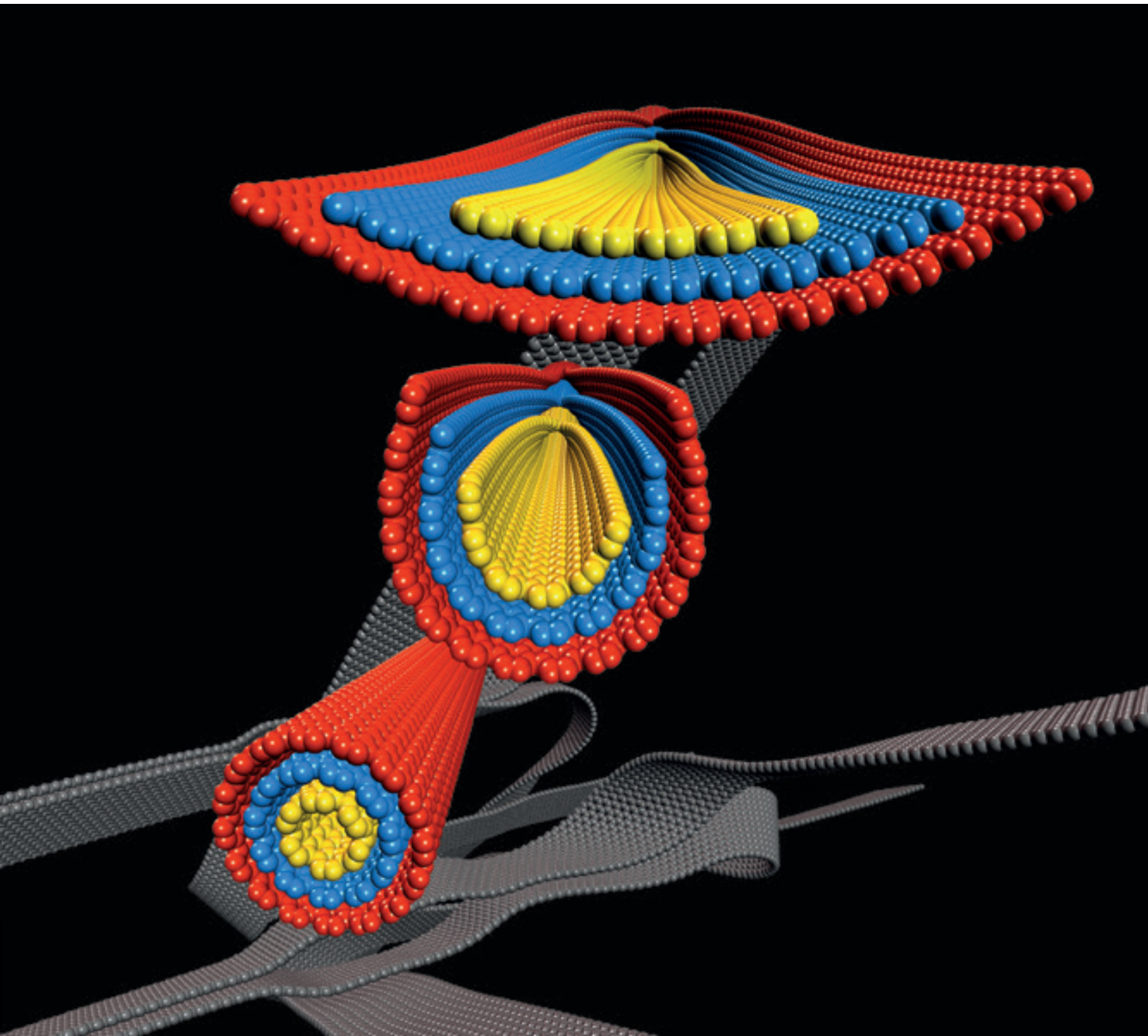
«Nos dimos cuenta de que la misma física que se ocupa de la estructura microscópica de la materia puede explicar la estructura de todo el universo.»

“We realized that the same physics that is responsible for the microscopic structure of matter might be responsible for the structure of the whole Universe.”

Viatcheslav Mukhanov

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

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





Stephen Hawking

Viatcheslav Mukhanov

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

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

15

Buscando las semillas de las galaxias

«La cosmología ha cambiado enormemente en los últimos sesenta años. A principios de siglo se aceptaba sin dudar que el universo era esencialmente uniforme y estático. (...) La mayoría prefería creer que el universo había existido desde siempre, porque así se evitaban preguntas extrañas sobre las condiciones iniciales y sobre qué había antes del inicio». Estas frases fueron escritas en 1982 por el físico británico Stephen Hawking en la introducción del volumen de conclusiones de un congreso que había coorganizado ese año en Nuffield, Reino Unido, y que había congregado a algunos de los principales físicos teóricos del planeta.

El gran cambio en la cosmología al que se refiere Hawking es la consolidación del modelo del *big bang*: un nuevo descubrimiento había demostrado que en el pasado *todo* había estado comprimido en punto microscópico denso y caliente, que en cierto momento empezó a expandirse. Pero aunque eso parecía estar claro, seguía habiendo cuestiones nada triviales sin resolver, y de ahí el congreso de Nuffield. Una de estas cuestiones era el origen de las galaxias. ¿Cómo y por qué había empezado a acumularse toda esa materia? Hawking presentó en Nuffield una predicción al respecto: fue un fenómeno previsto por la física cuántica, las llamadas *fluctuaciones cuánticas*, las que generaron en el universo recién nacido las semillas de materia que acabarían convirtiéndose en las galaxias. Un año antes otros dos físicos, los rusos Viatcheslav Mukhanov y Gennady Chibisov, habían llegado a la misma conclusión por una vía diferente.

Nadie creía entonces que llegara a demostrarse la existencia de las fluctuaciones cuánticas. Pero a finales de los ochenta, poco después de las predicciones de Mukhanov y Chibisov (fallecido en 2008), y de

Searching for the seeds of the galaxies

“Ideas about cosmology have greatly changed in the last 60 years. At the beginning of this century it was accepted without question that the Universe was essentially uniform and static. [...] Most people preferred to believe that the Universe had existed for ever, because this avoided awkward questions about the initial data and about what happened before the beginning.” These words were written in 1982 by the British physicist Stephen Hawking in the introduction to the proceedings of a workshop he co-organized that year in Nuffield, United Kingdom, which was attended by some of the world’s leading theoretical physicists.

The great change in cosmology that Hawking refers to is the consolidation of the Big Bang model: a new discovery had shown that once everything had been compressed into a dense, hot, microscopic speck, which at some point began expanding. Although this seemed incontrovertible, several non-trivial issues remained to be solved – hence the calling of the Nuffield workshop. One such issue was the origin of the galaxies, concretely how and why had all that matter begun to accumulate? In Nuffield, Hawking put his own prediction on the table: a phenomenon termed “quantum fluctuations” envisioned in quantum physics was responsible for generating the “seeds” of matter in the newborn Universe that would eventually grow into the galaxies. One year earlier, another two physicists, the Russians Viatcheslav Mukhanov and Gennady Chibisov, had reached the same conclusion by another route.

Back then no one believed that the existence of quantum fluctuations could ever be confirmed. But in the late 1990s, not long after Mukhanov, Chibisov (who died in 2008) and Stephen Hawking came up with their predictions, successive generations of sensitive,

La materia se agrupa en el universo formando galaxias, cúmulos de galaxias y supercúmulos de galaxias. ¿Cuál es el origen de estas grandes estructuras que llevan creciendo desde el *big bang*? Hawking y Mukhanov descubrieron que en el universo recién nacido hubo fluctuaciones cuánticas que actuaron como semillas de las galaxias.

Matter clumps together in the cosmos to form galaxies, galaxy clusters and super galaxy clusters. What is the origin of these large structures, in continuous expansion since the Big Bang? Hawking and Mukhanov discovered that quantum fluctuations in the newborn Universe acted as seeds that grew into the galaxies.

Hawking, varias generaciones de sofisticados y sensibles telescopios empezaron a aportar precisamente los datos que demandaban los teóricos... y que han acabado confirmando la teoría. Hawking y Mukhanov son por ello ganadores del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ciencias Básicas.

La genialidad de estos físicos — ha explicado el jurado — fue conectar la física cuántica, que describe el comportamiento de la materia a escala de lo muy pequeño, con la cosmología. Como explica el propio Mukhanov: «llegamos a la idea de que la misma física que es responsable de la estructura de la materia a escalas muy pequeñas, de los átomos, puede ser responsable también de la estructura a gran escala. Esto parece una locura, pero nos dimos cuenta de que en el pasado el universo era extremadamente pequeño, y por eso la física cuántica podía explicar cómo se formaron los embriones de las galaxias».

Viatcheslav Mukhanov (Kanash, antigua URSS, 1952) es hoy catedrático de Cosmología en la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, Alemania. No pudo imaginar «ni en mis mejores sueños», dice, que sus predicciones serían demostradas experimentalmente, y asegura que es emocionante el que lo hayan sido.

De niño, Mukhanov, se interesó por la física; «no por las clases del colegio, que no eran nada buenas», sino gracias a una *magnífica librería* en la que compraba libros de grandes físicos simplemente «por placer intelectual, sin intención de llegar a ser un científico». Nadie en su familia había ido antes a la universidad. Pero entonces el matemático ruso Andrei Kolmogorov fundó en Moscú una escuela matemática para chicos de provincia con talento, y a ella accedió Mukhanov a los diecisiete años. Su interés por «el cielo, las estrellas y la relatividad general» le llevaron a formar parte del grupo liderado por Vitali Ginzburg, premio Nobel en 2003.

En 1981 publicó su trabajo con Chibisov cuando aún era estudiante de doctorado en un grupo con grandes físicos teóricos, entre ellos Yakov Zeldovich, uno de los creadores de la bomba atómica: «Yo no trabajaba para hacer feliz a los experimentos, trabajaba para

sophisticated telescopes began gathering the data the theorists were crying out for, and which would finally validate the theory. It is for this insight that Hawking and Mukhanov have been distinguished with the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences.

The physicists' unique achievement, the jury explains, was to connect quantum physics, which describes the behavior of matter at the smallest of scales, with the science of the cosmos. As Mukhanov relates, "we came to the idea that the physics responsible for the structure of matter at minute, atomic scales might also be behind the Universe's large-scale structure. It sounds crazy, but we realized that the Universe was once extremely small so quantum physics could teach us how the embryos of the galaxies came to be formed."

Viatcheslav Mukhanov (Kanash, former USSR, 1952) is now Professor of Cosmology at the Ludwig Maximilian University of Munich, Germany. "Never in my wildest dreams," he says, did he imagine that his predictions would be experimentally confirmed, though he declares himself thrilled about the outcome.

Mukhanov was keen on physics from early childhood. This was "no thanks to the classes at school, which were pretty bad," but due to a "magnificent bookshop" where he would acquire books by the great physicists "for intellectual pleasure, with no thought of becoming a scientist." No one in his family had gone to university. But then Russian mathematician Andrei Kolmogorov founded a math school in Moscow for talented youngsters from the provinces, where Mukhanov enrolled at age 17. His interest in "the sky, the stars and general relativity" drew him to the group led by 2003 Nobel laureate Vitaly Ginzburg.

He published his paper with Chibisov in 1981, when still a doctorate student in a group boasting eminent theorists, among them Yakov Zeldovich, one of the fathers of the atom bomb. "I didn't work to make the experiments happy, I worked to make Zeldovich happy," remarks Mukhanov jokingly, while stressing the scientific freedom the group enjoyed, even during the Soviet regime.

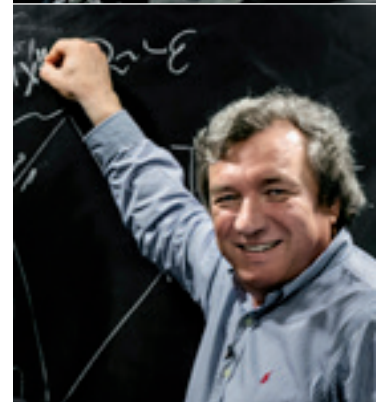
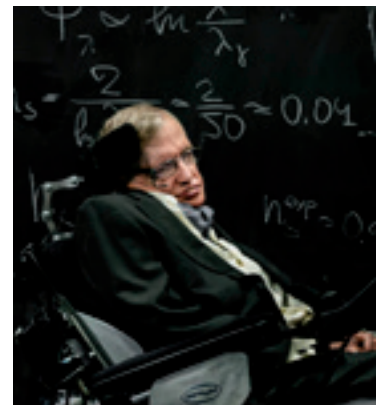
hacer feliz a Zeldovich», ha dicho en tono de broma Mukhanov. El ambiente en su centro, aún bajo el régimen de la Unión Soviética, era de gran libertad científica.

A principios de los noventa — iniciado ya el desmoronamiento de la URSS — Mukhanov obtuvo un puesto como investigador posdoctoral en la ETH de Zúrich, donde permanecería cinco años hasta incorporarse a la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich.

Stephen Hawking (Oxford, Reino Unido, 1942) ingresó en el University College de Oxford a los diecisiete años, si bien no destacó por sus resultados académicos. De hecho para lograr su objetivo de estudiar cosmología tuvo que complementar sus resultados poco excelentes en las pruebas escritas con una exposición oral. En 1962 entró en la Universidad de Cambridge atraído por la presencia de Fred Hoyle, gran pionero de la cosmología actual y a la sazón defensor de la teoría cosmológica opuesta al *big bang*, expresión que él mismo acuñó precisamente en clave de burla. Apenas un año después le fue diagnosticada una enfermedad de las neuronas motoras, que según los médicos no le permitiría vivir más de dos años. Hawking siguió no obstante con su investigación, que le convertiría en uno de los físicos teóricos de mayor prestigio mundial. En 1979 accedió a la Cátedra Lucasiana de Matemáticas de la Universidad de Cambridge, creada en 1663 y cuyo segundo titular fue Isaac Newton. Desempeñó este puesto hasta su jubilación en 2009. Después se convertiría en director de investigación en el Centro de Cosmología Teórica de esta misma universidad. Hawking es además autor de superventas de la divulgación, como *Breve historia del tiempo*.

In the early 1990s, with the collapse of the USSR, he took up a postdoctoral place at ETH Zurich, where he stayed for five years before making the move to LMU Munich.

Stephen Hawking (Oxford, United Kingdom, 1942) entered University College Oxford at age 17, but academically failed to shine. In fact to achieve his goal of studying cosmology he had to take an oral exam to offset his lackluster results in the written tests. In 1962, he enrolled at the University of Cambridge, drawn by the presence of Fred Hoyle – pioneer of modern cosmology and leader of the camp contrary to the Big Bang theory, an expression he coined in a spirit of gentle mockery. One year later, he was diagnosed with a motor neuron disease, and doctors gave him no more than two years to live. Hawking, however, pressed on with his research, to become a theoretical physicist of world renown. In 1979, he took up the Lucasian Professorship of Mathematics at Cambridge, founded in 1663 with Isaac Newton as its second incumbent. He remained there until retiring from the post in 2009, when he became Director of Research at the university's Centre for Theoretical Cosmology. Hawking is also the best-selling author of works of popular science such as *A Brief History of Time*.



Más información:



More information:





Theodor W. Hänsch

Presidente del jurado

Es titular de la Cátedra Carl Friedrich von Siemens de la Facultad de Física de la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich y director de la División de Espectroscopia Láser en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania). Investiga sobre física cuántica de los átomos ultracalientes 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).

Chair of the jury

Carl Friedrich von Siemens Professor in the Faculty of Physics at LMU Munich and Director of the Division of Laser Spectroscopy at the Max Planck Institute of Quantum Optics (Garching, Germany). 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 optic 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).

Avelino Corma

Secretario del jurado

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. Trabaja en diseño molecular de catalizadores y en procesos catalíticos sostenibles en los campos del refinado de hidrocarburos y derivados de la biomasa, y química fina. Ha publicado más de novecientos artículos en revistas nacionales e internacionales y es autor de más de cien patentes.

Secretary of the jury

Research Professor at the Institute of Chemical Technology (ITQ), a joint research center of the Universidad Politécnica de Valencia (UPV) and the Spanish National Research Council (CSIC), which Corma founded in 1990 and led up to 2010. He is currently working on the molecular design of catalysts and sustainable catalytic processes in the fields of oil refining and biomass derivatives, as well as in fine chemistry. Author of more than 900 papers in Spanish and international journals, he has a total of over 100 patents to his name.

Ignacio Cirac

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.

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.

Trevor Hastie

Es catedrático John A. Overdeck, catedrático de Estadística y catedrático de Ciencia de los Datos Biomédicos en la Universidad de Stanford (Estados Unidos). Ha realizado importantes contribuciones en metodología estadística aplicada, es experto en estadística computacional y minería de datos, y actualmente trabaja en modelos estadísticos aplicados y en problemas de predicción en biología y genómica y en medicina e industria. Ha recibido reconocimientos como el Premio Parzen en Innovación Estadística y el Myrto Lefkopolou Award (Universidad de Harvard).

John A. Overdeck Professor, Professor of Statistics, and Professor of Biomedical Data Science at Stanford University (United States), he is the author of major contributions in applied statistics, statistical computing, and data mining, and is currently working on applied statistical modeling and prediction problems in biology and genomics, medicine and industry. Among other honors, he holds the Parzen Prize for Statistical Innovation and the Myrto Lefkopolou Award (Harvard University).

Nigel Hitchin

Catedrático Savilian de Geometría en la Universidad de Oxford (Reino Unido), sus líneas de investigación se centran en la geometría diferencial y en la algebraica, y su relación con la física teórica. Entre sus descubrimientos más notables está el sistema integrable Hitchin. Además, ha establecido una colaboración formal con el Grupo de Geometría del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en Madrid, a través del Laboratorio Nigel 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.

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

Martin Quack

Es catedrático en la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zúrich (Suiza), donde dirige el Grupo de Cinética y Espectroscopia Molecular. Desarrolla su trabajo en espectroscopia molecular y cinética, simetrías fundamentales en física y en química, y violación de la simetría y 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 include molecular spectroscopy and kinetics, fundamental symmetries in physics and chemistry, fundamental symmetry violations and parity violation in chiral molecules. A former member of the Swiss National Research Council, his 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. Mellows 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. Mellows 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.

Jurado

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

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas, en su octava edición, ha sido concedido a Stephen Hawking y Viatcheslav Mukhanov por sus innovadoras aportaciones a la cosmología fundamental.

Stephen Hawking y Viatcheslav Mukhanov propusieron que las fluctuaciones cuánticas microscópicas eran el origen de la estructura observable a gran escala del universo. Este planteamiento, ahora validado por las observaciones, es un resultado fundamental en cosmología.

V. Mukhanov (junto con G. Chibisov, fallecido en 2008) fue el primero en reconocer que la estructura del universo, incluyendo la formación de las galaxias, podía tener origen cuántico microscópico. En concreto, en 1981 descubrió que las fluctuaciones cuánticas debían amplificarse durante la fase de inflación cósmica del espacio. Su elegante teoría conduce a variaciones de la temperatura espacial dentro de la radiación de fondo de microondas, con un espectro espacial logarítmico preciso, predecible y no trivial.

S. Hawking es probablemente más conocido por sus aportaciones fundamentales a la física de los agujeros negros, incluyendo su radiación y el papel de la entropía. En 1982 estudió de manera independiente un escenario para la aceleración cósmica en presencia de fluctuaciones cuánticas, llegando a la misma conclusión que Mukhanov.

La radiación cósmica del fondo de microondas se ha mapeado a través de múltiples misiones de satélites. La espectacular y definitiva confirmación de las predicciones de Hawking y Mukhanov llegó con la publicación de los datos de la misión del telescopio espacial Planck en 2013, datos que coinciden asombrosamente con las predicciones teóricas.

La teoría desarrollada por V. Mukhanov y S. Hawking puede considerarse el descubrimiento más importante de los confirmados experimentalmente en la unificación de la física teórica fundamental de partículas con la cosmología.

Jury

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

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Basic Sciences category goes, in this eighth edition, to Stephen Hawking and Viatcheslav Mukhanov for groundbreaking contributions to fundamental cosmology.

Stephen Hawking and Viatcheslav Mukhanov proposed that microscopic quantum fluctuations were at the origin of the observable large scale structure of the Universe. This insight, which has now been validated by observations, is a fundamental result in cosmology.

V. Mukhanov (together with G. Chibisov, deceased in 2008) was the first to recognize that the structure of the Universe, including the formation of galaxies, may have a microscopic quantum origin. In particular, he discovered in 1981 that quantum fluctuations must be amplified during the stage of cosmic inflation of space. His elegant theory leads to small spatial temperature variations in the cosmic microwave background radiation with a precisely predictable non-trivial logarithmic spatial spectrum.

S. Hawking is perhaps best known for his fundamental insights into the physics of black holes, including their radiation and the role of entropy. In 1982 he independently considered a scenario for cosmic acceleration in the presence of quantum fluctuations and came to the same conclusion as Mukhanov.

The cosmic microwave background radiation has been mapped during several satellite missions. The final spectacular confirmation of the predictions of Hawking and Mukhanov came with the release of the data of the Planck space telescope mission in 2013, which are in astounding agreement with the theoretical predictions.

The theory developed by V. Mukhanov and S. Hawking may be regarded as the single most significant experimentally confirmed achievement that brings together fundamental theoretical particle physics and cosmology.

«Por primera vez podemos entender cómo cada tipo específico de neuronas pone en marcha algo tan complejo como un comportamiento determinado.»

“For the first time we can tease apart how specific kinds of brain cells can initiate something as complex as a behavior.”

Edward S. Boyden III

«Diseñar terapias específicas para algo tan misterioso como la enfermedad mental exige un conocimiento profundo sobre el cerebro.»

