



VI edición
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento
BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards
6th edition

VI edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

6th edition

Francisco González
Presidente
Fundación BBVA

President
BBVA Foundation



Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento cumplen este año su sexta edición. Aunque son unos premios jóvenes en el panorama internacional, tenemos la enorme satisfacción de comprobar cómo desde su arranque mismo se han convertido en una referencia sólida en los ámbitos que abarcan. El indicador más expresivo de la excelencia de los galardones lo constituye, sin duda, el extraordinario perfil de quienes han sido receptores de los premios: cincuenta y siete laureados procedentes de un amplio abanico de países e instituciones. Los atributos y trayectorias vitales de quienes figuran en las páginas que siguen son una muestra representativa de la pasión por conocer, innovar y trasladar el mejor conocimiento al abordaje de retos centrales de nuestra época.

A veces nos preguntan cuál fue la motivación para crear los Premios Fronteras desde la Fundación de un grupo líder internacional de servicios financieros como BBVA. La razón principal no ha sido otra que el convencimiento profundo — elemento esencial y distintivo de la cultura y orientación de BBVA— de que las innovaciones tanto incrementales como radicales y los cambios de paradigmas tecnológicos, por emplear la elegante tipología de Christopher Freeman, constituyen el factor decisivo para ampliar las oportunidades individuales y la frontera de posibilidades colectivas. Y las innovaciones, incluso las de tipo incremental, descansan hoy en el conocimiento logrado con el concurso de la investigación científica.

La ruta que conecta el descubrimiento o avance teórico básico con la innovación es, como ha mostrado la mejor literatura, bastante tortuosa. No hay un algoritmo que garantice el paso del nuevo conocimiento a su proyección exitosa en la satisfacción de expectativas y demandas sociales. En el propio descubrimiento opera la *serendipity