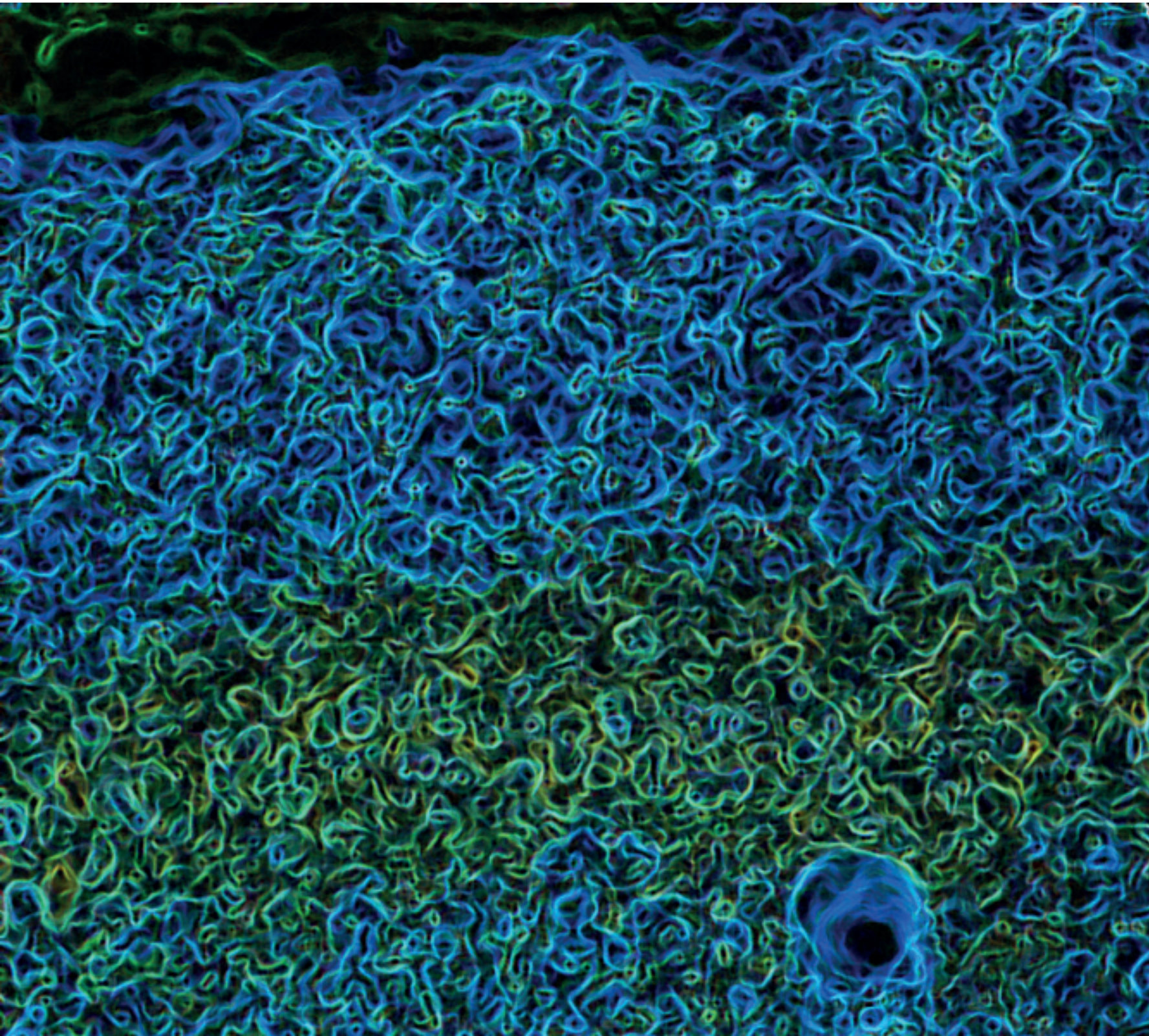
“To design specific therapies for something as mysterious as mental illness, you need a deep understanding of the brain.”

Karl Deisseroth

«Para entender un sistema biológico necesitas poder controlarlo de forma precisa, algo hasta ahora imposible en neurociencia.»

“In order to understand a biological system, it is absolutely essential to be able to control it, something hitherto impossible in neuroscience.”

Gero Miesenböck





Edward S. Boyden III

Karl Deisseroth

Gero Miesenböck

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Biomedicina

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Biomedicine

23

Luz para conocer mejor el cerebro vivo

La optogenética es una técnica que permite controlar con luz el comportamiento de un animal vivo. Como en esta escena: el ratón de laboratorio está tranquilamente en su caja, aunque con un cable de fibra óptica saliendo de su cabeza; se enciende una luz y el animal empieza a correr; se apaga la luz, y se para. Para apreciar la importancia del experimento hay que saber que la fibra óptica está llevando la luz a la región del cerebro que controla el movimiento, donde reaccionan solo algunas neuronas específicas. Con la misma estrategia se puede actuar sobre la memoria, el miedo, la adicción, la depresión, la epilepsia, el párkinson... La optogenética existe en su versión actual desde hace apenas una década, y ya la usan miles de laboratorios. No son pocos los neurocientíficos maravillados ante una técnica que aporta, según han dicho, exactamente lo que necesitaban, pues permite una precisión sin precedentes en la investigación del cerebro vivo. Hace posible contemplar, seriamente, la posibilidad de hallar qué circuitos cerebrales participan en qué comportamiento y aspirar a mejorar de forma significativa el tratamiento de la enfermedad mental. Los investigadores dicen que la optogenética les hace no solo ser más ambiciosos, sino *pensar diferente* sobre el cerebro.

Los neurocientíficos Edward Boyden, Karl Deisseroth y Gero Miesenböck, creadores de la optogenética, son los ganadores del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Biomedicina. La historia de su trabajo para desarrollar la optogenética tiene elementos sorprendentes. Por ejemplo, ¿cómo algo tan bien acogido por la comunidad pudo ser inicialmente rechazado por agencias de financiación y revisores? O también: ¿Cómo áreas de conocimiento tan distantes como el estudio de microorganismos en

Light to illuminate the living brain

Optogenetics is a technique whereby light serves to control the behavior of a live animal. The scene might go something like this: the laboratory rat sits peacefully in its box, but with a fiber optic cable emerging from its head. A light comes on and the animal starts to run; the light goes off, and it stops. The clue to the importance of this experiment is that the optic fiber is delivering light to the brain region that controls movement, where its action is confined to specific neurons. The same strategy can be applied to memory, fear, addiction, depression, epilepsy, Parkinson's disease... Optogenetics in its current form has been around for barely a decade, but it is already being employed in thousands of laboratories. And more than one neuroscientist has marveled at a technique they describe as exactly what the field was crying out for. Optogenetics brings an unprecedented precision to bear on the study of the living brain. It ushers in the real possibility of determining which neural circuits are involved in which kind of behavior, and the promise of a meaningful improvement in our treatment of mental illness. Researchers are saying that optogenetics not only encourages them to be more ambitious, but even to *think differently* about the brain.

Neuroscientists Edward Boyden, Karl Deisseroth and Gero Miesenböck, the creators of optogenetics, share the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biomedicine. The story of their endeavors to develop optogenetics contains some surprising twists. For instance, how could something so warmly received by the research community initially meet with rejection from funding agencies and reviewers? Or, how did areas as disparate as the study of microorganisms in saline lakes, the physics of light and genomics end up *cross fertilizing* to arrive at a technique to explore brain function?

La optogenética permite controlar el funcionamiento del cerebro vivo con enorme precisión. Es una técnica que emplea luz para manipular circuitos cerebrales específicos como los implicados en el miedo o la memoria. Los neurocientíficos creen que a largo plazo mejorará el tratamiento de las enfermedades mentales.

Optogenetics allows to control the workings of the living brain with extreme precision. It is a technique that uses light to manipulate specific neural circuits, such as those involved in fear or memory. Neuroscientists believe it will eventually improve the treatment of mental illness.

lagos salinos, la física de la luz y la genómica han llegado a *cruzarse* para generar una técnica capaz de estudiar el cerebro?

El punto de partida es la necesidad acuciante de *neurotecnología*. Francis Crick, uno de los descubridores de la estructura del ADN, ya dijo hace décadas que solo una herramienta que permita el control de neuronas específicas en su tiempo natural de funcionamiento —milisegundos— permitirá entender cómo de una estructura biológica emergen la personalidad, la imaginación, el sufrimiento o la curiosidad. Crick escribió: «la señal ideal sería la luz (...) Parece muy lejano, pero es concebible que los biólogos moleculares consigan que un tipo celular sea sensible a la luz».

El primer hallazgo en la genealogía de la optogenética data de principios de los setenta, cuando un bioquímico alemán descubrió en bacterias que viven en lagos salinos una proteína capaz de convertir luz en electricidad en un único paso bioquímico. Es una opsina, una familia de proteínas sensibles a la luz también presentes en la retina humana, aunque las opsinas de los mamíferos no generan electricidad tan directamente sino desencadenando una cascada de moléculas secundarias.

El capítulo siguiente en la historia une ya las opsinas con la neurociencia. A finales de los noventa Gero Miesenböck (Braunau, Austria, 1965), hoy catedrático de la Universidad de Oxford (Reino Unido), quería visualizar la actividad de las neuronas empleando proteínas sensibles a la luz. Una tarde de sábado tuvo la idea: «¿No sería increíble poder controlar la actividad del cerebro además de leerla?». En 2002 Miesenböck demostró que sí se puede controlar las neuronas con luz. Lo hizo con células en cultivo, no en vivo, pero advirtió enseguida «que era una tecnología con un enorme potencial».

Miesenböck había introducido el gen de las opsinas microbianas en el ADN de las neuronas, que así, al ser iluminadas, respondían como las bacterias de los lagos salinos: disparando una señal eléctrica. El método de Miesenböck, sin embargo, tenía inconvenientes técnicos que dificultaban su aplicación a gran escala.

The imperative was to find the right *neurotechnology*. Francis Crick, one of the discoverers of the DNA structure, said many years ago that only a tool enabling control of specific neurons, in their natural – millisecond – firing time, could explain how a biological structure gives rise to the personality, imagination, suffering or curiosity. Crick wrote: “... the ideal signal would be light [...]. This seems rather far-fetched, but it is conceivable that molecular biologists could engineer a particular cell type to be sensitive to light.”

The first finding in the genealogy of optogenetics dates from the early 1970s, when a German biochemist examining bacteria in saline lakes discovered a protein capable of turning light into electricity in a single biochemical step. What he had found was an opsin, a family of light-sensitive proteins also present in the human retina, although mammal opsins do not generate electricity so directly but by triggering a cascade of secondary molecules.

The next chapter in the story brings opsins together with neuroscience. At the end of the 1990s, Gero Miesenböck (Braunau, Austria, 1965), now a professor at the University of Oxford (United Kingdom), set out to visualize neuronal activity using light-sensitive proteins. One Saturday afternoon the thought came to him: “Wouldn’t it be amazing to be able to control the brain’s activity as well as read it?” In 2002 Miesenböck showed that it was in fact possible to modulate neurons with light. He began with cultured cells rather than in vivo, but realized immediately that “this was a technology with immense transformative power.”

Miesenböck had managed to introduce microbial opsin genes into the DNA of brain cells. Thus illuminated, the cells responded like the salt lake bacteria before them, firing an electrical signal. Miesenböck’s technique, however, had technical drawbacks that hindered its large-scale use.

Americans Karl Deisseroth (Boston, 1971) and Edward S. Boyden (Plano, Texas, 1979) would deliver the solution. Deisseroth is now a professor at Stanford University, while Boyden is a research fellow at Massachusetts Institute of Technology (MIT). In 2004 the two men were together at Stanford, and had spent years

Los estadounidenses Karl Deisseroth (Boston, 1971) y Edward S. Boyden III (Plano, Texas, 1979) aportarían la solución. Deisseroth es hoy catedrático en la Universidad de Stanford, y Boyden investigador en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). En 2004 trabajaban juntos en la Universidad de Stanford y llevaban años intentando cumplir la predicción de Crick. Habían sabido del hallazgo, un año antes, de un nuevo tipo de opsina en un alga verde y decidieron usarla. Los retos eran muchos: los genes de las opsinas podían no expresarse lo bastante en las neuronas, la luz podía no llegar al punto adecuado en el cerebro... Solo su gran motivación, y el hecho de que los Institutos Nacionales de Salud estadounidenses cuenten con un programa específico para ideas muy arriesgadas, les hizo seguir adelante.

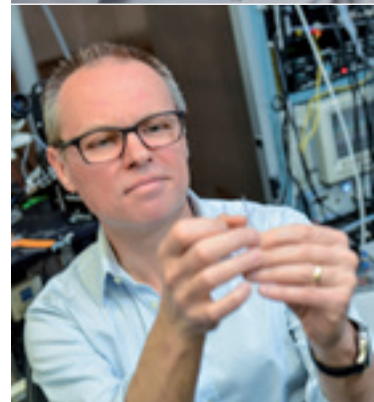
Su audacia se vio recompensada. Ya la primera prueba de concepto, con una única célula de rata, funcionó mejor de lo que Deisseroth y Boyden esperaban, que sin embargo vieron cómo las revistas *Science* y *Nature* rechazaban publicar el trabajo al dudar de que pudiera aplicarse a organismos vivos.

Una década después la impresión general es que la optogenética apenas ha empezado a mostrar su poder. Los galardonados resaltan que su utilidad es ante todo básica: la optogenética sirve, en primer lugar, para estudiar el cerebro. Miesenböck la está usando para investigar el sueño y la toma de decisiones. Boyden sigue perfeccionando aspectos tecnológicos. Y Deisseroth, que además de neurocientífico es psiquiatra, querría que acabase siendo útil para aliviar el sufrimiento asociado a la enfermedad mental.

attempting to fulfill Crick's prediction. They heard about a new type of opsin isolated the year before in a species of green alga, and decided to try it. The task was formidable: the opsin genes might be under-expressed in the neurons; the light might not reach the exact point in the brain... Only their motivation kept them going, and the fact that the U.S. National Institutes of Health operate a dedicated program for high-risk ideas.

Their boldness had its reward. The first proof of concept, with a single rat's cell, went better than Deisseroth and Boyden dared expect, but the journals *Science* and *Nature* turned down the resulting paper, doubtful that the technique could ever be applied to living beings.

A decade later, the feeling is that optogenetics has only just begun to show its power. The laureates all stress that its usefulness is primarily in basic research: optogenetics serves, first and foremost, to study the brain. Miesenböck is using it to investigate sleep and decision-making. Boyden is working to refine the technical side. And Deisseroth, a psychiatrist as well as a neuroscientist, hopes it will eventually help relieve the suffering associated with mental illness.



Más información:



More information:





Angelika Schnieke

Presidenta del jurado

Catedrática de Biotecnología Animal y decana de la Facultad de Ciencias de la Vida 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 and Dean of the School of Life 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 Neurobiología del Desarrollo, un proyecto del Consejo de Investigación Médica británico en el King's College de Londres. Su investigación trata de explicar el desarrollo del córtex cerebral estudiando la biología de las interneuronas. Además, analiza el papel de los genes que confieren susceptibilidad al autismo y a la esquizofrenia durante el desarrollo cerebral. Es miembro del comité editorial de la revista *Science* y premio Jaime I de Investigación Básica, entre otras distinciones.

Secretary of the jury

Professor of Neurosciences and Director of the MRC Centre for Developmental Neurobiology, a unit of the UK's Medical Research Council, at King's College London. His research aims at an understanding of the development of the cerebral cortex, focusing on the biology of interneurons, and he is also studying the role of schizophrenia and autism susceptibility genes in brain development. A member of the Board of Reviewing Editors of *Science*, his distinctions include the Rey Jaime I Award in Basic Research.

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 docientas 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. He is a fellow of the Royal Society, which awarded him its Francis Crick Prize Lectureship, and holder of the Gold Medal of the European Molecular Biology Organization (EMBO).

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 docientos artículos, revisiones y comentarios, es *fellow* de la Royal Society y miembro del Consejo de Dirección de la Public Library of Science (PLOS).

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

Ursula Ravens

Es catedrática senior del Departamento de Fisiología de la Universidad Tecnológica de Dresde (Alemania). Autora de más de doscientos ochenta artículos en revistas internacionales, es pionera en el estudio de la electrofisiología del corazón y la utilización de células madre para la regeneración del músculo cardíaco, el tratamiento farmacológico de la vejiga hiperactiva y el síndrome del tracto urinario inferior. Es miembro del consejo editorial de revistas como el *Journal of Cardiovascular Pharmacology* y *fellow* de la Asociación Americana del Corazón, entre otras distinciones.

Senior Professor in the Department of Physiology at TU Dresden, (Germany). Author of over 280 papers in international journals, 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.

Bruce Whitelaw

Es director adjunto y jefe de la División de Biología del Desarrollo del Instituto Roslin y titular de la Cátedra Genus de Biotecnología Animal en la Royal (Dick) School of Veterinary Studies de 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 and Head of the Developmental Biology Division at The Roslin Institute and Genus Chair of Animal Biotechnology in the Royal (Dick) School of Veterinary Studies at the University of Edinburgh (United Kingdom). He is currently working on a robust methodology for genome editing in livestock, in order to combat infectious diseases in animals and evaluate new treatments for human disease. Editor-in-chief of *Transgenic Research*, he has worked with the World Organization for Animal Health.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Biomedicina

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Biomedicina, en su octava edición, ha sido concedido a Edward Boyden, Karl Deisseroth y Gero Miesenböck por los avances en optogenética —el uso de proteínas modificadas genéticamente que se activan mediante la luz para modular la actividad neuronal— como método para estudiar la función cerebral con una resolución sin precedentes.

La función cerebral depende de las interacciones de grupos específicos de neuronas interconectadas, en cierto modo similar a los circuitos electrónicos. Desde hace tiempo se sabía que para comprender la función de los circuitos cerebrales sería preciso el desarrollo de una tecnología que hiciese posible controlar selectivamente neuronas individuales sin afectar la actividad de otras neuronas. La optogenética es precisamente esta tecnología, pues permite activar e inactivar neuronas de animales vivos y, en consecuencia, se puede emplear para establecer lazos causales entre la función de circuitos neuronales específicos y comportamientos distintivos.

El premio reconoce las aportaciones de tres científicos eminentes. Gero Miesenböck utilizó originalmente una combinación de tres proteínas de la mosca de la fruta para posibilitar la excitación con luz de neuronas de vertebrados. Aunque este sistema tenía limitaciones, representa el avance conceptual que lanzó el uso de la optogenética para obtener información acerca de circuitos neuronales. Edward Boyden y Karl Deisseroth fueron pioneros en el uso de una familia distinta de proteínas sensibles a la luz, las canalrodopsinas derivadas de las algas, para manipular la actividad de las neuronas. Este sistema, y sus posteriores modificaciones, ha revolucionado el estudio de la función cerebral y actualmente es empleado por neurocientíficos de todo el mundo.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Biomedicine

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Biomedicine category goes, in this eighth edition, to Edward Boyden, Karl Deisseroth and Gero Miesenböck for the development of optogenetics, the use of genetically encoded light-activated proteins to modulate the activity of neurons, as a method to study brain function with unprecedented resolution.

Brain function relies on the interactions of specific groups of interconnected neurons, somewhat analogous to electric circuits. It has been long anticipated that understanding the function of brain circuits would require the development of a technology that would allow the selective control of individual neurons without affecting the activity of others. Optogenetics is this technology; it allows the activation and inactivation of neurons in living animals, and therefore can be used to make causal links between the function of specific neural circuits and distinct behaviors.

The award recognizes the contributions of three eminent scientists. Gero Miesenböck originally used a combination of three fruit-fly proteins to enable the excitation by light of vertebrate neurons. This system had practical limitations, but represents the conceptual breakthrough that launched the use of optogenetics for the interrogation of neural circuits. Edward Boyden and Karl Deisseroth pioneered the use of a different family of light-sensitive proteins, channelrhodopsins derived from algae, to manipulate the activity of neurons. This system, and its subsequent modifications, has revolutionized the study of brain function and is now used by neuroscientists around the world.

«La pérdida y la fragmentación del hábitat es realmente la causa principal de que la biodiversidad esté disminuyendo rápidamente en todo el planeta.»

“Habitat loss and fragmentation really is the main reason why biodiversity is rapidly declining all over the world.”

Ilkka Hanski

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

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Ecology and Conservation Biology





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

Claves antiextinción para la vida en hábitats rotos

Ilkka Hanski era un ávido coleccionista de mariposas ya desde niño. A los once años dio con un ejemplar de una especie considerada extinta en Finlandia, y un profesor de la Universidad de Helsinki experto en esa especie le envió personalmente una de sus publicaciones científicas. El detalle tuvo una enorme influencia en el joven entomólogo, que no solo siguió cultivando su afición, sino que con el tiempo y con su investigación logró encontrar estrategias para que las mariposas y otras muchas especies sobrevivan a su mayor amenaza: la fragmentación y pérdida del hábitat.

Hanski, catedrático de Zoología de la Universidad de Helsinki, cita en sus charlas al también premio Fronteras del Conocimiento Edward O. Wilson cuando afirma que el mayor peligro para la humanidad hoy es la pérdida de biodiversidad: de otros problemas es posible recuperarse, dicen Hanski y Wilson, pero la evolución necesita millones de años para enriquecer el planeta en variedad de vida. «Y estamos perdiendo biodiversidad muy rápidamente», alerta Hanski. Da una cifra: hoy se extingue el uno por ciento de las especies de animales y plantas por siglo. ¿Parece poco? Solo si se desconoce que antes de la influencia humana las especies se extinguían mil veces más despacio. Y más alarmante aún es que el ritmo de extinción sigue acelerándose. Hanski estima que como mínimo hacia 2050 se habrá multiplicado por diez.

La primera causa de extinción es la pérdida de hábitat provocada por fenómenos como el cambio climático, la deforestación y la urbanización. De ahí la importancia del trabajo de Hanski, que analiza la relación entre la distribución espacial de una especie y su supervivencia. Más en concreto, estudia qué caracte-

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

Anti-extinction tactics for life in broken habitats

From childhood, Ilkka Hanski was a keen butterfly collector. At the age of eight he found a specimen of a species considered extinct in Finland, and a professor at the University of Helsinki specializing in that species sent him one of his scientific papers. This gesture would deeply influence the young entomologist, who not only pressed on with his hobby but with time, and study, was able to devise strategies to help butterflies and other species survive their greatest threat: habitat loss and fragmentation.

Hanski, Professor of Zoology at the University of Helsinki, echoes the words of an earlier BBVA Foundation Frontiers of Knowledge laureate, Edward O. Wilson, when he describes biodiversity loss as the gravest danger currently facing humanity. There is a way back from other problems, affirm Hanski and Wilson, but evolution needs millions of years to enrich the planet with a diversity of life. “We are losing biodiversity at a rapid pace,” Hanski warns, and he offers a statistic. Each century 1% of plant and animal species are driven to extinction. That doesn’t seem much? Only if we forget that before human influence species extinction advanced a thousand times slower. And more alarming still, the extinction rate continues to accelerate. Hanski is convinced that by 2050 it will have multiplied by ten at least.

The first cause of extinction is habitat loss due to processes like climate change, deforestation and urbanization. Hence the importance of Hanski’s work analyzing the relationship between a species’ spatial distribution and its survival. His research, specifically, focuses on the characteristics species populations must possess in order to avoid extinction and, vice versa, which population factors put the species at risk.

La fragmentación del hábitat es un problema cada vez mayor debido a la acción humana. Los modelos matemáticos de Hanski ayudan a buscar estrategias para que las especies sobrevivan en hábitats fragmentados, por ejemplo, determinando el diseño óptimo de un área protegida.

Habitat fragmentation is a growing problem due to the influence of human activity. Hanski's mathematical models facilitate strategies to help species survive in fragmented habitats, by determining, for instance, the optimal design of a protected area.

rísticas deben tener las distintas poblaciones de una especie para evitar la extinción, o a la inversa: qué factores poblacionales ponen en riesgo a la especie.

Hanski ha desarrollado modelos matemáticos que, partiendo de datos como el número, tamaño y grado de conectividad de las poblaciones de una especie, llegan a predecir la viabilidad de la misma. Así por ejemplo, la conectividad es un parámetro esencial porque determina el que una población pueda colonizar otra y *reforzar* sus efectivos. Los estudios con mariposas de Hanski han mostrado que, cuando las poblaciones quedan demasiado aisladas, la endogamia promueve mutaciones que afectan a la capacidad de vuelo de los insectos y la supervivencia de la especie a largo plazo se reduce.

Los modelos de Hanski son hoy esenciales para orientar sobre la eficacia de las actuaciones dirigidas a preservar la biodiversidad. Se aplican al diseño de áreas protegidas, a la creación de corredores biológicos o a los estudios de impacto ambiental de grandes infraestructuras. También informan sobre el máximo grado de fragmentación en el hábitat que tolera cada especie, un umbral que cuando es superado lleva a la extinción. Previsiblemente el impacto de estos trabajos seguirá creciendo «a medida que los hábitats se fragmentan más y más por influencias antropogénicas», afirma el acta del jurado.

El nombre del área académica desarrollada por Hanski es *ecología de metapoblaciones*, un concepto referido a la red de poblaciones que integra cada especie. Y aunque el estudio de las metapoblaciones es muy útil, como se ha visto, para paliar la extinción en hábitats fragmentados artificialmente, las metapoblaciones en sí son un fenómeno del todo natural. Lo explica el propio Hanski: «En la naturaleza muchos hábitats no son homogéneos, sino que están parcelados, fragmentados, y en esas situaciones las especies se distribuyen en metapoblaciones. Es importante entender las redes de metapoblaciones, porque la acción humana aumenta la fragmentación».

Ilkka Hanski nació en Helsinki (Finlandia) en 1953. Como doctorando en la Universidad de Oxford (Reino Unido) a finales de los años setenta, se interesó por el

Hanski has developed mathematical models that use inputs like the number, size and connectivity of a species' populations to predict its viability. Connectivity, for instance, is a vital parameter because it determines whether a given population can colonize another and gather "reinforcements." Hanski's studies with butterflies have shown that in overly isolated populations, endogamy causes mutations that impair the insects' flight capacity, so diminishing the species' long-term survival.

His models provide a vital guide to the efficiency of biodiversity conservation initiatives, and are applied to the design of protected areas, the creation of biological corridors or environmental impact studies prior to major infrastructure developments. They also specify the maximum degree of habitat fragmentation each species can withstand, a threshold beyond which extinction lurks. The impact of his work will foreseeably increase "as habitats become more fragmented due to anthropogenic influences," in the words of the jury's citation.

The academic field that Hanski developed is called metapopulation ecology, referring to the network of populations that make up each species. Although the study of metapopulations has proved to be effective at mitigating extinction in artificially fragmented habitats, metapopulations as such are an entirely natural phenomenon. Hanski himself explains it thus: "In nature many habitats are not homogeneous, but patchy or fragmented, and in these cases species are distributed in metapopulations. It is important to understand metapopulation networks, because human activity leads to greater fragmentation."

Ilkka Hanski was born in Helsinki (Finland) in 1953. In his time as a doctorate student at the University of Oxford (United Kingdom) in the late 1970s, he became interested in quantifying population isolation in the environment. Observing his study animal, the dung beetle, he was struck by the fact that each cow pie was a biodiversity island, inhabited by some species and not others. He began using mathematical models to elucidate the variables influencing each species' success or failure.

grado de aislamiento de las poblaciones en el medio. Observaba en concreto escarabajos peloteros, y le intrigaba que cada bosta de vaca funcionara como una isla de biodiversidad habitada por unas especies y no otras. Empezó a utilizar modelos matemáticos para descifrar las variables del éxito o fracaso de cada especie.

De vuelta en Finlandia inició lo que el acta llama «exquisitos trabajos de campo de larga duración». Inspirado por una visita de Paul Ehrlich, entomólogo de la Universidad de Stanford (Estados Unidos) y también premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, Hanski escogió como organismo modelo la mariposa doncella punteada (*Melitaea cinxia*), y estableció como área experimental una región en las Islas Åland, en el Báltico, cuyos miles de prados secos conforman el perfecto hábitat fragmentado donde vive este insecto. Desde principios de los años noventa el mismo Hanski y sus estudiantes censan anualmente las mariposas en cada prado, recopilando los datos que sustentan sus modelos. Es una combinación de trabajo teórico y de campo que ha sido especialmente valorada por el jurado.

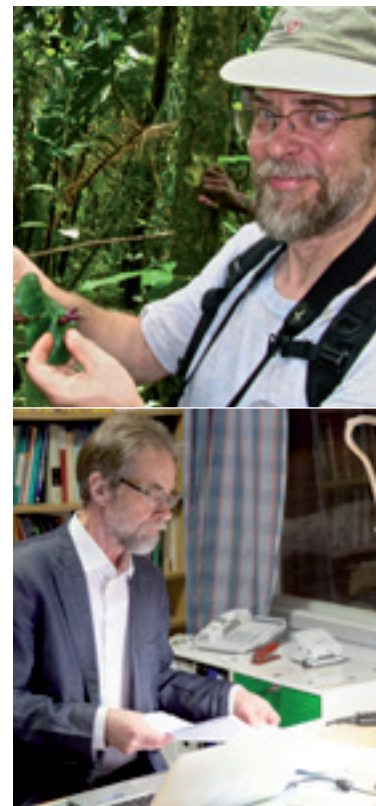
Los principios conceptuales de la biología de metapoblaciones se han extrapolado a otras disciplinas. El propio Hanski ha desarrollado una teoría que relaciona el grado de biodiversidad en el entorno de cada persona con su microbioma y con su sistema inmune. El incremento en las enfermedades de tipo alérgico puede tener que ver, sugiere este ecólogo, con la pérdida de biodiversidad, porque «al fin y al cabo —dice Hanski— las personas somos hábitats fragmentados para nuestro microbioma».

[Ilkka Hanski falleció el pasado 10 de mayo a los 63 años. Antes de morir quiso grabar su discurso de aceptación de este premio, que comenzaba así: «Nosotros los biólogos no siempre apreciamos lo afortunados que somos al participar en el estudio del fenómeno que hace único a nuestro planeta: la vida».]

Back in Finland, he initiated what the jury calls his “exquisite long-term field studies.” Inspired by a visit from another BBVA Foundation Frontiers of Knowledge laureate, Stanford entomologist Paul Ehrlich (United States), Hanski settled on the Glanville fritillary butterfly (*Melitaea cinxia*) as his new model organism, and set up his study area in the Åland Islands, in the Baltic Sea, where thousands of dry meadow patches provided the ideal fragmented habitat. From the early 1990s, he and his students conducted an annual census of the butterflies present in each meadow, gathering the data that underpin his models, with a mix of theory and fieldwork that was particularly valued by the judges.

The conceptual tools of metapopulation biology have been seized on by other disciplines. Hanski himself has developed a theory that links the biodiversity individuals are exposed to with their microbiome, and the state of their immune system. The increase in allergic conditions, the ecologist conjectures, could have to do with reductions in biodiversity. “After all,” says Hanski, “for our microbiome, we ourselves are fragmented habitats.”

[Ilkka Hanski died on May 10 this year at the age of 63. Before his passing, he set out to write an acceptance speech, with these opening words: “We biologists don’t always appreciate how lucky we are in being able to participate in the study of the most unique feature of our planet, which is life.”]



Más información:



More information:



Georgina Mace

Presidenta del jurado

Es catedrática de Biodiversidad y Ecosistemas en el University College de Londres (Reino Unido) y directora del Centro para la Investigación de la Biodiversidad y el Medio Ambiente de esta misma institución. Su investigación se centra en medir las tendencias y consecuencias de la pérdida de biodiversidad y los cambios ecosistémicos. Ha sido directora asociada del Programa de Servicios Ecosistémicos para el Alivio de la Pobreza y presidenta de la Sociedad de Biología de la Conservación (Estados Unidos) y la Sociedad Británica de Ecología.

Chair of the jury

Professor of Biodiversity and Ecosystems at University College London (United Kingdom), where she also heads the Centre for Biodiversity and Environment Research. Her research interests lie in measuring the trends and consequences of biodiversity loss and ecosystem change. A former Associate Director of the Ecosystem Services for Poverty Alleviation Programme, she has served as president of the Society for Conservation Biology (United States) and the British Ecological Society.



Jordi Bascompte

Secretario del jurado

Es catedrático de Ecología en el Departamento de Biología Evolutiva y Estudios Ambientales de la Universidad de Zúrich (Suiza), donde dirige un grupo interdisciplinar sobre redes ecológicas. 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*, y miembro del comité editorial de la revista *Science*, es European Young Investigator Award y Mercer Award de la Sociedad Americana de Ecología.

Secretary of the jury

Professor of Ecology in the Department of Evolutionary Biology and Environmental Studies at the University of Zurich (Switzerland), where he leads an interdisciplinary group on ecological networks. 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 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.



Nina Buchmann

Es catedrática en el Departamento de Ciencia de los Sistemas Medioambientales en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la ETH de Zúrich (Suiza). Investiga en la biodiversidad funcional de las plantas y la biogeoquímica de los ecosistemas agrícolas y forestales, en particular el intercambio de gases de efecto invernadero entre la biosfera y la atmósfera en respuesta a factores humanos y biofísicos. Autora de cerca de doscientos artículos de investigación, es premio Internacional Norbert Gerbier-MUMM 2012 de la Organización Meteorológica Mundial.

Professor in the Department of Environmental Systems Science at the Institute of Agricultural Sciences, ETH Zurich (Switzerland). Her research topics are functional plant diversity and biogeochemistry of agroecosystems and forest, in particular the biospheric-atmospheric greenhouse exchange, in response to both human and biophysical drivers. Author of almost 200 published papers, she holds the 2012 Norbert Gerbier-MUMM International Award of the World Meteorological Organization.



Gerardo Ceballos

Es catedrático en el Instituto de Ecología y Conservación de la Fauna Silvestre de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus áreas de investigación incluyen la ecología animal, la biogeografía y la conservación de la naturaleza. Entre sus proyectos destacan haber impulsado la Norma Mexicana de Especies en Peligro de Extinción y la creación de reservas en México que abarcan más de dos millones de hectáreas. Entre los reconocimientos a su trayectoria figura el Premio al Servicio Distinguido en Academia de la Sociedad de la Conservación Biológica (Estados Unidos).

Professor in the Instituto de Ecología at the Universidad Nacional Autónoma de México, his research areas are primarily animal ecology, biogeography and nature conservation. Among his achievements, we can cite his work for the passage of Mexico's Endangered Species Act, and for the establishment of nature reserves spanning over two million hectares of national territory. Holder of the Distinguished Academic Service Award of the Society for Conservation Biology (United States), among other honors.



Pedro Jordano

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 desde 2011 coordina un panel del Consejo de Investigación Europeo (ERC) para las *Starting Grants*.

Research Professor in the Department of Integrative Ecology at the Estación Biológica de Doñana (Sevilla) 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. Coordinator since 2011 of a European Research Council (ERC) Starting Grants panel, he holds the Mercer Award of the Ecological Society of America.



Rik Leemans

Es catedrático de Análisis de los Sistemas Medioambientales en la Universidad de Wageningen (Países Bajos). Sus áreas de investigación incluyen modelización a nivel global de cambios en el uso del suelo, patrones de cobertura e impactos del cambio climático en la biodiversidad para construir evaluaciones integradas de última generación. Trabaja asimismo en ciclos biogeoquímicos, servicios ecosistémicos, bienestar humano y sostenibilidad. Es miembro de varios consejos editoriales y editor jefe de la revista *Current Opinion in Environmental Sustainability*.

Professor of Environmental Systems Analysis at Wageningen University (Netherlands). His research involves modeling global land-cover patterns, land-use and climate change impacts on biodiversity to arrive at state-of-the-art integrated assessments. He also works on biogeochemical cycles, ecosystem services and human wellbeing and sustainability. A member of several editorial boards, he is currently editor-in-chief of the international journal *Current Opinion in Environmental Sustainability*.

Jurado

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

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación, en su octava edición, ha sido concedido a Ilkka Hanski por su extraordinaria contribución a la ciencia de la persistencia de las especies en paisajes fragmentados.

El profesor Hanski ha establecido el campo de la biología de metapoblaciones, en que una metapoblación se define como un conjunto de poblaciones de la misma especie separadas en el espacio y vinculadas mediante procesos de dispersión. Sus aportaciones únicas permiten comprender la dinámica de las poblaciones como un equilibrio entre los procesos de extinción y colonización entre distintos fragmentos de hábitat. Basándose en sus exquisitos estudios de campo a largo plazo, en especial de las poblaciones finlandesas de mariposas doncella punteada (*Melitaea cinxia*) y en su revolucionaria teoría de la dinámica de metapoblaciones, construyó una firme base para predecir el punto en el que la pérdida de hábitat conduce a la extinción de una metapoblación.

El concepto de metapoblación se ha generalizado para predecir la viabilidad de poblaciones de múltiples especies y hábitats, convirtiéndose rápidamente en una noción fundamental para la moderna ecología y biología de la conservación. El impacto de la obra del profesor Hanski crece a medida que los hábitats se fragmentan más y más por influencias antropogénicas.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Ecology and Conservation Biology

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Ecology and Conservation Biology category goes, in this eighth edition, to Ilkka Hanski for his outstanding contributions to the science of species persistence in fragmented landscapes.

Professor Hanski has established the field of metapopulation biology, where a metapopulation is described as a set of spatially separated populations of the same species linked by dispersal. His unique contributions allow understanding population dynamics as a balance between local extinction and colonization among habitat patches. Drawing on his exquisite long-term field studies, particularly with Finnish populations of the Glanville fritillary butterfly (*Melitaea cinxia*), and his groundbreaking theory on metapopulation dynamics, he has established a firm basis to predict the point at which habitat loss leads to metapopulation extinction.

The metapopulation concept has been generalized to predict population viability across a wide range of species and habitats. It quickly became fundamental to modern ecology and conservation biology. The impact of Professor Hanski's work is increasing as habitats become more fragmented due to anthropogenic influences.

«Lo que más me gusta de las matemáticas es la idea de que puedes demostrar que una determinada proposición es cierta y no existe argumento racional que lo ponga en duda.»

“What I like most about mathematics is the idea that you can prove a precise statement to be true, and there can be no rational argument challenging its truth.”

Stephen A. Cook

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

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





Stephen A. Cook

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

P versus NP, he ahí el dilema

El hoy problema más famoso en ciencias de la computación, sobre cuya *cabeza* pesa una recompensa de un millón de dólares, nació como un enigma matemático más. Atractivo e interesante, sin duda, pero humilde. Ni siquiera su descubridor, el matemático estadounidense Stephen Cook, advirtió al principio sus muchas implicaciones. Se trata del problema *P versus NP*, que se ocupa de lo que puede resolver una computadora de forma eficiente. Cook lo formuló en 1971. La era de los ordenadores estaba entonces en sus inicios y el valor de la aportación de Cook no era fácilmente apreciable. Sin embargo, solo un año después otro matemático publicó una lista con decenas de problemas que en la práctica, y según el estado de conocimiento actual, quedan fuera del alcance de las computadoras. Eran muchos más de los esperados. Fue el comienzo de la fama de *P versus NP*, y de Stephen Cook.

Con los años la lista de problemas irresolubles en tiempo asumible ha seguido creciendo y *P versus NP* se ha convertido en una espada Excalibur a la que todo genio matemático se ha enfrentado alguna vez. En cuanto a Stephen A. Cook (Búfalo, Estados Unidos, 1939), hoy es catedrático de Ciencias de la Computación en la Universidad de Toronto y el ganador del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación «por su trabajo pionero de enorme influencia en complejidad computacional».

De niño Cook no conocía a ningún matemático, no sabía «lo que hacían realmente» —ha comentado en alguna ocasión—, pero en cambio sí tenía la experiencia de haber trabajado un verano siendo adolescente con el inventor del marcapasos cardíaco implantable, Wilson Greatbach, quien vivía en su

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

P versus NP, that is the question

The most celebrated problem in computer science, with a price on its head of one million dollars, was originally just another mathematical puzzle. Attractive and intriguing without doubt, but at bottom unpretentious. Not even its discoverer, U.S. mathematician Stephen Cook, was aware at the start of its full ramifications. The problem in question, *P versus NP*, turns on what a computer can solve in an efficient manner. Cook first formulated it in 1971. Back then the computer age was in its infancy, and the value of Cook's contribution was not easily appreciable. But just one year later, another mathematician published a list of dozens of problems that, in practice, are beyond the reach of computers at the current state of knowledge. And their number was a lot larger than expected. Thus began the fame of Stephen Cook's *P versus NP*.

The list of problems not solvable within a reasonable time has lengthened with the years, and *P versus NP* has become the Excalibur which every mathematical genius has at some time grappled with. As to Stephen A. Cook (Buffalo, United States, 1939), he is currently Professor of Computer Science at the University of Toronto, and the latest winner of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Information and Communication Technologies category “for his pioneering and most influential work on computational complexity.”

As a child, Cook did not know any mathematicians and, he admits, had “no idea what they actually did.” He had, however, taken a teenage summer job with the inventor of the implantable cardiac pacemaker, Wilson Greatbach, who lived in his home town. Encouraged by this experience and his curiosity about the new transistors appearing on the market, he enrolled for an engineering degree at the University of Michigan.

Cook ha trazado la frontera entre lo que puede resolver una computadora de forma eficiente y lo que no. Hay miles de problemas procedentes de multitud de áreas que quedan fuera del alcance de las máquinas. Identificarlos ayuda a no desperdiciar esfuerzo intentando resolverlos.

Cook has drawn the boundary between what a computer can and cannot solve efficiently. Thousands of problems in a multitude of areas are beyond the reach of computing power. Identifying them means we need not waste time attempting to solve them.

misma ciudad. Eso, unido a su interés por los transistores que empezaban a llegar al mercado, le hizo matricularse en Ingeniería en la Universidad de Michigan. Un profesor que advirtió sus habilidades le ganó para las matemáticas. Tras doctorarse en Harvard en 1966, comenzó su relación con las ciencias de la computación, un área que los matemáticos, en palabras del propio Cook, «aún no consideraban del todo respetable matemáticamente».

Quizás por eso el Departamento de Matemáticas de la Universidad de California en Berkeley, donde Cook fue profesor cuatro años, no le ofreció un puesto estable. Richard Karp, del Departamento de Ciencias de la Computación en Berkeley, ha escrito: «Será siempre motivo de vergüenza para nosotros el no haber logrado convencer al Departamento de Matemáticas [de ofrecer una plaza a Cook]». En 1970 Cook aceptó una oferta de la Universidad de Toronto.

En esa época «los ordenadores eran relativamente nuevos y parecía muy natural estudiar qué problemas pueden resolver de forma eficiente», dice Cook para explicar por qué escogió su área de investigación. La cuestión de la eficiencia es importante. Alan Turing ya había definido décadas atrás qué pueden resolver los ordenadores y qué no en términos absolutos. Pero sucede que «hay problemas que sí pueden ser resueltos por un ordenador, solo que la máquina tardaría tanto que el Sol moriría antes», señala Cook.

Estos problemas en la práctica irresolubles se dan en biología, física, economía... y es interesante identificarlos para no «desperdiciar esfuerzo» intentando resolverlos y concentrarse, en cambio, en la búsqueda de «soluciones aproximadas pero útiles», señala Cook.

Hoy día no cabe ya duda de la admiración que matemáticos y expertos en computación sienten por el padre de P *versus* NP, uno de los siete problemas del milenio, cuya resolución premia con un millón de dólares el Clay Mathematics Institute (Estados Unidos).

NP — por sus siglas en inglés de *tiempo no determinista polinomial*— son los problemas que no pueden ser resueltos eficientemente, y P los que

A professor there spotted his ability and won him over to mathematics. After completing a PhD at Harvard, in 1966, he began working in computer science, an area that mathematicians, Cook recalls, “still didn’t consider quite respectable mathematically speaking.”

This may be the reason why the Mathematics Department of the University of California, Berkeley, where Cook had been teaching for four years, failed to offer him a stable position. Richard Karp, of Berkeley’s Computer Science Department, has since written: “It is to our everlasting shame that we were unable to persuade the math department [to give him tenure].” In 1970, Cook accepted an offer from the University of Toronto.

At that time “computers were relatively new, and it seemed natural to study which kinds of problems they could solve efficiently,” says Cook on the subject of why he chose his area of research. The efficiency issue is important. Many years earlier, Alan Turing had defined what computers can and cannot solve, in absolute terms. But it transpires that “there are problems that a computer could feasibly solve, except that it would take until the sun burns out,” Cook points out.

These effectively unsolvable problems exist in biology, physics, economics, etc., and it is important to identify them so as not to “waste time” trying to solve the unsolvable, and instead concentrate on finding what Cook calls “approximate but useful solutions.”

Nowadays there is no doubting the admiration that mathematicians and computing experts feel for the father of P *versus* NP, one of the seven Millennium Problems for whose solution the Clay Mathematics Institute (United States) has offered a one-million-dollar prize.

NP problems – the letters stand for non-deterministic polynomial time – are those which cannot be efficiently solved, while P problems can. An example of an NP problem is the case of the traveling salesman: how to find the most efficient route that he should follow to cover multiple destinations. What sets them apart is that the right answer can only be arrived at by testing all the options, a task that could take even the most powerful computer billions of years.

sí. Un ejemplo de problema NP es el conocido como *del viajante*: se trata de hallar la ruta más corta para un repartidor que debe entregar muchos paquetes. En los problemas NP solo se encuentra la respuesta correcta probando todas las opciones, algo que puede llevar miles de millones de años incluso al ordenador más potente.

Ahora bien, ¿seguro que no existe un algoritmo que dé una solución evitando hacer todos esos cálculos? ¿De verdad no hay un atajo brillante para resolver los problemas NP? Justamente eso es lo que plantea el problema P *versus* NP. A fecha de hoy, la respuesta es un rotundo «no se sabe». Es posible que los NP sean, en realidad, problemas P *disfrazados*, problemas solubles eficientemente pero para los que nadie ha encontrado todavía el método de ataque adecuado.

La gran aportación de Cook fue determinar que dentro de la clase NP hay una subclase que denominó *NP completa*. Los NP completos son problemas *llave*, porque si se encuentra una manera de resolver eficientemente solo uno de ellos, significa que todos — todos los NP — pueden resolverse eficientemente. A la inversa, si se demostrara que realmente no existe método capaz de resolver un NP completo en tiempo asumible, la barrera entre P y NP quedaría blindada para siempre.

Cook apuesta por la última opción. Esa es su conjetura: que P y NP son distintos. A él lo que más le gusta de las matemáticas es «la idea de que puedes probar que una proposición precisa es verdadera sin que ningún argumento racional pueda poner en duda ese hecho». Pero no le queda más remedio, por ahora, que aceptar que la *conjetura de Cook* viva en el limbo de lo que todavía no ha podido ser demostrado.

But is there truly no algorithm that can solve the problem without all these calculations? Is there no brilliant shortcut that can make NP problems yield to a solution? This precisely is the conjecture posed by P versus NP. The answer, as we write, is a firm “don’t know.” It is possible that NP problems may actually be P problems *in disguise*, i.e., efficiently solvable problems for which no one has yet worked out a suitable line of attack.

Cook’s central achievement was to identify a sub-class of NP problems which he termed NP-complete. These are “key” problems, because solving one of them efficiently would mean all NP problems lend themselves to efficient solution. Conversely, if it can be shown that there is no way to solve an NP-complete problem in a manageable time, then the door between P and NP will stay locked forever.

Cook favors the latter option; that P and NP are not the same. What he likes most about mathematics is “the idea that you can prove a precise statement to be true, and there can be no rational argument challenging its truth.” But, for the time being, he will have to live with the fact that Cook’s conjecture inhabits the limbo of the yet unproven.



Más información:



More information:



Georg Gottlob

Presidente del jurado

Es catedrático de Ciencias de la Computación 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.



Ramón López de Mántaras

Secretario del jurado

Es director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del CSIC (España) y profesor de investigación de esta misma organización. Miembro del consejo editorial de numerosas revistas, ha sido editor jefe de *AI Communications*, editor asociado del *Artificial Intelligence Journal* y presidente del Board of Trustees del International Joint Conferences on Artificial Intelligence. Ha recibido el European Artificial Intelligence Research Award y en 2011 el Robert S. Engelmore Memorial Lecture Award de la Asociación para el Avance de la Inteligencia Artificial (AAAI).

Secretary of the jury

Research Professor with the Spanish National Research Council (CSIC) and Director of its Artificial Intelligence Research Institute. A member of the editorial board of numerous journals and former editor-in-chief of *AI Communications*, associate editor of the *Artificial Intelligence Journal*, and chairman of the Board of Trustees of the International Joint Conferences on Artificial Intelligence, his awards include the European Artificial Intelligence Research Award and the 2011 Robert S. Engelmore Memorial Lecture Award of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI).



Oussama Khatib

Es director del Laboratorio de Robótica y catedrático de Ciencias de la Computación en la Universidad de Stanford (Estados Unidos). Ha publicado más de trescientos artículos sobre robótica centrada en el ser humano: interacciones a través del tacto, inteligencia artificial, síntesis del movimiento humano y animación. Preside la Fundación Internacional de Investigación Robótica y es coeditor del *Handbook of Robotics*, premio a la Excelencia en Ciencias Físicas y Matemáticas de la Asociación Americana de Editores.

Director of the Robotics Laboratory and Professor of Computer Science at Stanford University (United States). He has published over 300 articles on human-centered robotics: haptic interactions, artificial intelligence, human motion synthesis and animation. He is President of the International Foundation of Robotics Research (IFRR) and co-editor of *Handbook of Robotics*, awarded the American Publishers Award for Excellence in Physical Sciences and Mathematics.



Rudolf Kruse

Es catedrático del Departamento 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).

Professor in the Department of Computer Sciences 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).



Mateo Valero

Es director del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación y catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña (España). Su investigación abarca organización y diseño de procesadores vectoriales avanzados y superescalares, entre otras áreas. Autor de más de setecientos artículos, es premio Eckert-Mauchly, el más relevante a nivel mundial en arquitectura de los computadores, premio Seymour Cray 2015, el referente internacional en supercomputación, y *fellow* del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE).

Director of the Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación and a professor at BarcelonaTech (UPC) (Spain). His research encompasses the design and organization of advanced vector and superscalar processors, among other topics. Author of over 700 published papers, he holds the Eckert-Mauchly Award, a leading international honor in computer architecture, and the 2015 Seymour Cray Award, the most prestigious worldwide in high-performance computing. Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).



Joos Vandewalle

Es catedrático emérito del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica), donde dirigió 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) y presidente del área de Ciencias Técnicas de la Royal Flemish Academy of Belgium.

Emeritus professor of 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) and chairman of the Technical Sciences class of the Royal Flemish Academy of Belgium.

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 octava edición, ha sido concedido a Stephen A. Cook por el carácter pionero y la enorme influencia de sus trabajos sobre complejidad computacional. El trabajo de Stephen A. Cook juega un papel importante a la hora de determinar qué es lo que pueden los ordenadores resolver y qué no de forma eficiente. Su concepto de *NP completo* se considera uno de los principios fundamentales de la ciencia de la computación.

En su obra seminal de 1971, *La complejidad de los procedimientos de demostración de teoremas*, Cook otorgó un significado matemático a la expresión «eficientemente calculable»: un problema es eficientemente calculable si pertenece a la clase P de problemas calculables en un tiempo polinómico determinista. También atribuyó un significado matemático a la expresión «eficientemente verificable», en un tiempo polinómico, una vez se ha hallado una solución. Un problema eficientemente verificable, si tiene solución, se puede resolver por el método de tanteo y error. El primer paso consiste en conjeturar una propuesta de solución (la denominada conjetura no determinista) para a continuación verificar eficientemente que esa conjetura es de hecho una solución (la conjetura determinista en tiempo polinómico). Por esta razón, esa clase de problemas se denomina NP para tiempo polinómico no determinista.

Cook estableció el conocido problema de P versus NP, que cuestiona si todo problema de decisión que sea eficientemente verificable (en NP) puede hacerse eficientemente calculable (en P) y conjeturarse (la conocida actualmente como hipótesis de Cook) que $P \neq NP$. La cuestión de P versus NP es en la actualidad uno de los siete problemas del milenio.

Stephen Cook demostró que hay problemas concretos de la clase NP en los que pueden transformarse eficientemente todos los demás problemas del conjunto NP. Estos problemas se denominan *problemas NP completo*. Si un problema NP completo se puede resolver en tiempo polinómico, entonces todos se pueden resolver. Hoy se conocen miles de problemas NP completo en ámbitos tan diversos como la biología, física o economía.

Jury

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

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Information and Communication Technologies category goes, in this eighth edition, to Stephen A. Cook for his pioneering and most influential work on computational complexity. Cook's work plays an important role in identifying what computers can and cannot solve efficiently. His concept of "NP-completeness" is considered as one of the fundamental principles in computer science.

In his seminal 1971 paper "The Complexity of Theorem-Proving Procedures," Cook gave a mathematical meaning to "efficiently computable": a problem is efficiently computable if it is in the class P of problems computable in deterministic polynomial time. He also gave a mathematical meaning to "efficiently verifiable," as in polynomial time, once a solution is given. An efficiently verifiable problem, if at all solvable, can be solved with a guess-and-check procedure by first guessing a candidate for a solution (the so-called nondeterministic guessing step), and then verifying efficiently that the guess is indeed a solution (the deterministic polynomial-time checking step). Therefore the class of these problems is referred to as NP for nondeterministic polynomial time.

Cook established the now well-known P versus NP question as to whether or not every decision problem that is efficiently verifiable (in NP) can be made to be efficiently computable (in P) and conjectured (now known as Cook's hypothesis) that $P \neq NP$. The P versus NP question is now one of the seven Millennium Prize Problems.

Stephen Cook showed that there are specific problems within the class NP to which all other problems in NP can be efficiently transformed. These problems are referred to as NP-complete problems. If one NP-complete problem can be solved in polynomial time, then all can. Today there are literally thousands of known NP-complete problems in fields as diverse as biology, physics or economics.

«Hicimos que la teoría de juegos fuera un método más útil para analizar las interacciones económicas.»

“We turned game theory into a more useful method for analyzing economic interactions.”

Robert B. Wilson

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

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





Robert B. Wilson

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

El quid de las decisiones complejas

De joven Robert Butler Wilson (Geneva, Nebraska, Estados Unidos, 1937) tenía una profunda inclinación por las ciencias básicas. Gracias a una beca consiguió su sueño de estudiar Matemáticas en la Universidad de Harvard, donde en 1959 se licenció. Sin embargo, una casual asistencia a un curso sobre teoría económica captó su interés por las ciencias sociales. También por entonces su mentor y uno de los mayores teóricos en el arte de la negociación, Howard Raiffa, le introdujo en la teoría de la decisión, un área interdisciplinaria que estudia el comportamiento de aquellos que toman decisiones, así como las condiciones en las que deben tomarlas. Esto cambió definitivamente el curso de su carrera. «Descubrí que muchos de los temas de análisis económico podían resolverse mediante las técnicas de la teoría de la decisión multipersonal, incluida la teoría de juegos», explica Wilson en referencia al efecto que tuvieron estos temas. Con el tiempo se fue interesando también por problemas básicos de economía y, en concreto, por los relacionados con el comportamiento estratégico: «Quería contribuir a la teoría básica sobre cómo las personas racionales analizan los problemas de decisión complejos», explica. Y así decidió completar su formación con un doctorado en Administración de Empresas (1963). Inició su carrera en la Universidad de California, pero al poco tiempo se incorporó a la Universidad de Stanford, donde desarrolló toda su labor investigadora y docente. Desde 2004 ejerce allí como titular emérito de la Cátedra Adams de Gestión.

Era la década de los sesenta y la teoría de juegos estaba en pleno crecimiento después de que John Nash ampliara y mejorara los postulados de la teoría existente entonces. Pero sin duda, para Wilson aún era una herramienta poco útil para el análisis económico: «La complejidad de los modelos hacía difícil su uso

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

The crux of complex decisions

In his youth, Robert Butler Wilson (Geneva, Nebraska, United States, 1937) was strongly drawn to basic science. With the help of a grant, he was able to fulfill his dream of studying mathematics at Harvard University, where he graduated in 1959. However, his fortuitous attendance at an economic theory course convinced him to switch to the social sciences. Around the same time, Howard Raiffa, his mentor and a leading theorist of the art of negotiation, introduced him to decision theory, an interdisciplinary field that studies the behavior of decision-makers and the conditions that inform their choices. This would prove a watershed in his career. “I discovered that many issues of economic analysis could be solved with the techniques of multi-person decision theory, including game theory,” explains Wilson, recalling the impression that it made on him. With time, he also began looking at basic problems of economics, particularly those to do with strategic behavior. “I wanted to contribute to basic theory on the subject of how rational people analyze complex decision problems,” he relates. And the next step was to complete his training with a doctorate in business administration (1963). He started work at the University of California, but shortly moved to Stanford where he would remain for the rest of his teaching and research career, since 2004 in the emeritus post of Adams Distinguished Professor of Management.

It was the 1960s, and game theory was booming after John Nash enlarged and refined its theoretical postulates. Wilson, however, was skeptical about its value as an economic analysis tool. “The complexity of the models made them hard to use in empirical estimates, we needed better modeling and analysis techniques,” he clarifies. With this goal in mind, he was among the first to analyze market situations from the perspective

En su trabajo Wilson siempre ha combinado la construcción de un cuerpo teórico robusto con la búsqueda de soluciones prácticas.

Wilson, in his work, has consistently wed the construction of a robust theoretical framework with the search for practical solutions.

en estimaciones empíricas; se necesitaban mejores técnicas de modelado y análisis», aclara. Con esa idea en mente, Wilson fue precisamente uno de los primeros en analizar situaciones de mercado aplicando la teoría de juegos no cooperativos, especialmente bajo circunstancias de información asimétrica. En 1982 desarrolló, junto con su colega David Kreps, el concepto de *equilibrio secuencial*, cuyo objetivo es intentar determinar qué equilibrios de un juego con información asimétrica tienen o no sentido: «Hicimos que la teoría de juegos fuera un método más útil para analizar las interacciones económicas», explica Wilson. Tanto este concepto como sus variantes se aplican hoy en el análisis económico en multitud de áreas como la organización industrial, por ejemplo, para frenar las prácticas de precios predatorios (por debajo de coste); y también en temas específicos como las negociaciones laborales. Es por estas «innovadoras aportaciones al análisis de la interacción estratégica cuando los agentes económicos cuentan con información limitada y desigual acerca de su entorno» que el jurado le ha concedido el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas.

En su trabajo siempre ha combinado la construcción de un cuerpo teórico robusto con la búsqueda de soluciones prácticas. Una dura labor, a veces en solitario pero en ocasiones también conjuntamente, complementada siempre con «una cuidadosa observación y una chispa de creatividad, necesarias para revelar el *quid* del problema». De ese modo, su conocimiento lo ha trasladado también a otros campos como la economía industrial, donde igualmente ha hecho prominentes contribuciones, en concreto, en el diseño de tarifas y la discriminación de precios.

¿Qué tienen en común las tarifas eléctricas y las tarifas de las compañías aéreas? Todos son ejemplos de lo que se denomina precios no lineales, es decir, los precios ofertados al consumidor no son proporcionales a la cantidad comprada. Una práctica comercial habitual que en su momento mereció una atención especial a Wilson y que destaca también el jurado del premio. Su aportación teórica en esta área se recoge en la obra *Non linear pricing*, que publicó en 1993 y que se emplea como manual de referencia sobre el tema.

of non-cooperative game theory, especially in conditions of information asymmetry. In 1982, along with colleague David Kreps, he developed the concept of sequential equilibrium, seeking to determine which equilibria are reasonable and which not in a game with asymmetric information. As Wilson explains it: “We turned game theory into a more useful method for analyzing economic interactions.” Sequential equilibrium and its variants are currently in wide use as an economic analysis tool in multiple areas including industrial organization – for instance, to combat the practice of predatory (below cost) pricing – and in practices like wage bargaining. It is for these “pioneering contributions to the analysis of strategic interaction when economic agents have limited and different information about their environment,” that the jury has granted him the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management.

In his work, he has consistently wed the construction of a robust theoretical framework with the search for practical solutions. A difficult endeavor, undertaken at times alone at times as part of a team, but invariably supplemented by “careful observation and a spark of creativity that illuminates the crux of the problem.” It follows, then, that his work has found outlets in other fields like industrial economy, where he has made landmark contributions in tariff design and price discrimination.

What do electricity rates and air fares have in common? Both are examples of what is known as non-linear pricing, where the prices available to the consumer are not proportional to the quantity acquired; a standard commercial practice which, as the jury remarks, at one time occupied much of Wilson’s attention. His theoretical insights in this area are set forth in *Nonlinear Pricing*, published in 1993 and now a classic textbook on the subject.

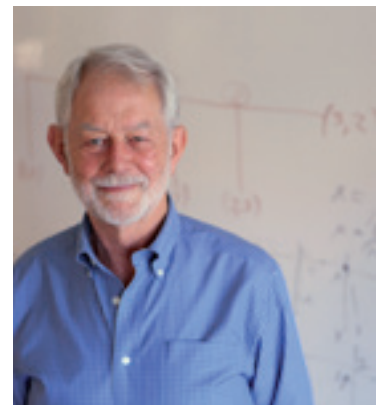
Wilson admits that although the desire to understand the intrinsic details of market operation (how and by whom prices are determined) was a primary career motivation, with time he felt closer to what has become known as economic engineering; putting economics to work to improve the design of markets.

Wilson confiesa que aunque una de las principales motivaciones en su carrera era entender los detalles intrínsecos al funcionamiento de los mercados (cómo y quién determina los precios), con el tiempo se interesó más en cómo mejorar su diseño y mecanismos, lo que se conoce como ingeniería económica. Y así fue pionero en el diseño de subastas, en concreto, con entornos asimétricos y con información privada de bienes divisibles, como las subastas de dinero que fijan los tipos de interés de muchos bancos centrales. Si bien, su huella está más presente en las relacionadas con el mercado eléctrico, las telecomunicaciones y la prospección de petróleo. En cualquier caso, sus innovadores modelos han permitido a muchos gobiernos otorgar licencias más eficientes y reducir el coste de las compras públicas.

Durante décadas ha tenido una prolífica trayectoria como investigador y docente. Sus investigaciones parten de la observación de problemas prácticos. Así, es autor de más de un centenar de artículos publicados en revistas de referencia internacional. La influencia de su obra se ha dejado sentir en multitud de disciplinas, desde finanzas hasta estrategia empresarial. En esta última etapa trabaja en entender cómo la cooperación entre dos partes puede verse afectada por limitaciones. Pero por encima de eso, confiesa que sigue buscando «establecer mejores bases para la teoría de juegos y sus aplicaciones».

Hence his groundbreaking work on auction design, with the focus on divisible good auctions in an asymmetric environment with private information – an example being the tenders used by central banks to set their policy interest rates. Where his imprint has been strongest, however, is in the power and telecommunications markets and auctions for oil drilling rights. Moreover, his innovative models have enabled many governments to improve their licensing procedures and save on public procurement costs.

During a prolific career in teaching and research, he has invariably been guided in his choice of subject by the observation of practical problems. He has authored over a hundred published papers in leading international journals, and his influence extends across a multitude of disciplines, from finance to business strategy. Recently, he has been studying the limitations imposed on cooperation between two parties. But his passion, he admits, is to “establish firmer foundations for game theory and its applications.”



Más información:



More information:





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. Es miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, *fellow* de la Sociedad de Econometría y de la Asociación Económica Europea (EEA), y miembro correspondiente de la Academia Británica.

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. He is a member of the U.S. National Academy of Sciences, a fellow of the Econometric Society and the European Economic Association (EEA), and a corresponding fellow of the British Academy.



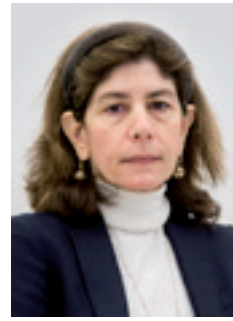
Manuel Arellano

Secretario del jurado

Profesor 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, 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 William K. Lanman, Jr. 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. Es editora jefe de la *American Economic Review*, miembro de la Oficina Nacional de Investigación Económica de Estados Unidos (NBER) y consejera de la Oficina para la Investigación y el Análisis Económicos del Desarrollo (BREAD, por sus siglas en inglés).

William K. Lanman, Jr. 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. Editor-in-chief of the *American Economic Review*, she is also a research associate at the 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 de Economía en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona (España). Durante veinticinco años ha sido profesor e investigador en las universidades de California en Berkeley y Harvard. Ha sido 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.

Professor of Economics at Pompeu Fabra University (Spain), he spent 25 years teaching and researching at the universities of California (Berkeley) and Harvard. He 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.



Jean Tirole

Presidente de la Fundación Jean-Jacques Laffont en la Toulouse School of Economics (TSE) (Francia), es director científico del Instituto de Economía Industrial de la Universidad de Toulouse. Sus áreas de investigación son la 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 the Fondation Jean-Jacques Laffont at Toulouse School of Economics (TSE) (France), and Scientific Director of Toulouse University's Institute for Industrial Economics. His research areas are industrial organization, game theory and macroeconomics, and the relations between economics and psychology. A former president of the Econometric Society and the European Economic Association (EEA), he holds the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management, and in 2014 received the Nobel Prize in Economics for his analysis of market power and regulation



Fabrizio Zilibotti

Es catedrático de Macroeconomía y Política Económica en el Departamento de Economía de la Universidad de Zúrich (Suiza). Sus áreas de investigación incluyen el crecimiento económico y desarrollo, la economía política, macroeconomía y el desarrollo económico de China. Sus trabajos han ayudado a entender cómo la innovación tecnológica afecta al crecimiento económico en las diferentes etapas del desarrollo. Es *fellow* de la Sociedad de Econometría y del Centro de Investigación en Política Económica (CEPR). Presidente de la Asociación Económica Europea (EEA), es coeditor de *Econometrica*.

Chair of Macroeconomics and Political Economy in the Department of Economics at the University of Zurich (Switzerland). His research interests include economic growth and development, political economy, macroeconomics, and the economic development of China. His work has contributed to a better understanding of how technological innovation affects economic growth at different stages of development. A fellow of the Econometric Society and the Centre for Economic Policy Research, and co-editor of *Econometrica*, he is also President of the European Economic Association (EEA).

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, en su octava edición, ha sido otorgado a Robert B. Wilson por sus innovadoras aportaciones al análisis de la interacción estratégica cuando los agentes económicos cuentan con información limitada y diferente referida a su entorno. Sus investigaciones acerca de las subastas, los precios de la electricidad, las reputaciones y las interacciones dinámicas en las citadas circunstancias de disponibilidad de información han abierto nuevos caminos e impregnan todo el análisis económico hasta el día de hoy.

Robert B. Wilson fue uno de los primeros estudiosos en analizar situaciones de mercado empleando la teoría de los juegos no cooperativos, especialmente en circunstancias de información asimétrica. Desarrolló las bases teóricas —su concepto del equilibrio secuencial (elaborado junto con David Kreps) ha ejercido una enorme influencia—, así como muchas de las herramientas que posibilitaron el diseño práctico de mercados (conocido también como *ingeniería económica*), por ejemplo, las subastas del espectro de las telecomunicaciones.

Jury

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

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Economics, Finance and Management category goes, in this eighth edition, to Robert B. Wilson for his pioneering contributions to the analysis of strategic interaction when economic agents have limited and different information about their environment. His research on auctions, electricity pricing, reputations, and dynamic interactions under such informational circumstances was groundbreaking and pervades economic analysis to this day.

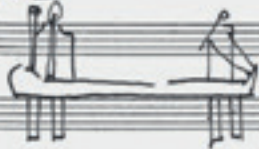
Robert B. Wilson was among the first to analyze market situations using non-cooperative game theory, especially under circumstances of asymmetric information. He developed theoretical foundations – his concept of sequential equilibrium (joint with David Kreps) has been very influential – and also many of the tools that made practical market design (sometimes called “economic engineering”) possible, for example, the spectrum auctions for telecommunications.

«Invierto tiempo en ensayar las obras, en las que puedo perderme y encontrarme otra vez a mí mismo con los intérpretes.»

“I take time to rehearse my works, so I can lose myself then find myself again together with the performers.”

Georges Aperghis

- SEQUENCE II -



La chanteuse est touchée sur les pensées des deux instrumentistes. Elle tient toute sa bouche sur toute la charnière verticale. Le chanteur applique la charnière sur la gorge de la chanteuse la fonctionnarisé plus sur le plan de la prise de la chanteuse.

4/4 $\text{♩} = 104$

CL
VOIX
PERC

parlé + joué dans l'instrument

très doux

même (avec la droite)

VENT

CL
Voix
Perc

Rangue

il met ses yeux entre le pouce pour donner la chanteuse.

LA, EOLA, ALELA, RAPELA, ETTAT, IAN, NOVA, RUA, OTIAX, NOVA

tout le reste avec une même respiration

CL
Voix
Perc

stilet

niente

ARRÉ, OUDOTAN, NODLA, EM, E, NO, JREI, OUIKAPLA, RIK, RAPIA

niente



Georges Aperghis

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Música Contemporánea

El teatro se hace música

Georges Aperghis nace en Atenas en 1945 en una familia de artistas y vive en París desde que instala allí su residencia en 1963. Su obra se caracteriza por la investigación y búsqueda del sentido y evolución de los lenguajes, y por la fusión entre música y teatro. Sus composiciones, ya sean instrumentales, vocales, teatrales o mixtas en las que interviene la informática musical (CAO), exploran las fronteras de la percepción e interrelación, creando ilusiones perceptivas entre las distintas disciplinas. En su repertorio podemos encontrar obras para instrumentos solistas, música de cámara, obras vocales, orquestales y óperas, en su mayoría inspiradas en el texto y en el teatro.

En sus inicios se interesa en el serialismo, en la música concreta (Pierre Schaeffer y Pierre Henry), así como en las vías abiertas por Xenakis. Pero la obra de Aperghis no se puede relacionar con ninguna de las estéticas dominantes de la creación musical contemporánea, y se caracteriza por un diálogo con otras formas de arte y por un acercamiento al otro, ya sea espectador ya sea intérprete. Esta alteridad se combina con una incesante innovación al integrar en sus espectáculos máquinas, autómatas, robots y ordenadores. Desde 1997 trabaja con el ATEM (Atelier de Théâtre et Musique) de Bagnolet, grupo de actores e intérpretes creado por él mismo y su esposa, la actriz Édith Scob, que participan plenamente en el proceso de creación de sus espectáculos. Como el propio Aperghis indica, muchas de sus obras surgen en los ensayos combinando, fragmentando, transformando y superponiendo ideas musicales y acciones teatrales, y viceversa. A partir de los años noventa incorpora también la danza y las artes visuales a su obra. Los principales grupos de música contemporánea europeos —Ictus, Klangforum Wien, Remix, Intercontemporain, Vocalsolisten— han establecido

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Contemporary Music

Theater made music

Georges Aperghis was born in Athens into a family of artists in 1945, and has lived in Paris since settling there in 1963. His work is characterized by the drive to interrogate language, dissecting its meaning and its evolution, and by the merging of music and theater. His compositions, whether instrumental, vocal, theatrical or mixed works using music informatics, explore the boundaries of perception and interrelation, creating perceptual illusions that blur the lines between disciplines. His repertoire takes in vocal, orchestral and solo instrumental works, operas and chamber music pieces, most of them inspired by texts or theater.

He was initially drawn to serialism, concrete music (Pierre Schaeffer and Pierre Henry) and the path charted by Xenakis, but Aperghis' oeuvre does not fit easily with any of the dominant aesthetic currents of contemporary musical creation. Its hallmarks are a dialogue with other art forms and a reaching-out to the other, be they spectator or performer. This alterity sits alongside a restless drive to innovate by bringing machines, automatons, robots and computers onto the theatrical stage. Since 1997, he has worked with the Atelier de Théâtre et Musique (ATEM) in Bagnolet on the outskirts of Paris. ATEM is a group of actors and performers he co-founded with his wife, actress Édith Scob, where each member participates fully in the creative process. Many of his works, the composer relates, are put together in rehearsal, combining, dividing, transforming and superimposing musical ideas and scenic action, and vice versa. Dance and visual arts have been part of his spectacles from the 1990s onwards. Europe's leading contemporary music ensembles – Ictus, Klangforum Wien, Remix, Intercontemporain, Vocalsolisten – have forged and maintained a working relationship with Aperghis through commissions and productions that they have included

La obra de Aperghis se caracteriza por un diálogo con otras formas de arte y por un acercamiento al otro, ya sea espectador ya sea intérprete.

A characteristic of Aperghis' work is the way it converses with other art forms and reaches out to the other, be they spectator or performer.

y desarrollado una relación de trabajo con Aperghis a través de encargos y producciones que han integrado en su repertorio. En 2000 recibe el Premio SACEM a la mejor obra del año por *Machinations*, en 2011 el Premio Mauricio Kagel y en 2015 el León de Oro de la Bienal de Venecia, además de este Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento.

Aperghis toma y personaliza una vía fundamental de ramificaciones múltiples en la composición musical actual abierta, entre otros, por compositores como Stockhausen (*Inori*), Ligeti (*Aventures* y *Nouvelles aventures*) (música escénica), Mauricio Kagel (teatro instrumental neodadaísta) y, en cierto modo, Helmut Lachenmann o Gerard Grisey, que rompen con el imperio de los sistemas en los que, como escribiría este último, «el mapa era mucho más importante que el propio territorio», el sistema era más dominante que el propio sonido, que su energía, su ADN o las emociones que contenía. Aperghis no ha cesado de reinventar su propio lenguaje, convirtiéndose en un artista de su tiempo que ha sabido fusionar en su obra distintas dimensiones de la creación contemporánea, dejándose influenciar por otras artes que le han permitido abrir vías expresivas, visuales, escénicas, lumínicas, informáticas y temporales que hacen de su obra la obra total, donde desde la macroforma hasta las mínimas figuras rítmicas o expresivas crean un contrapunto de dimensiones múltiples que permiten al espectador navegar y perderse en un universo de emociones no solo sonoras. La singularidad de Aperghis reside en la utilización de una lógica no lineal, de un pensamiento rizomático (Deleuze y Guattari); es decir, en la aplicación de un modelo compositivo en el que la organización de los elementos no sigue líneas de subordinación jerárquica, sino que cualquier elemento puede afectar o incidir en cualquier otro, tanto en la concepción como en la evolución y transformación de otros elementos de la estructura sin importar su posición recíproca. La ausencia de centro del rizoma es una característica de particular interés en la filosofía de la ciencia y de la sociedad, la semiótica y la teoría de la comunicación contemporáneas que Aperghis extiende también a la música. En este sentido podemos citar el planteamiento de *L'origine des espèces* (1993), donde el proceso

in their repertoires. In 2000, he received the SACEM Prize for the year's best composition for *Machinations*, followed in 2011 by the Mauricio Kagel Prize, and in 2015 by the Golden Lion at the Venice Biennale and this BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award.

Aperghis has traced his own distinctive course along a main highway with multiple byways in present-day musical composition, carved out by composers like Stockhausen (*Inori*), Ligeti (*Aventures* and *Nouvelles Aventures*) – (stage music), Mauricio Kagel (neo-Dadaist instrumental theater) and, in some measure, Helmut Lachenmann and Gérard Grisey who have broken free of the empire of systems. An empire where, as the latter wrote, “the map was more important than the territory,” and the system predominated over the sound itself, its energy, its DNA and the emotions held within it. Aperghis has ceaselessly reinvented his personal language. An artist of his time, he has taken different dimensions of contemporary creation and melded them in his work – a permeability to other arts that enables him to explore new expressive, visual, scenic, optical, digital and temporal avenues. His oeuvre thus becomes the total artwork in which every element from the macro form to the smallest rhythmic or expressive pattern creates a multi-dimensional counterpoint, allowing the spectator to navigate, or drift, in a universe of emotions, aural and otherwise. Aperghis' uniqueness lies in the use of non-linear logic or rhizomatic thought (Deleuze and Guattari); that is, the application of a compositional model where the organization of the elements does not respond to a hierarchical order. Instead, each component of the structure may inform the conception, evolution and transformation of any other, whatever their reciprocal position. The absence of a center in the rhizome makes it relevant for social philosophy, the philosophy of science, semiotics and contemporary communication theory; a relevance Aperghis now extends to music. This is evident in the approach he takes with *L'Origine des espèces* (1993), where the formal, creative process echoes the evolution or journey of life from protozoa to man.

The processing and modification of phonemes is a constant in Aperghis' work. Pieces like *Six tourbillons* (1989) or *Machinations* (2000) reflect his interest in

creativo y formal responde a la evolución y recorrido de la vida desde los protozoos hasta el hombre.

El tratamiento y modificación de fonemas es una de sus principales preocupaciones. *Six tourbillons* (1989) o *Machinations* (2000) son obras representativas de su interés en mostrar y modificar el contenido expresivo de cada fonema, tocando los orígenes del lenguaje en conexión con las emociones y gestualidad, llegando a las fronteras de su transformación, virtuosismo y combinatoria, tanto por la fragmentación y reorganización del texto como por la modificación de su sentido. Esta metamorfosis llega a sus límites en *Machinations*, donde la intervención de la CAO (composición asistida por ordenador) le permite aplicar la síntesis granular a la voz a través de muestras numéricas de esta, gracias, por así decir, a una metafórica microcirugía vocal, al combinar y densificar al infinito minúsculas partículas de consonantes, vocales, gemidos, gritos... junto a las propias consonantes, vocales, fonemas, palabras y frases que reunidas crean una bella y amplia politemporalidad vocal.

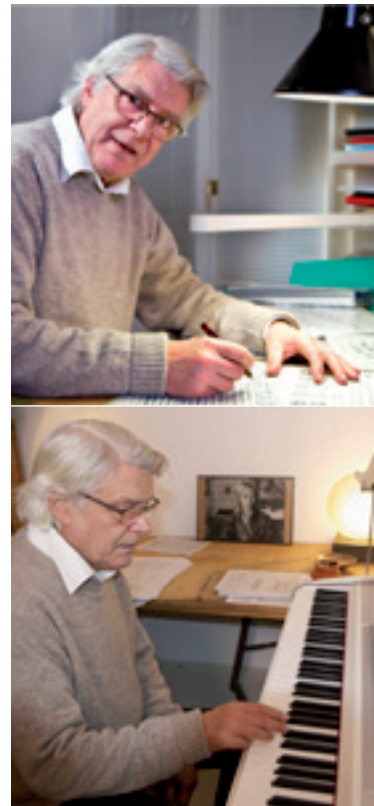
En Aperghis la musicalización de las otras disciplinas, menos abstractas que la música (teatro, imagen, espacio escénico...), se realiza a través de un lenguaje musical preciso: no se trata de una simple puesta en escena teatral, sino de una partitura puesta en escena gracias a movimientos, acciones, gestos, densidades, etc., escritos con extrema precisión rítmica en el tiempo y en el espacio que transforman la percepción de lo que llamamos concierto.

Esta forma de concebir su obra contribuye a una renovación de la interpretación, de la escucha y de la producción del espectáculo que permite evolucionar a cada uno de estos actores en sus correspondientes papeles.

displaying and modifying the expressive content of each phoneme, probing the roots of language with regard to emotions and gesture, while testing the limits of its transformation, virtuosity and combinability in both the splitting and rearranging of the text and the alteration of its meaning. This metamorphosis finds maximum expression in *Machinations*, employing techniques of computer-assisted composition (CAC) whereby numerical voice samples are subjected to granular synthesis in what we might metaphorically describe as vocal microsurgery, combining and densifying *ad infinitum* minute particles of consonants, vowels, moans and screams... which combine with whole consonants, vowels, phonemes, words and phrases to create a broad multi-temporal vocal fabric that is also a thing of beauty.

For the musicalization of disciplines less abstract than music (theater, image, stage, etc.), Aperghis has recourse to an extremely precise musical language. This is not just theatrical staging, it is the staging of a score through movements, actions, gestures, textures, etc., written with keen rhythmic precision in time and space, which overthrow all perceptions of what we call a concert.

The way he conceives his work entails a renewal of the acts of performing, listening, and producing for the stage, so the actors in each case are able to evolve within their roles.



Más información:



More information:





Philippe Albèra

Presidente del jurado

Músico y musicólogo, creó en 1977 Contrechamps (del que sería director hasta 2005), además del Ensemble Contrechamps (1980), la *Revue Contrechamps* (1983) y Éditions Contrechamps (1991), que sigue dirigiendo en la actualidad. Fue coordinador artístico de la Sala Patino de Ginebra entre 1984 y 1998, donde creó asimismo el Festival Archipel en 1992. Consejero artístico del Festival de Otoño de París durante varios años, es profesor de Historia de la Música y de Análisis en la Escuela Superior de Música de Ginebra y en la de Lausana.

Chair of the jury

This musician and musicologist founded Contrechamps in 1977, remaining at its head until 2005, followed by Ensemble Contrechamps (1980), *Revue Contrechamps* (1983) and Éditions Contrechamps (1991), which he continues to run today. From 1984 to 1998, he was coordinator of Salle Patino in Geneva, where he also created the Archipel Festival in 1992. Artistic advisor to the Festival d'Automne à Paris over several editions, he currently teaches analysis and music history at the Haute École de Musique in Geneva and Lausanne.



Ranko Markovic

Secretario del jurado

Catedrático y director del grado en el programa de Música Clásica de la Universidad de las Artes de Zúrich (Suiza), ha sido director y director artístico de la Universidad Conservatorio de Viena. Sus áreas de investigación incluyen la capacidad y aptitud en la obtención de logros significativos en las artes, Brahms en la música vienesa de comienzos del siglo XX, y la música de Gustav Mahler en arreglos contemporáneos para dúo de piano. Ha sido director de las Instituciones de Formación Musical de la Ciudad de Viena y de la Conferencia Austriaca de Facultades de Música.

Secretary of the jury

Professor and Head of the BA in Music Program at Zurich University of the Arts (Switzerland), and past director and artistic director at Conservatorium Wien University. His research topics include ability and aptitude as related to achievement in the arts, Brahms and his influence on early 20th-century Viennese music, and the symphonic music of Mahler in contemporary version for piano duo. Formerly director of the City of Vienna Music Education Institutions, and chair of the Austrian Conference of Music Schools.



Winrich Hopp

Es director del Festival de Música de Berlín, encuentro anual que reúne a orquestas, coros y *ensembles* de todo el mundo en torno a un tema específico, actividad que simultánea con la de director artístico de Musica Viva, el programa de conciertos de la Bayerischer Rundfunk, la radio y televisión públicas de Baviera. Ha sido miembro del Consejo del Instituto de Nueva Música y Educación Musical de Darmstadt y es miembro fundador de la Internacional Ensemble Modern Academy, en Fráncfurt. Es miembro de la Academia de las Artes y las Ciencias de Renania del Norte-Westfalia.

Director of Musikfest Berlin, an annual event that brings together orchestras, choirs and ensembles from all round the world, each year under a different theme. He combines this post with the artistic direction of Musica Viva, the concert program run by Bavarian public broadcaster Bayerischer Rundfunk. Hopp has served on the board of the Institute for New Music and Musical Education in Darmstadt and was among the founders of the International Ensemble Modern Academy in Frankfurt. Member of the North Rhine-Westphalia Academy of Arts and Sciences.



Martin Kaltenecker

Catedrático asociado de Musicología en la Universidad de París y cofundador de la revista de música contemporánea *Entretemps*, ha sido también productor en la emisora France Musique. Entre 2007 y 2008 fue asesor del Instituto de Estudios Avanzados de Berlín (WIKO) y en 2008-2010 impartió cursos en la Universidad de Poitiers y en la Escuela de Altos Estudios de Ciencias Sociales en París. Traductor de Giuseppe Mazzini, Carl Dahlhaus y Helmut Lachenmann, es autor de numerosos artículos y libros sobre música y estética musical de los siglos XIX y XX.

Associate Professor of Musicology at Université Paris Diderot and co-founder of contemporary music magazine *Entretemps*, he has also worked as a producer for radio broadcaster France Musique. From 2007 to 2008, he was an advisor at the Berlin Institute for Advanced Study (WIKO) and in 2008-2010 taught at the University of Poitiers and the École des Hautes Études en Sciences Sociales in Paris. Translator of Giuseppe Mazzini, Carl Dahlhaus and Helmut Lachenmann, he has authored books and numerous articles on the music and musical aesthetics of the 19th and 20th centuries.



Tilman Kutenkeuler

Es director de la Fundación Auditorio y Teatro de las Palmas de Gran Canaria, puesto al que ha llegado tras ser gerente de la Fundación Orquesta Filarmónica de Gran Canaria (2009-2013) —que integra dos orquestas, una academia y cuatro coros— y director gerente de la Orquesta Sinfónica de Radio Berlín (2014-2015). Anteriormente fue gerente del Centro de Orquesta del Estado Federal de Renania del Norte-Westfalia, en Dortmund (Alemania) y de la Orquesta de Cámara de Stuttgart.

Managing Director of the Las Palmas de Gran Canaria Auditorium and Theatre Foundation, a post he took up after serving as General Manager of the Fundación Orquesta Filarmónica de Gran Canaria (2009-2013), grouping two orchestras, an academy and four choirs, and General Manager of the Radio Symphony Orchestra Berlin (2014-2015). Formerly head of the North Rhine-Westphalia Orchesterzentrum in Dortmund (Germany), and the Stuttgart Chamber Orchestra.



Paolo Pinamonti

Licenciado en Filosofía, Piano y Composición, desde 1992 es profesor en la Universidad Ca' Foscari de Venecia, donde imparte clases de Historia de la Música Contemporánea. Tras dirigir el Teatro de la Zarzuela de Madrid entre 2011 y 2015, hoy es director del Teatro di San Carlo en Nápoles, el liceo de ópera activo más antiguo del mundo. Su trayectoria incluye la dirección artística del Teatro La Fenice de Venecia, la dirección general y artística del Teatro Nacional São Carlos de Lisboa y la dirección artística del Festival Mozart de La Coruña.

Holder of degrees in philosophy, piano and composition, he has held a professorship since 1992 at the Ca' Foscari University of Venice where he teaches contemporary music history. After leading the Teatro de la Zarzuela in Madrid from 2011 to 2015, he took up the director's post at Teatro di San Carlo in Naples, the world's oldest working opera theater. Formerly Artistic Director of Teatro La Fenice in Venice, General and Artistic Director of the Teatro Nacional de São Carlos in Lisbon and Artistic Director of the Mozart Festival in A Coruña.



Gianni Possio

Profesor de Composición en el Conservatorio de Milán y director artístico de la editorial Rugginenti, su primera ópera, *Boine*, se estrenó en 1983. Sus composiciones se han interpretado en destacados festivales tanto en Italia como en el ámbito internacional, incluyendo Nuova Consonanza y Nuovi Spazi Sonori de Roma, Cantiere Internazionale de Montepulciano, Antidogma Musica de Turín, y los festivales de Imperia, Ámsterdam, Edimburgo, Buenos Aires, Los Angeles o Salzburgo, entre otros. Es presidente de Studio ES de Milán y ha ganado numerosos premios de composición.

Professor of Composition at Turin Conservatory and Artistic Director of music publisher Rugginenti, his first opera *Boine* premiered in 1983. Since then, his works have been programmed at leading festivals in Italy and abroad including Nuova Consonanza and Nuovi Spazi Sonori in Rome, Cantiere Internazionale in Montepulciano, Antidogma Musica in Turin, and the festivals of Imperia, Amsterdam, Edinburgh, Buenos Aires, Los Angeles and Salzburg, among others. President of Studio ES in Milan, he has been distinguished with numerous composition prizes.



Massimo A. Torre Franca

Doctor en Historia de la Música por la Universidad de La Sapienza en Roma, es profesor en el Centro Interdisciplinar Herzliya en Israel. Sus principales áreas de investigación son la ópera italiana del siglo XIX, la música y los medios de comunicación, la sociología de la música y la música judía en la cuenca mediterránea. Ha trabajado como editor jefe, consultor y asesor para sellos como Deutsche Grammophon, Philips y BMG, y ha dirigido programas de música y cultura en la emisora italiana pública Radio3-RAI. Es crítico de música en el *Huffington Post* de Italia.

Holder of a PhD in music history from the Sapienza University of Rome, he is currently a lecturer in the Interdisciplinary Center Herzliya in Israel. His areas of interest include 19th-century Italian opera, music and media, sociology of music, and the music of the Jews in the Mediterranean Basin. He has worked as chief editor, consultant and advisor for labels like Deutsche Grammophon, Philips and BMG, and was head of music and cultural programs at Italian public broadcaster Radio 3-RAI. Music critic on the Italian version of *The Huffington Post*.



Dimitri Vassilakis

Estudió en el Conservatorio Superior de Música y Danza de París, donde obtuvo el Primer Premio de Piano. Como solista ha actuado entre otros escenarios en el Carnegie Hall de Nueva York, la Scala de Milán o la Filarmónica de Berlín, y en festivales de referencia como el Maggio Musicale Fiorentino, los Proms, y los de Edimburgo y Salzburgo. Desde 1992 forma parte del Ensemble Intercontemporain. Su repertorio abarca desde Bach a compositores contemporáneos. Ha colaborado con Iannis Xenakis, Luciano Berio, Karlheinz Stockhausen, György Kurtág y Pierre Boulez.

Trained at the Conservatoire National Supérieur de Musique et Danse in Paris, where he won first prize for piano. He has appeared as a soloist at venues like New York's Carnegie Hall, La Scala in Milan or the Berlin Philharmonic Hall, and major events like Maggio Musicale Fiorentino, the Proms or the Edinburgh and Salzburg festivals. A member of Ensemble Intercontemporain since 1992, his repertoire ranges from Bach to contemporary composers. He has worked with Iannis Xenakis, Luciano Berio, Karlheinz Stockhausen, György Kurtág and Pierre Boulez.

Jurado / Jury

Música Contemporánea Contemporary Music

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Música Contemporánea, en su octava edición, ha sido concedido a Georges Aperghis por abrir un camino singular en el ámbito del teatro musical. Este comprende nuevos dispositivos escénicos en los que todo se convierte en música, partiendo de los gestos del intérprete e incluyendo los ruidos extraídos de los elementos del decorado o de diferentes objetos utilizados a modo de percusión.

Lo que nos toca percibir son situaciones a menudo conflictivas, paradójicas o lúdicas que no se inscriben en un relato lineal y que no despliegan una psicología tradicional. Los temas están fragmentados, la forma depende de un montaje surrealista. Se recrea la relación con el lenguaje: Aperghis a menudo escribe sus propios textos creando idiomas imaginarios siguiendo la estela de la poesía sonora.

Los espectáculos de Aperghis, de los que es a la vez creador, director y compositor, redefinen la forma de la ópera a la vez que recurren a los avances de la investigación actual sobre el sonido, el lenguaje y su interacción. En 1976 fundó su propio laboratorio teatral en el extrarradio parisino, el ATEM, en el que se trabajaba como si fuese una compañía, un colectivo que elabora conjuntamente un proyecto, a menudo a partir de improvisaciones colectivas. Este teatro, que pretende ser siempre cuestionamiento, captó a nuevos públicos al volver a incluir la música contemporánea en la experiencia teatral común.

Sus obras de música de cámara o para orquesta son testigo de esa misma idea que no se asienta en los géneros y las convenciones, sino que inventa permanentemente situaciones vivas y provocadoras. El acercamiento original de Georges Aperghis ha contribuido, así pues, a ampliar las fronteras del mundo sonoro contemporáneo proponiendo a los músicos seguir con rigor el camino de la fantasía.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Contemporary Music category goes, in this eighth edition, to Georges Aperghis for carving a unique path in the realm of musical theater, employing new scenic devices whereby everything becomes music, starting from the performer's gestures and including sounds produced by scenic elements or objects used as percussion instruments.

His work deals in situations that are often contentious, paradoxical or playful, which do not sit within a linear discourse or deploy traditional psychology. The subjects are fragmented, the form arising from a surrealist assemblage. The relationship with language is redrawn: Aperghis often writes his own texts by creating imaginary languages, along the lines of sound poetry.

Aperghis' productions, where he is creator, stage designer and composer, redefine the form of opera, while taking on board the latest research on sound, language and the interaction between the two. In 1976, Aperghis founded his own theater workshop, ATEM, on the outskirts of Paris, which is run in the spirit of a troupe; a collective that develops projects together, often based on group improvisations. This theater, which is constantly renewing itself, has attracted new audiences by making contemporary music once more a part of the shared theatrical experience.

His works of chamber or orchestral music bear witness to this same spirit, defying genres and conventions and constantly inventing vivid and thought-provoking experiences. Georges Aperghis' original approach has helped expand the frontiers of the contemporary sound world by inviting musicians to rigorously follow the path of fantasy.

Intimidades

Intimate effects

Hace mil trescientos millones de años, en un lejano rincón del universo, dos agujeros negros que llevaban acercándose el uno al otro desde antes de que los mamíferos poblaran la Tierra se fusionaron en uno solo. Y hace apenas unos meses, las vibraciones que ese suceso generó en el espacio-tiempo llegaron a nuestro planeta.

Puede parecer el comienzo de un relato de ficción científica, pero es una noticia recogida por medios de todo el mundo. A principios de este año se anunció la histórica primera detección de una onda gravitacional. El 14 de septiembre de 2015, a las 09:50:45 UTC, los detectores de la colaboración internacional LIGO percibieron una diferencia minúscula, diez mil veces menor que el diámetro del protón, en la distancia entre dos puntos separados varios kilómetros, y demostraron así la existencia no solo de las ondas gravitacionales sino también de esos exóticos objetos nacidos antes en la teoría que en la observación: los agujeros negros. La medida ultraprecisa de LIGO añadía así otra prueba de que la percepción humana de la realidad es una gota en un universo mucho más rico, con tempestades gravitatorias y singularidades que perforan el espacio-tiempo. Tanto supera el cosmos a la imaginación que ni siquiera quienes vieron en las ecuaciones los agujeros negros y las ondas gravitacionales creyeron en su existencia física.

Así que ahora, un siglo después de que Einstein descubriera la naturaleza del espacio-tiempo, los físicos celebran la caída de un legendario límite del conocimiento. O, si se prefiere, la ampliación de una de sus fronteras.

¿Solo los físicos?

Lo cierto es que ni uno solo de los habitantes del planeta notó el pasado septiembre cómo su cuerpo se estiraba y encogía mientras la

ola gravitacional barría la Tierra. Así pues, si las vibraciones espaciotemporales no nos afectan, ¿nos cambia en algo ser conscientes de que existen? Hace un siglo que sabemos que la materia le dice al espacio cómo curvarse, y el espacio a la materia cómo moverse. ¿Y qué nos va en ello?

Pues mucho. El día después de que una observación astronómica confirmara la teoría general de la relatividad de Einstein, *The New York Times* titulaba en portada: «La luz [de los astros] está torcida en los cielos. (...) Triunfo de la teoría de Einstein. Las estrellas no están donde parecían estar, o donde se calculaba. Pero no hay nada de qué preocuparse». Sin haber nada de qué preocuparse, sin que la nueva noción de espacio-tiempo cambiara la vida a nadie salvo a los físicos —y no a todos—, Einstein se convirtió de la noche a la mañana en icono cultural del siglo XX. Por las ondas gravitacionales tampoco hay que preocuparse —siempre que se esté astronómicamente lejos de donde nacen— y sin embargo todos los grandes medios, no solo los científicos, festejaron su detección. Por no hablar de las redes sociales.

Es decir, sí. Sí que nos afecta de algún modo íntimo, sí que debe tocar muchas fibras la constatación de que el universo es mucho mayor que nuestros sentidos. Por eso Hawking, el «niño que nunca creció» según su propia definición, tuvo razón al querer hacer un libro que explicara a todo el mundo cómo y por qué se originó el universo. *Breve historia del tiempo* batió récords de ventas porque todos los niños se hacen esa pregunta, aunque solo los que —como Hawking— se hacen cosmólogos lo recuerdan de mayores.

Los Premios Fronteras celebran el conocimiento como constructor interior y reconocen a quienes lo generan. Viatcheslav Mukhanov y el propio Hawking han logrado explicar

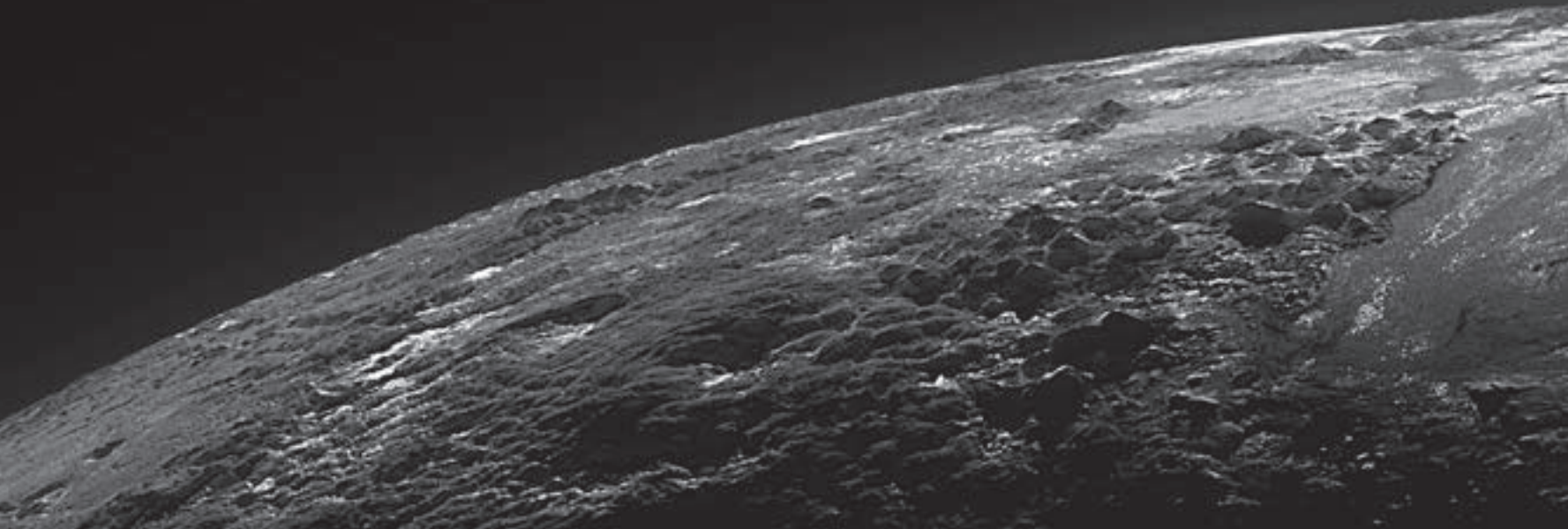
cómo nacieron las galaxias en el universo primitivo y microscópico hace más de 13.000 millones de años. Stephen Cook ha acotado el territorio de lo que pueden resolver los ordenadores, y al hacerlo ha estimulado toda una nueva área de la matemática.

Por supuesto, el conocimiento no solo incide en lo intangible. La optogenética de Edward Boyden, Karl Deisseroth y Gero Miesenböck permite investigar con gran precisión justamente el instrumento fundamental de toda investigación, el cerebro, que además ayudará a curarlo. Ilkka Hanski y Veerabhadran Ramanathan han descubierto piezas esenciales en la relación del planeta con la vida, pero además han contribuido a mejorar esa relación. En cuanto al trabajo de Martin Ravallion, su objetivo no es tanto traducir la pobreza a un dato, sino demostrar que el reto es tangible y, por tanto, se puede combatir.

No siempre somos conscientes del impacto de las teorías científicas en nuestras vidas en gestos tan cotidianos como comprar un billete de avión, cuya tarifa ha sido definida gracias a la aportación de Wilson a la fijación de precios en mercados no lineales.

Los Premios Fronteras reflejan así el poder del conocimiento en sentido amplio —básico, aplicado, transformador siempre— y sus múltiples lenguajes. La música, que Georges Aperghis extrae incluso de la gestualidad de un actor, es uno de ellos.

Cómo no recordar, por tanto, que el año que tembló el espacio-tiempo se despidió David Bowie, también él escultor interior, transgresor, innovador. Y creador de la que muchos consideran la primera canción pop que homenajea el deseo de explorar el universo. «And the stars look very different today», tuiteó la NASA, «RIP David Bowie».



One thousand, three hundred billion years ago, in a faraway corner of the Universe, two black holes that had been moving closer since before mammals walked the Earth merged into one. And barely a few months ago, the vibrations in space-time generated by the event reached our planet.

This may seem like the opening of a science fiction story, but it is actually a news item covered by media the world over. At the start of this year, scientists announced the historic, first-time detection of a gravitational wave. On September 14, 2015, at 09:50:45 UTC, the detectors of the LIGO international collaboration picked up a miniscule difference, 10,000 times less than the diameter of the proton, in the distance between two points several kilometers apart. In doing so, they demonstrated the existence not just of gravitational waves but also of black holes, those exotic objects first born in the realm of theory. LIGO's ultraprecise measurement brought further proof that humanity's perception of reality is a mere drop in a far, far richer ocean, with gravitational storms and singularities that pierce space-time. The cosmos is so far beyond our imagining that not even those who stared at the equations and saw black holes and gravitational waves were convinced of their physical existence.

So now, a century after Einstein revealed the nature of space-time, physicists are celebrating the toppling of a legendary limit to knowledge. Or, perhaps more aptly, the advancing of one of its frontiers.

Only physicists?

The fact is that not one of the planet's dwellers felt their body stretch and shrink as the gravitational wave swept the Earth

last September. And if space-time vibrations don't affect us, are we any better off being aware of their existence? We have known for a century that matter tells space how to curve, and space tells matter how to move. So what changes?

Well, a great deal actually. The day after an astronomical observation confirmed Einstein's general theory of relativity, on November 10, 1919, *The New York Times* carried the front-page headline: "Lights All Askew in the Heavens. [...] Einstein Theory Triumphs. Stars Not Where They Seemed or Were Calculated to Be, but Nobody Need Worry." With nothing to worry about, and little chance that the new space-time concept would change the lives of anyone except physicists – and then not all of them – Einstein was transformed overnight into a cultural icon of the 20th century. Gravitational waves are no cause for worry either, provided you are astronomically distant from where they were produced, and yet all leading media, general as well as scientific, celebrated their detection. Not to mention social networks.

So yes, we are affected in some intimate fashion, in the fiber of our beings, by this evidence that the Universe is much bigger than our senses can apprehend. That is why Stephen Hawking, the "boy who never grew up" in his own definition, was right to bring out a book explaining to everyone how and why the Universe came about. *A Brief History of Time* achieved record sales, because all children ask themselves that question – though only those, like Hawking, who grew up to be cosmologists remember it as adults.

The Frontiers Awards celebrate knowledge as a force that builds us from within, and distinguish those who produce it. Viatcheslav Mukhanov and Hawking explained how the

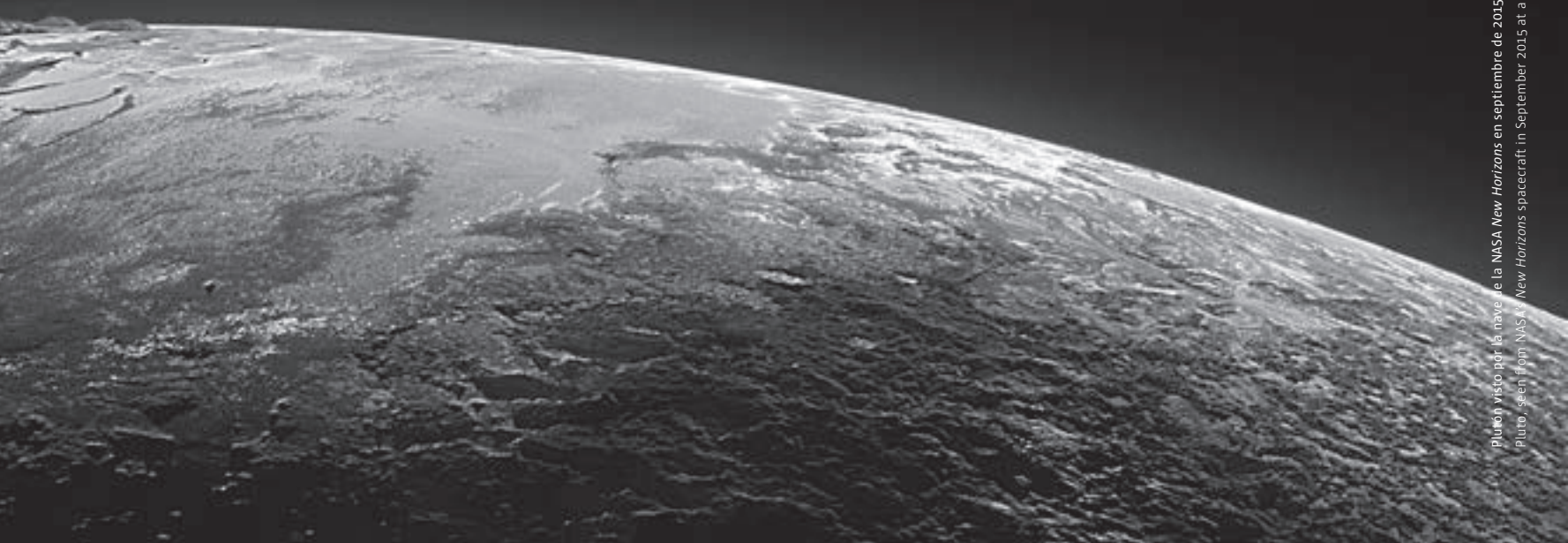
galaxies were formed, more than thirteen billion years ago, in the primitive, microscopic Universe. Stephen Cook has delimited the terrain of what computers can and cannot solve, and in the process breathed life into a whole new area of mathematics.

Of course knowledge is not only concerned with the intangible. The optogenetics of Edward Boyden, Karl Deisseroth and Gero Miesenböck enables the ultraprecise study of that fundamental instrument of any research, the human brain, and can also help to cure it. Ilkka Hanski and Veerabhadran Ramanathan have not only discovered key pieces in the planet's relationship with life, but have contributed to improving the quality of that relationship. As for the work done by Martin Ravallion, its aim is not so much to express poverty in a figure as to show that the problem is tangible and can therefore be confronted.

We are often unaware of how scientific theories impact on our lives through such everyday transactions as buying an airline ticket. For a flight whose fare was no doubt set according to Robert Wilson's contributions on nonlinear pricing.

The Frontiers Awards reflect the power of knowledge in its broadest sense – basic, applied and, always, transformative – and its multiple languages. Among them music, which Georges Aperghis extracts from something as subtle as an actor's gesture.

Impossible, then, to forget that the year space-time trembled was also the year we bid goodbye to David Bowie; innovative, transgressive, another kind of inner sculptor. And author of what many consider the first pop song evoking the desire to explore the Universe. "“And the stars look very different today,”" tweeted NASA, "RIP David Bowie."

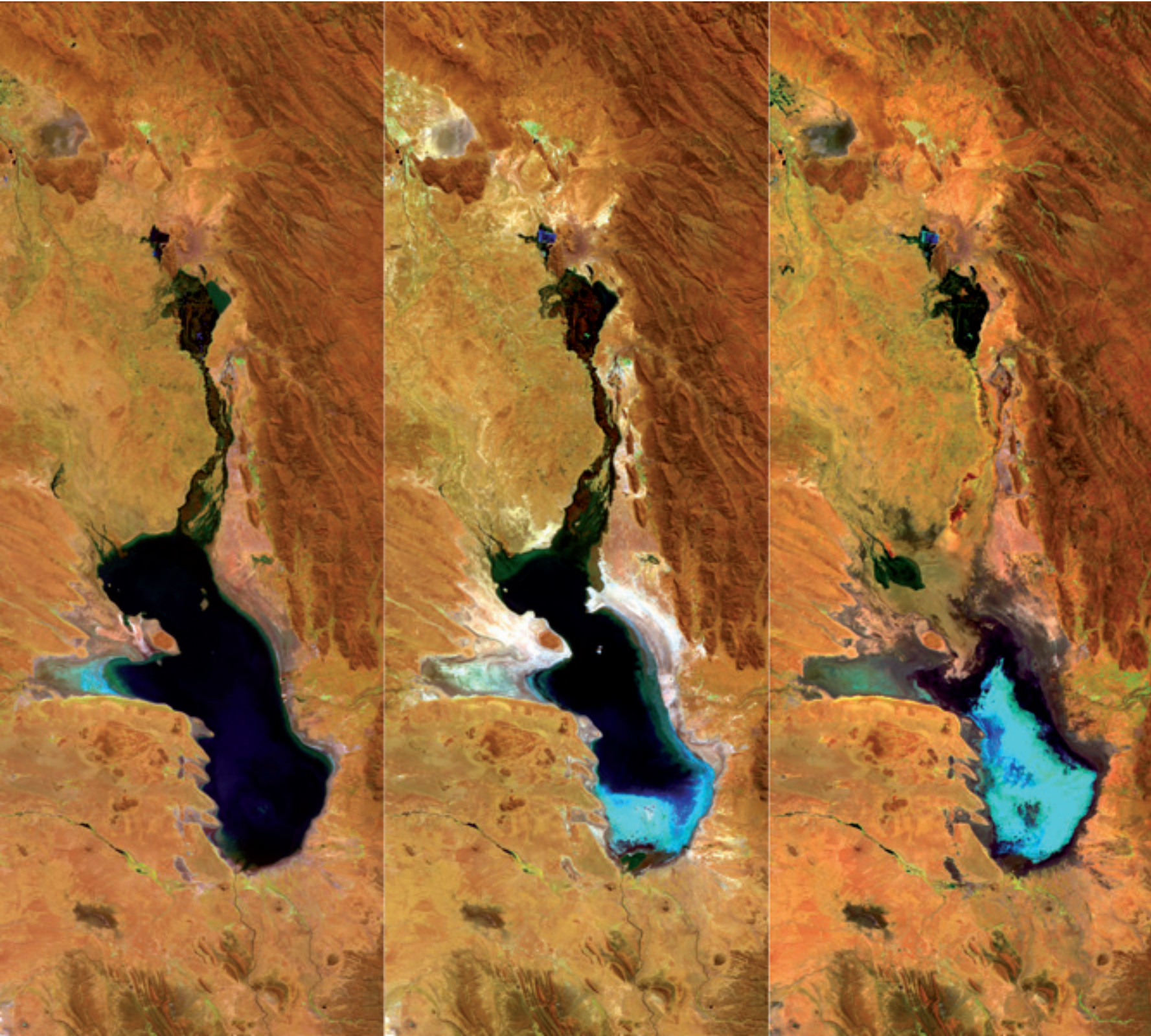


Plutón visto por la nave de la NASA New Horizons en septiembre de 2015, desde unos 18.000 kilómetros de distancia. La imagen muestra llanuras heladas, glaciares y una cordillera con picos de más de tres mil metros de altitud. Pluto, seen from NASA's New Horizons spacecraft in September 2015 at a distance of some 11,000 miles. The image shows ice plains, glaciers and rugged mountains up to 11,000 feet high.

«La mala noticia es que hay otros contaminantes además del CO₂ con gran impacto en el clima; la buena es que reduciendo sus emisiones ralentizaríamos el calentamiento global.»

“The bad news is that there are other contaminants besides CO₂ with a massive climate impact; the good news is that by curbing their emissions we can slow down global warming.”

Veerabhadran Ramanathan





Veerabhadran Ramanathan

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Climate Change

67

Cómo limpiar una atmósfera caliente y oscura

El climatólogo indio Veerabhadran Ramanathan decidió estudiar el cambio climático cuando tomó conciencia de hasta qué punto la actividad humana altera la composición de la atmósfera. Fue a mediados de los años setenta, al descubrir que el CO₂ no es el único gas atmosférico de efecto invernadero: hay otros gases llamados *traza* menos abundantes que el CO₂ pero que atrapan mil veces más calor, y su concentración en la atmósfera también va en aumento. El hallazgo de Ramanathan contribuyó a abrir los ojos a la comunidad internacional sobre lo grave y lo urgente del problema del cambio climático.

Dos décadas después Ramanathan obtendría otro resultado con implicaciones igualmente preocupantes. Recurriendo por primera vez a pequeños aviones no tripulados, lo que ahora conocemos como *drones*, descubrió sobre el Pacífico una inmensa nube oscura, extensa como un continente. Su tamaño le impresionó tanto como su composición: hollín, el contaminante que ennegrece el humo. Los países desarrollados lograron hace ya décadas reducir —que no eliminar— este contaminante, pero en los países pobres se siguen quemando grandes cantidades del tipo de combustible que lo produce. El dato importante es que el hollín es tóxico y produce la muerte de millones de personas al año en todo el mundo.

No solo eso. Ramanathan descubrió además que este contaminante ejerce un potente efecto invernadero. La gigante nube oscura sobre el Pacífico vincula estrechamente cambio climático, pobreza, contaminación y enfermedad. Ramanathan recordó una escena cotidiana de su infancia en la India: su abuela tosiendo mientras cocinaba en una lumbre donde ardían excrementos de vaca.

How to clean up a hot, dark atmosphere

Indian climatologist Veerabhadran Ramanathan decided to study climate change when he realized the full extent of how human activity was altering the composition of our air. It was in the mid-1970s and he had just discovered that carbon dioxide is not the only atmospheric greenhouse gas: there are others called “trace” gases less abundant than CO₂ but capable of trapping a thousand times more heat, and their atmospheric concentration is likewise on the rise. Ramanathan’s finding helped open the eyes of the international community to the gravity and urgency of the climate change challenge.

Twenty years later, Ramanathan would obtain another result no less alarming in its implications. In his first deployment of small unmanned aircraft of the type we now call drones, he came across a vast, dark cloud the size of a continent over the Pacific Ocean. The surprise of its expanse was matched by the surprise of its composition: soot, the contaminant that makes smoke black. The developed countries were able to reduce – if not eliminate – levels of this pollutant several decades back, but poor countries continue to burn huge quantities of the fuels that produce it. The problem is that soot is toxic, and causes the death of millions of people a year worldwide.

Not only that, Ramanathan discovered that soot exerts a potent greenhouse effect. The vast black cloud over the Pacific yokes together climate change, poverty, pollution and disease. For Ramanathan it also recalled an everyday scene from his childhood in India: his grandmother coughing as she cooked over a dung-burning stove.

We could say that Ramanathan, a professor at Scripps Institution of Oceanography (San Diego, United

Ramanathan descubrió que hay otros gases y contaminantes además del CO₂ capaces de alterar el clima de la Tierra y que también aumentan con la actividad humana. Estos compuestos duran poco en la atmósfera, así que el efecto positivo de reducir sus emisiones se notaría a corto plazo.

Ramanathan discovered that other gases and contaminants besides CO₂ have the power to alter the Earth's climate, and their levels likewise increase with human activity. These compounds are short-lived in the atmosphere, so cutting emissions now would bring appreciable short-term benefits.

Se diría que los principales hallazgos de Ramanathan, catedrático de la Scripps Institution of Oceanography (San Diego, Estados Unidos), han sido fuente de malas noticias. Sin embargo, el ganador de la octava edición del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático ha partido de sus propios descubrimientos para proponer nuevas estrategias de lucha contra el calentamiento global. Estima, por ejemplo, que si además de reducir las emisiones de CO₂ se limitan los gases traza y el hollín, en 2030 habrá disminuido a la mitad el calentamiento previsto para los próximos treinta y cinco años.

Por ello el jurado ha reconocido, junto a la ciencia de Ramanathan, sus propuestas «para mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire y la salud, especialmente en las regiones más desfavorecidas». Ha destacado además la labor del climatólogo como asesor de líderes políticos y religiosos, como el Papa Francisco y el Dalai Lama, y su capacidad de «comunicar los riesgos que suponen el cambio climático y la contaminación».

Nacido en Madurai (India) en 1944, Veerabhadran Ramanathan se formó como ingeniero y pronto empezó a trabajar en una fábrica de frigoríficos, tratando con los mismos gases sobre los que años después se centraría su primer descubrimiento. Pero la experiencia laboral no le gustó. Volvió a la universidad a completar su formación y decidió hacer el doctorado en Estados Unidos. Durante su viaje, el jefe de su grupo de acogida en la Universidad Estatal de Nueva York cambió de línea de trabajo y Ramanathan se encontró con que en lugar de estudiar la combustión debía investigar el efecto invernadero en Venus y Marte. Se adaptó tan bien al cambio que acabó investigando para la NASA la influencia del ozono atmosférico sobre el clima de la Tierra.

Así fue como en 1975 Ramanathan descubrió que los clorofluorocarbonos (CFC), un tipo de gases hasta entonces solo asociados a la destrucción de la capa de ozono —y empleados en frigoríficos como los de la fábrica donde él mismo había trabajado—, son además potentísimos gases de efecto invernadero. Una tonelada de CFC atrapa tanto calor en la atmósfera como 10.000 toneladas de CO₂.

States), has specialized in bad news. But the winner in the eighth edition of the BBVA Frontiers of Knowledge Awards in the Climate Change category has also used his discoveries as a launch pad for new strategies against climate change. He reckons, for instance, that if we can curb emissions of soot and trace gases as well as reducing those of CO₂, we can cut in half projected global warming over the next thirty-five years.

The jury acknowledges this facet in citing not only Ramanathan's science but his proposals "to mitigate climate change in a way that also improves air quality and human health, especially in more impoverished regions of the world." It also highlights the climatologist's role as an advisor to political and religious leaders like Pope Francis and the Dalai Lama, and his ability to "communicate the risks posed by climate change and air pollution."

Born in Madurai, India, in 1944, Veerabhadran Ramanathan trained as an engineer and soon found a job in a refrigerator factory – dealing with the same gases at the center of his first discovery, many years later. The experience failed to enthuse him. He went back to university to complete his education and decided to pursue his doctorate in the United States. As he was traveling there, the head of his host group at the State University of New York switched to a new line of work, and instead of combustion Ramanathan found himself studying the greenhouse effect on Venus and Mars. The change suited him so well that he ended up at NASA investigating the influence of atmospheric ozone on the Earth's climate.

And that is how in 1975 Ramanathan discovered that chlorofluorocarbons (CFCs), gases then solely associated with the destruction of the ozone layer – and used in refrigerators like those in the factory that once employed him – were also powerful drivers of the greenhouse effect. One ton of CFCs traps as much heat in the atmosphere as 10,000 tons of CO₂.

The science community was initially skeptical: How could gases present in such small quantity alter the atmosphere to that extent? Ramanathan's sums, however, were correct. Not long after, other trace gases with a powerful greenhouse impact came to light,

La reacción inicial de la comunidad científica fue de escepticismo: ¿cómo podían esos gases tan poco abundantes alterar tanto la atmósfera? Los cálculos, sin embargo, eran correctos. Poco después se descubrieron más de estos gases traza con potente efecto invernadero, como el metano y los HFC (los refrigerantes que sustituyeron a los CFC porque no dañan al ozono). Hoy se sabe que la mitad del efecto invernadero atribuible a la acción del hombre se debe a los gases traza.

Pero hay una buena noticia: el dióxido de carbono permanece en la atmósfera durante siglos, mientras que los gases traza y el hollín desaparecen en relativamente poco tiempo. Por eso Ramanathan defiende que hay que reducir no solo las emisiones de CO₂, sino también las de estos contaminantes de vida corta: «Esto tendría un efecto rápido contra el calentamiento, retrasaría los desastres ambientales y nos daría un tiempo que necesitamos desesperadamente para cambiar nuestra dieta energética».

Ramanathan insiste en que el cambio climático es un problema causado por la parte rica de la humanidad pero que padece sobre todo la más pobre: «Tres mil millones de personas que no tienen con qué protegerse, y que no podemos dejar atrás». Con ese argumento, y con el deseo de combatir la sensación de «gran fracaso personal» que sentía después de treinta años siendo «una fuente constante de malas noticias», Ramanathan creó en 2004 la ONG Proyecto Surya, que aspira a reemplazar las cocinas tradicionales en la India —alimentadas con los combustibles que ennegrecen la atmósfera y el futuro— por cocinas eléctricas con energía solar.

among them methane and HFCs (precisely the coolants used in place of CFCs because they were harmless to the ozone layer). And now we know that trace gases are to blame for half the greenhouse effect ascribable to human action.

But there is good news too. Carbon dioxide stays in the atmosphere for centuries, whereas soot and trace gases vanish in relatively little time. Hence Ramanathan's insistence that we must cut emissions of these short-lived contaminants as well as those of CO₂: "This would bring rapid warming mitigation, delay environmental disaster and give us time we desperately need to radically change our energy diet."

Ramanathan stresses that climate change is a problem with its origin in the world's richest countries, but whose burden will fall disproportionately upon the poor: "Three million people who have nothing to protect them, whom we cannot leave to their fate." With this argument, and the desire to combat the feeling of "total failure" that afflicted him after thirty years producing "one bad-news paper after another," in 2004 he set up the NGO Project Surya, aimed at replacing India's traditional stoves – burning fuels that blacken the air and the future – with solar-powered cookers.



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 titular de la Cátedra Tarek Ahmed Juffal de Biología Marina y director asociado del Centro de Investigación Mar Rojo, 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

Tarek Ahmed Juffali Chair in Marine Biology and Associate Director of the Red Sea Research Center 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).

Sandrine Bony

Investigadora principal en el Laboratorio de Meteorología Dinámica de París, trabaja sobre el papel de las nubes en el clima y la respuesta climática a la actividad humana. 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 a los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Es autora principal del Cuarto Informe, por el que el IPCC recibió el Premio Nobel en 2007, y revisora experta del Quinto Informe.

Senior scientist at the Laboratoire de Météorologie Dynamique in Paris, her research focuses on the role of clouds in climate and the response of the climate system to human activity. She co-chairs the World Climate Research Program's Working Group on Coupled Modeling, which coordinates climate simulations worldwide and whose predictions serve as input to the reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). A lead author on the Fourth Assessment Report for which the IPCC received the 2007 Nobel Prize, and an expert reviewer for its Fifth Report.

Miquel Canals

Es catedrático de Geología Marina y director del Departamento de Estratigrafía, Paleontología y Geociencias Marinas de la Universidad de Barcelona (España). Su investigación aborda la transferencia de la señal del cambio global hacia el océano profundo mediante procesos naturales de alta energía, el ciclo del carbono y los impactos antropogénicos en el medio marino. Ha sido director asociado de Investigación del Centro de Formación e Investigación del Medio Marino (CEFREM) de la Universidad de Perpignan (Francia) y experto evaluador para la Comisión Europea o la Fundación Europea de la Ciencia.

Professor of Marine Geology and Chairman of the Stratigraphy, Paleontology and Marine Geosciences Department at the University of Barcelona (Spain). His research centers on the global change signal and its transfer to the deep ocean via high-energy natural processes, the carbon cycle and anthropogenic impacts on the marine environment. Formerly Associate Director of Research in the University of Perpignan's Centre de Formation et de Recherche sur l'Environnement Marin (France), he has served as expert evaluator for the European Commission and the European Science Foundation.

Martin Heimann

Director del Departamento de Sistemas Biogeoquímicos del Instituto de Biogeoquímica Max Planck (Jena, Alemania), es catedrático en la Universidad Friedrich Schiller (Jena) y profesor invitado 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). Editor de diversas revistas científicas, es *review editor* de *Science*.

Director of the Department of Biogeochemical Systems at the Max Planck Institute for Biogeochemistry (Jena, Germany), he is a professor at Friedrich Schiller University (Jena) and guest professor at Helsinki University. His research centers on the global carbon cycle and biogeochemical cycles and their interactions with the climate system. A member of the Academia Europaea and Max Planck Society, he has contributed as a lead author of Working Group I to reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change and serves as editor of various scientific journals and review editor of *Science*.

Edward S. Rubin

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. Sus áreas de investigación se centran en energía y medio ambiente, 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, 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.

Mención del acta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático, en su octava edición, ha sido concedido a Veerabhadran Ramanathan por cuantificar cómo las actividades humanas afectan al balance energético de la Tierra y causan el cambio climático.

La profunda comprensión del profesor Ramanathan del proceso de transferencia de energía radiante ha demostrado la contribución sustancial de los gases traza (distintos al CO₂) producidos por la actividad humana en el efecto invernadero de la Tierra, y cómo las partículas en suspensión en la atmósfera modulan la cantidad de radiación solar absorbida por el planeta. El profesor Ramanathan ha liderado el desarrollo de nuevas aproximaciones para la observación y exploración del impacto de las partículas en suspensión sobre los sistemas de circulación atmosférica, como los monzones, y sobre la capacidad de la Tierra para reflejar la radiación solar. Su investigación le ha servido de inspiración para proponer y evaluar acciones prácticas para mitigar el cambio climático y mejorar, a la vez, la calidad del aire y la salud humana, especialmente en las regiones más desfavorecidas del planeta.

La visión y dedicación del profesor Ramanathan para comunicar los riesgos que suponen el cambio climático y la contaminación atmosférica han concitado la atención de los líderes mundiales y ha contribuido a crear opinión pública en torno a estos problemas. La capacidad cuantitativa que aporta su investigación es fundamental para cuantificar las estrategias que se propongan con el fin de alcanzar los objetivos del Acuerdo de París para limitar el calentamiento global provocado por las actividades humanas.

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Climate Change category goes, in this eighth edition, to Veerabhadran Ramanathan for quantifying how human activities disrupt Earth's energy balance and drive climate change.

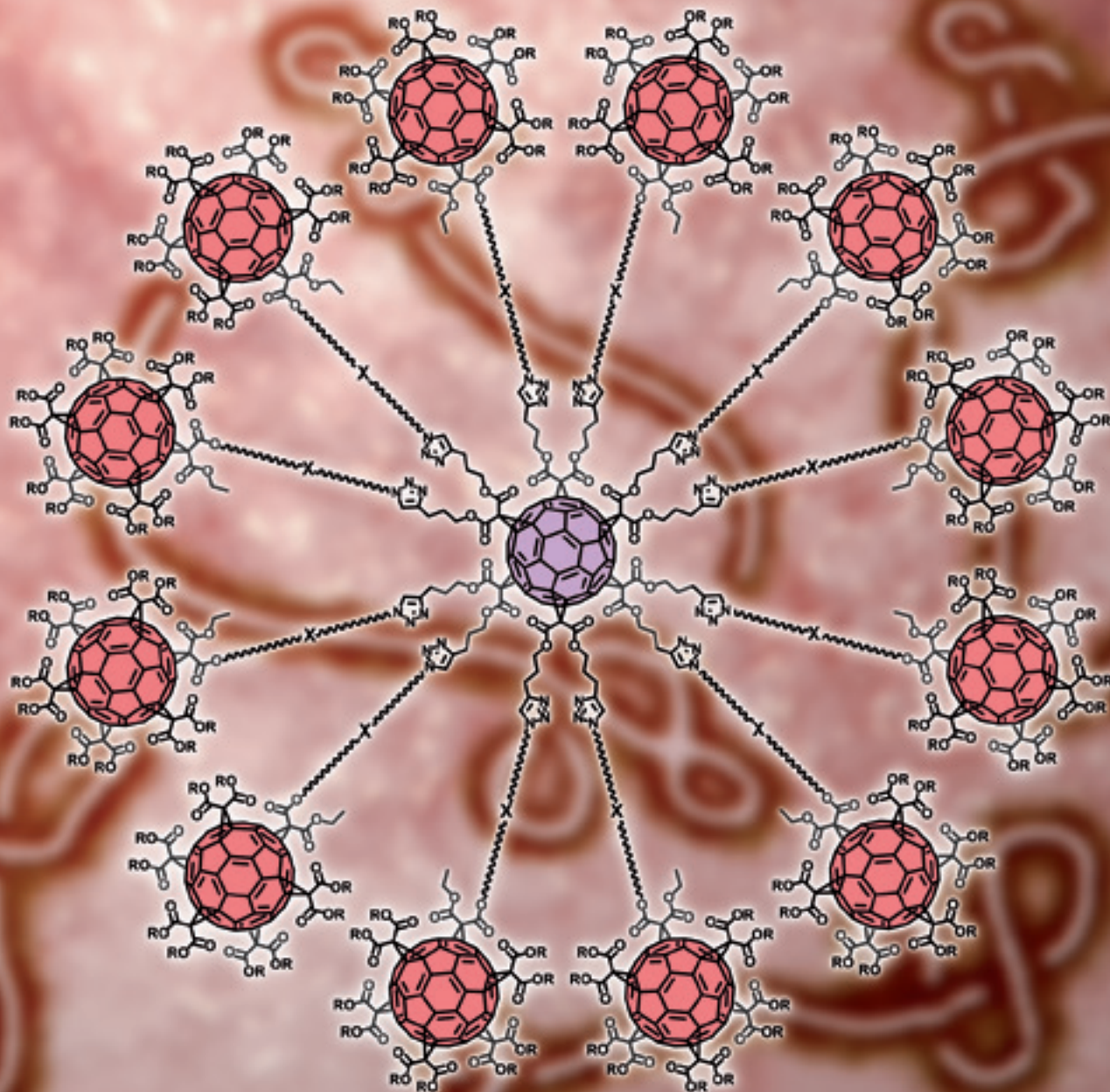
Professor Ramanathan's deep understanding of radiant energy transfer showed how strongly human-produced trace gases other than carbon dioxide contribute to Earth's greenhouse effect, and how particles suspended in the atmosphere modulate the amount of sunlight absorbed by Earth. He has also been a leader in the development and application of new observational approaches to explore the impact of particles on atmospheric circulation systems such as the monsoon and on Earth's ability to reflect sunlight. His research has inspired him to propose and test practical actions to mitigate climate change in a way that also improves air quality and human health, especially in more impoverished regions of the world.

Ramanathan's vision and dedication to communicating the risks posed by climate change and air pollution have commanded the attention of world leaders and helped shape public awareness of these issues. The quantitative understanding arising from his research will be necessary for assessing strategies being proposed to meet the goals of the Paris Agreement to limit global warming from human activities.

«Por lo general el crecimiento económico beneficia a los pobres. Pero hay excepciones. En particular si la desigualdad es muy alta, la pobreza se reduce mucho menos.»

“The typical case is that economic growth benefits poor people. But there are exceptions. Particularly when inequality is high, poverty reduces far more slowly.”

Martin Ravallion





Martin Ravallion

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cooperación al Desarrollo

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Development Cooperation

75

Un economista poco convencional

Si los *tuits* de una persona son reflejo de sus intereses, poca duda queda sobre lo que mueve a Martin Ravallion. Su cuenta recomienda artículos sobre el éxodo de los refugiados sirios; sobre la importancia del acceso de los más pobres a la información; sobre actuaciones que reducen la malnutrición infantil. Ravallion, economista, es consciente de que su visión de la ciencia económica «no es la de la mayoría». Y cita al historiador Max Hartwell: «La economía es, en esencia, el estudio de la pobreza».

Con esta filosofía, Ravallion se convirtió en uno de los primeros investigadores de la pobreza en el Banco Mundial. También, en el creador del primer estándar internacional para medirla, un instrumento indispensable para combatirla. El jurado le ha concedido el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Cooperación al Desarrollo por ser «el mayor investigador mundial sobre la medida de la pobreza» —afirma el acta— y el autor de importantes trabajos que analizan causas y soluciones para este problema.

Ravallion es el autor principal de la publicación que en 1991 fijó en un dólar diario el umbral internacional de la pobreza: «Nada por debajo de eso sería razonable para sobrevivir», explica. La cifra ha sido actualizada según el coste de la vida, y hoy se sitúa en 1,90 dólares diarios en precios de 2011. Ravallion y su equipo llegaron a ella tras examinar los umbrales nacionales en algunos de los países más pobres del mundo, y *recalcularlos* empleando un tipo de cambio que unifica precios de bienes y servicios en todos los países, la paridad de poder adquisitivo (PPP, por sus siglas en inglés).

700 millones de personas vivían en 2015 por debajo del umbral de pobreza en todo el planeta, según el

A less than conventional economist

If a person's tweets reflect their interests, there can be little doubt as to what makes Martin Ravallion tick. His account directs followers to articles on the exodus of Syria's refugees; the importance of the world's poorest having access to information; campaigns to tackle child malnutrition. Ravallion, an economist, is aware that his vision of economic science "is not shared by the majority." And he quotes historian Max Hartwell: "Economics is, in essence, the study of poverty."

With this philosophy, Ravallion would become one of the leading poverty experts working for the World Bank. And creator of the first international poverty benchmark, vital for monitoring progress in the fight for its eradication. The jury has granted him the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Development Cooperation category, describing him in its citation as "the world's leading researcher on the measurement of poverty," responsible for work that has contributed to understanding its causes and solutions.

Ravallion was lead author of the paper that in 1991 set the global poverty line at one dollar a day. This amount, of which he says "nothing below that is reasonable to assure survival," has since been revised up in line with the cost of living to 1.90 dollars at 2011 prices. Ravallion and his team arrived at the figure after studying national thresholds in some of the world's poorest countries, and restating them by reference to purchasing power parity (PPP), an exchange rate that unifies goods and services prices worldwide.

In 2015, according to the World Bank, 700 million people globally were living below the poverty line. The fact that this is 200 million fewer than in 2012 encourages Ravallion to optimism about attaining one of the sustainable development goals: to eradicate extreme

Martin Ravallion es pionero en la medición de la pobreza con indicadores aplicables a escala mundial. En los noventa su trabajo permitió fijar en un dólar diario el umbral de pobreza extrema, un estándar internacional hoy considerado indispensable en la lucha contra lo que para 700 millones de personas sigue siendo una realidad cotidiana.

Martin Ravallion is a pioneer in the measurement of poverty using internationally applicable standards. In the 1990s, his research helped set one dollar a day as the extreme poverty line, an international benchmark crucial to the fight against what for 700 million people is still an everyday reality.

Banco Mundial. Son unos 200 millones menos que en 2012, lo que impulsa a Ravallion a ser optimista respecto a lograr uno de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible: eliminar la pobreza extrema en 2030. «Considerando los importantes avances logrados por muchos países en desarrollo en las últimas décadas, estamos en el camino correcto», afirma.

Fue precisamente su investigación la que desveló que la mejora se debe ante todo al crecimiento económico, un factor indispensable para combatir la pobreza. Sin embargo, crecer no siempre basta: «La causa principal de que la gente logre salir de la pobreza es el crecimiento económico agregado. Pero cuando se mira más de cerca a lo que ocurre se ve que hay otros factores importantes, entre los que destacan las desigualdades en el desarrollo humano (acceso básico a la salud y a la educación) y en la disponibilidad de crédito para la financiación de la inversión».

Por ello Ravallion no se muestra en modo alguno triunfalista y recuerda que la lucha contra la pobreza se enfrenta a amenazas como el cambio climático, la recesión global y el aumento de la desigualdad. Este último factor es de gran importancia: «La desigualdad puede impedir sacar de la pobreza a mil millones de personas en los próximos quince años», asegura, incluso en un contexto de crecimiento económico.

Sus datos revelan que, si bien muchos han mejorado sus condiciones de vida y por eso han podido superar el umbral, la brecha con los que menos tienen está aumentando: «Existe el riesgo de que estemos dejando atrás a los más pobres del planeta, porque en este periodo su nivel de vida ha subido muy poco, mucho menos que la media». Por otra parte, muchos de los que sí han superado el umbral siguen «apenas por encima» y pueden volver a caer; «gran parte de ellos siguen siendo pobres para los estándares de sus países».

Para resaltar la gran importancia de las políticas sociales como acción complementaria al crecimiento, Martin Ravallion expone su propia historia. Nacido en Australia en 1952, fue criado únicamente por su madre «y recibimos mucha ayuda de políticas sociales que apoyaban la educación de niños de todas las

poverty by 2030. “I believe we are on the right road, to judge from the progress made by many developing countries in the last few decades.”

It was his research which revealed that this improvement was driven above all by economic growth, a vital force for poverty alleviation. He insists, however, that growth alone may not be enough: “The main reason for people escaping poverty is aggregate economic growth. But when you look more closely, you see that there are other factors involved, most notably inequalities in human development (basic health and education) and access to credit for financing investment.”

Far from crying victory, then, Ravallion reminds us that the fight against poverty confronts multiple threats including climate change, the global recession and widening inequality. This last factor is crucial: “Inequality may prevent a billion people from being lifted out of poverty in the next fifteen years,” he affirms, even in a context of economic growth.

His figures show that while many households have improved their standard of living and climbed above the poverty line, the gap that separates those with least is steadily augmenting: “There is a real risk that the poorest are being left behind, because in this period their standard of living has risen by the barest minimum, much less than the average.” Also, many of those who made it over the threshold are “bunched up just above it,” at risk of falling back, and “remain relatively poor by the standards of the countries they live in.”

Martin Ravallion turns to his own childhood to illustrate the role of social policies as a supplement to growth. Born in Australia in 1952, he was brought up by a single mother, “and we received a lot of help from progressive social policies that supported the education of children from all backgrounds, including disadvantaged families. Without them, I couldn’t have continued my studies.”

After graduating from the University of Sydney, he earned a PhD from the London School of Economics (United Kingdom) in 1981, then went on to work at

procedencias, incluyendo familias desfavorecidas. Yo no podría haber seguido con mis estudios de no haber sido por esas políticas».

Tras estudiar en la Universidad de Sidney y doctorarse en 1981 en la London School of Economics (Reino Unido), trabajó en la Universidad de Oxford y en la Universidad Nacional Australiana. En 1988 se unió al Banco Mundial y logró que el estudio de la pobreza, un área casi inexistente entonces, atrajera a cientos de investigadores. Tras dirigir durante años el Grupo de Investigación del Desarrollo del Banco Mundial, dejó este organismo en 2013 para convertirse en titular de la Cátedra de Economía Edmond D. Villani en la Universidad de Georgetown, en Washington. Su último libro, *The economics of poverty*, expone en setecientas páginas lo aprendido a lo largo de su carrera.

Uno de sus mensajes es que «hay muchas más razones», además de las estrictamente morales, para combatir la pobreza, porque «cuando hay mucha pobreza y desigualdad, es mucho más difícil el desarrollo de la economía en su conjunto. El patrón en los datos es bastante claro: cuando los países en desarrollo parten de índices de pobreza más bajos, tienden a alcanzar mayores tasas de crecimiento».

A la luz de su trayectoria, no sorprende descubrir que lo que más le gusta a Martin Ravallion de su trabajo es «usar mis habilidades analíticas para ayudar a hacer frente a problemas realmente importantes. Para mí, ese es el gran atractivo de la economía como especialidad».

the University of Oxford and the Australian National University. In 1988, he joined the World Bank, where his work and example drew hundreds of researchers to the previously neglected area of poverty studies. After years leading the Bank's Development Research Group, he left in 2013 to take up the Edmond D. Villani Chair of Economics at Georgetown University in Washington. His latest book, *The Economics of Poverty*, sets out in its 700 pages the lessons learned in the course of his career.

One such lesson is that “there are many reasons” beyond the strictly moral for trying to defeat poverty: “When poverty and inequality are rife, it is much harder for the whole economy to develop. There is quite a strong pattern in the data whereby developing countries that start with less absolute poverty tend to see higher rates of growth.”

In the light of his experience, it is perhaps no surprise that what Martin Ravallion enjoys most about his work is “using my analytical skills to help address important social problems. For me, that is the great attraction of economics as a subject.”



Más información:



More information:





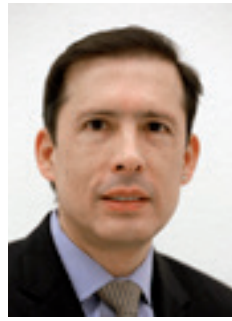
Clara Menéndez

Presidenta del jurado

Es directora de la Iniciativa de Salud Materna, Infantil y Reproductiva, y profesora de Investigación en el Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal). Su investigación se centra en la salud materna, desde la malaria en el embarazo hasta la prevención del VIH y enfermedades de transmisión sexual en madres y niños. Ha escrito más de doscientos artículos científicos y dirigido tesis doctorales de estudiantes europeos y africanos. Es consultora en control de la malaria en la Organización Mundial de la Salud y, entre otros reconocimientos, ha recibido el Premio Fundación R. Geigy.

Chair of the jury

Director of the Maternal, Child and Reproductive Health Initiative and Research Professor at the Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal). Her research interest lies in maternal health issues, from malaria during pregnancy to the prevention of HIV and sexually transmitted diseases in mothers and infants. She has authored more than 200 published papers and supervised the PhD theses of European and African students. A malaria control consultant for the World Health Organization, her honors include the R. Geigy Foundation Award.



Norman Loayza

Secretario del jurado

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 a los asuntos político-sociales. Ha dirigido el *World Development Report 2014*, publicado por el Banco Mundial.

Secretary of the jury

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. He recently directed the *World Development Report 2014*, published by the World Bank



Antonio Ciccone

Es catedrático del Departamento de Economía de la Universidad de Mannheim (Alemania) y catedrático del Departamento de Economía y Empresa en la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona, España) e investigador ICREA (en excedencia). 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.

Professor in the Department of Economics at the University of Mannheim (Germany) and the Department of Economics and Business at Pompeu Fabra University (Spain). He is also an ICREA researcher (on leave). His research interests lie in macroeconomics, international trade, productivity, violent conflicts and democratic changes, intersectoral resource allocation, human capital and growth. A research fellow of the Centre for Economic Policy Research (CEPR) and former head of its Macroeconomics and Growth program.



José García Montalvo

Catedrático de Economía en la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona, España) y profesor investigador del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie), sus áreas de investigación son la economía del desarrollo, los conflictos y las etnias, el mercado inmobiliario, la economía de la educación y el mercado laboral. Autor de más de un centenar de artículos científicos, es *affiliated professor* en la Barcelona Graduate School of Economics, *research fellow* en la Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados (ICREA), y consultor de la OCDE y del Banco Mundial.

Professor of Economics at Pompeu Fabra University (Barcelona, Spain), and a Research Professor at the Valencian Institute of Economic Research (Ivие), his areas of research are development economics, conflicts and ethnicity, the real estate market, the economics of education and the labor market. He has authored over 100 published papers and is an affiliated professor at Barcelona Graduate School of Economics, a research fellow at the Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), and a consultant for the OECD and World Bank.



Vicente Larraga

Profesor de investigación y exdirector del Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC, trabaja en el Departamento de Microbiología Molecular y Biología de las Infecciones (Madrid, España). Ha investigado 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.

Research Professor and former director of the Center for Biological Research of the Spanish National Research Council (CSIC), he currently works in its Department of Molecular Microbiology and Infection Biology (Madrid, Spain). His research has focused on developing recombinant vaccines against leishmaniasis, and gene activation during the protective response to the parasite. 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.



Francisco Pérez

Es catedrático de Análisis Económico en la Universidad de Valencia (España) y director de Investigación del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivие). 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 ciento ochenta artículos en revistas científicas. Eisenhower *fellow* desde 1998, en 2010 recibió el Premio Societat Catalana d'Economia.

Professor of Economic Analysis at the University of Valencia (Spain) and Research Director of the Valencian Institute of Economic Research Institute (Ivие). He has conducted and led numerous studies on economic growth and international integration, competitiveness, regional economics, the economics of education, and financial economics, as well as authoring over fifty books and 100 papers in scientific journals. An Eisenhower fellow since 1998, in 2010 he received the Premi Societat Catalana d'Economia.



Antonio Plasencia

Es director general del Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal), médico consultor en Salud Internacional del Hospital Clínic de Barcelona y profesor visitante en la Universidad de Barcelona. Máster en Salud Pública por la Universidad de Yale, ha desarrollado una extensa actividad en el campo de los sistemas de salud y la salud pública, como las enfermedades infecciosas, la salud materno-infantil, las lesiones, la salud ambiental y la reducción de las desigualdades en salud. Es autor o coautor de más de ciento cincuenta publicaciones.

Director General of the Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal), Medical Advisor in International Health at the Hospital Clínic de Barcelona and a visiting professor at the University of Barcelona (Spain). Holder of a master's degree in public health from Yale University, he has worked extensively in the field of health systems and public health, on topics including infectious diseases, maternal and child health, injuries, environmental health and the reduction of health inequalities. He is author or co-author of over 150 publications.

Jurado

Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
Cooperación al Desarrollo

Mención del acta

Martin Ravallion, premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Cooperación al Desarrollo en su octava edición, es el principal investigador mundial sobre la medida de la pobreza en países en desarrollo y menos desarrollados. Su innovadora investigación ha permitido definir y calcular con precisión líneas de pobreza comparables entre distintos países. Su obra ha contribuido asimismo a posibilitar la comprensión de las causas y las soluciones de la pobreza, incluyendo la relación entre el crecimiento económico y la forma de mitigarla.

Su trabajo ha influido sobre los objetivos y estrategias de numerosas organizaciones internacionales, organizaciones no gubernamentales y agencias para el desarrollo, incluyendo los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Asimismo ha aportado información al debate acerca de la lucha contra la pobreza y la evolución de su reducción en todo el mundo. Sus investigaciones acerca de China e India, dos de los principales causantes del descenso de la pobreza global en los últimos veinticinco años, han ejercido una influencia decisiva. Ha asesorado a numerosos gobiernos e instituciones internacionales sobre la pobreza y las políticas más eficaces para combatirla.

Jury

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award
Development Cooperation

Excerpt from award citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Development Cooperation category goes, in this eighth edition, to Martin Ravallion, the world's leading researcher on the measurement of poverty in less developed and developing countries. His groundbreaking research has allowed the definition of precisely calculated poverty lines that are comparable across countries. His work has also contributed to understanding the causes and solutions of poverty, including the relationship between economic growth and poverty alleviation.

His work has influenced the objectives and targeting strategies of many international organizations, NGOs and development agencies, including the Millennium Development Goals. It has also informed the debate on the fight against poverty and the evolution of poverty reduction around the world. His research on China and India, two of the basic contributors to the trend in worldwide poverty reduction in the last twenty-five years, has been particularly influential. He has advised numerous governments and international agencies on poverty and the most appropriate policies to fight it.

Comisiones técnicas de evaluación

Coordinadora

Cristina de la Puente González

Vicepresidenta adjunta de Áreas Científica y Técnica
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Technical evaluation committees

Coordinator

Cristina de la Puente González

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

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Diego Córdoba Gazolaz

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

Research Professor at the Institute of Mathematical Sciences (CSIC)

Carmen García García

Profesora de investigación en el Instituto de Física Corpuscular (CSIC)

Research Professor at the Institute for Corpuscular Physics (CSIC)

Joaquín Pérez Pariente

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

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

Francisco Javier Rojo Marcos

Coordinador del Área de Ciencia y Tecnologías Químicas e investigador científico del Instituto de Investigaciones Químicas (CSIC)

Coordinator of the Chemical Science and Technology Area and Research Scientist at the Institute for Chemical Research (CSIC)

Hernán Ruy Míguez García

Profesor de investigación en el Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla (CSIC)

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

José Manuel Serrá Alfaro

Profesor de investigación en el Instituto de Tecnología Química (CSIC)

Research Professor at the Institute of Chemical Technology (CSIC)

Biomedicina Biomedicine

Carmelo Bernabéu Quirante

Profesor de investigación en el Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC)

Research Professor at the Biological Research Center (CSIC)

Paola Bovolenta Nicolao

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

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

Dolores González Pacanowska

Coordinadora del Área de Biología y Biomedicina, y profesora de investigación en el Instituto de Parasitología y Biomedicina López-Neyra (CSIC)

Coordinator of the Biology and Biomedicine Area and Research Professor at the López-Neyra Institute of Parasitology and Biomedicine (CSIC)

M.ª Isabel Mérida de San Román

Profesora de investigación en el Centro Nacional de Biotecnología (CSIC)

Research Professor at the National Center for Biotechnology (CSIC)

María Luisa Toribio García

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

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

Ecología y Biología de la Conservación

Ecology and Conservation Biology

Xavier Querol Carceller

Coordinador del Área de Recursos Naturales y profesor de Investigación en el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (CSIC)

Coordinator of the Natural Resources Area and Research Professor at the Institute of Environmental Assessment and Water Research (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)

Xavier Bellés Ros

Director y profesor de investigación en el Instituto de Biología Evolutiva (CSIC)

Research Professor and Director of the Institute of Evolutionary Biology (CSIC)

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Information and Communication Technologies

Juan José García Ripoll

Científico titular en el Instituto de Física Fundamental (CSIC)

Tenured Scientist at the Institute of Fundamental Physics (CSIC)

Manuel Lozano Fantoba

Coordinador del Área de Ciencias y Tecnologías Físicas, y profesor de Investigación en el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (CSIC)

Coordinator of the Physical Science and Technologies Area, and Research Professor at the Institute of Microelectronics of Barcelona (CSIC)

Pedro Meseguer González

Investigador científico en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (CSIC)

Research Scientist at the Artificial Intelligence Research Institute (CSIC)

Salvador Miret Artes

Profesor de investigación en el Instituto de Física Fundamental (CSIC)

Research Professor at the Institute of Fundamental Physics (CSIC)

Carmen Torras Genis

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

Research Professor at the Institute of Robotics and Applied Informatics (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)

Alejandro José Caparrós Gass

Investigador científico en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC)
Research Scientist at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)

Adela García Aracil

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

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

Luis Vicente Sanz Menéndez

Profesor de investigación en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC)

Research Professor at the Institute of Public Goods and Policies (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)

Josep Martí Pérez

Investigador científico en la Institución Milá y Fontanals (CSIC)
Research Scientist 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)

Cambio Climático Climate Change

Gerardo Félix Benito Ferrández

Profesor de Investigación en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
Research Professor at the Spanish Museum of Natural Sciences (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)

José Luis Pelegrí Llopart

Profesor de Investigación en el Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)
Research Professor at the Institute of Marine Sciences (CSIC)

Xavier Querol Carceller

Coordinador del Área de Recursos Naturales y profesor de Investigación en el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (CSIC)

Coordinator of the Natural Resources Area and Research Professor at the Institute of Environmental Assessment and Water Research (CSIC)

Cooperación al Desarrollo Development Cooperation

Angel Luis Corbí López

Profesor de investigación en el Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC)
Research Professor at the Biological Research Center (CSIC)

Helena Gómez Macpherson

Científica titular en el Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC)
Tenured Scientist at the Institute for Sustainable Agriculture (CSIC)

Ángel Paniagua Mazorras

Investigador científico en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC)
Research Scientist at the Institute of Public Goods and Policies (CSIC)

Enrique Playán Jubillar

Coordinador del Área de Ciencias Agrarias y profesor de investigación en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC)

Coordinator of the Agricultural Sciences Area and Research Professor at the Aula Dei Experimental Station (CSIC)

Luis Ignacio Rivas López

Investigador científico en el Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC)
Research Scientist at the Biological Research Center (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 sido galardonada con numerosos premios de grabado y de escultura. En 1999 obtuvo el Premio Nacional de Grabado.

Esculturas públicas: *Géminis*, Torre 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: *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 acompañar las siete disciplinas científicas al son de la octava: la música contemporánea.

Frontiers of Knowledge artwork

Artist: Blanca Muñoz

Blanca Muñoz 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. Her many distinctions as a sculptor and printmaker include the 1999 National Print Prize.

Public sculptures: *Géminis*, Norman Foster Tower, 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: *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 extraordinario

Extraordinary concert

Orquesta Sinfónica de Madrid

Orquesta Sinfónica de Madrid

Hartmut Haenchen, director

Hartmut Haenchen, conductor

Programa

Program

Primera parte

Part one

Arvo Pärt (1935)

Cantus in memoriam Benjamin Britten

Arvo Pärt (1935)

Cantus in memoriam Benjamin Britten

Richard Wagner (1813–1883)

Tristán e Isolda

- Preludio
- Muerte de amor

Richard Wagner (1813–1883)

Tristan and Isolde

- Prelude
- Liebestod

Segunda parte

Part two

Franz Schubert (1797–1828)

Sinfonía n.º 9 en do mayor, D. 944 (La Grande)

Franz Schubert (1797–1828)

Symphony No. 9 in C major, D. 944 (The Great)

20 de junio de 2016
Teatro Real
Madrid

June 20, 2016
Teatro Real
Madrid



Fundación **BBVA**

Ceremonia de entrega de premios

Award presentation ceremony

Discurso del Presidente de la Fundación BBVA

Speech by the President of the BBVA Foundation

Discurso del Presidente del CSIC

Speech by the President of CSIC

Acto de entrega de los Premios

Awards presentation

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)

Stephen Hawking
Viatcheslav Mukhanov

Biomedicina

Edward S. Boyden III
Karl Deisseroth
Gero Miesenböck

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Stephen A. Cook

Ecología y Biología de la Conservación

Ilkka Hanski

Cambio Climático

Veerabhadran Ramanathan

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Robert B. Wilson

Cooperación al Desarrollo

Martin Ravallion

Música Contemporánea

Georges Aperghis

Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Stephen Hawking
Viatcheslav Mukhanov

Biomedicine

Edward S. Boyden III
Karl Deisseroth
Gero Miesenböck

Information and Communication Technologies

Stephen A. Cook

Ecology and Conservation Biology

Ilkka Hanski

Climate Change

Veerabhadran Ramanathan

Economics, Finance and Management

Robert B. Wilson

Development Cooperation

Martin Ravallion

Contemporary Music

Georges Aperghis

Pieza musical

Musical interlude

Leticia Moreno, violín

Leticia Moreno, violin

Johann Sebastian Bach (1685-1750)
Partita n.º 2 en re menor, BWV 1004
· Ciaccona

Johann Sebastian Bach (1685-1750)
Partita No. 2 in D minor, BWV 1004
· Chaconne

Cóctel

Cocktail

21 de junio de 2016
Fundación BBVA
Palacio del Marqués de Salamanca
Madrid

June 21, 2016
BBVA Foundation
Marqués de Salamanca Palace
Madrid



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 (Reino Unido) / 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) / The 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)



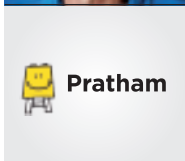
Música Contemporánea / Contemporary Music

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



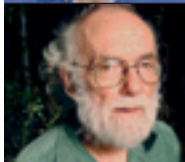
Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) / Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

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)



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)



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)



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) / Duke University (United States)



Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology

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



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)



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

Mónica González Salomone:

Ciencias Básicas; Biomedicina; Ecología y Biología de la Conservación;
Tecnologías de la Información y la Comunicación; Cambio Climático;
Cooperación al Desarrollo; *Intimidades*.

Basic Sciences; Biomedicine; Ecology and Conservation Biology; Infor-
mation and Communication Technologies; Climate Change; Develop-
ment Cooperation; *Intimate effects*.

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-839-2016

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 *(Stephen Hawking)* Stephen Hawking
(Viatcheslav Mukhanov) Carlos Luján/XL Vocento
(Gero Miesenböck) Greg Smolonski
(Ilkka Hanski) Universidad de Helsinki / University of Helsinki, Linda Tammisto
- 13 Dmitry Kosynkin
- 14 *(Stephen Hawking)* Stephen Hawking, *(Viatcheslav Mukhanov)* Carlos Luján/XL Vocento
- 17 Carlos Luján/XL Vocento
- 21 Miren Josune Canduela, UPV/EHU
- 22 *(Gero Miesenböck)* Greg Smolonski
- 25 *(Edward S. Boyden III)* Justin Knight/MIT
(Karl Deisseroth) Saul Bromberger - Sandra Hoover, Stanford Engineering
(Gero Miesenböck) Greg Smolonski
- 29 Joel Sartore
- 30 Universidad de Helsinki / University of Helsinki, Linda Tammisto
- 33 *(arriba/top)* Marojejy, 2009
- 37 Getty Images
- 41 *(abajo/bottom)* NSERC
- 45 BBVA, Carlos Benítez Donoso
- 53 Georges Aperghis
- 62 NASA/JHU APL/SwRI
- 65 ESA/Belspo - VITO
- 69 Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego
- 73 Nazario Martín - Beatriz María Illescas
- 82 *(arriba/top)* Blanca Muñoz
- 84 Teatro Real

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

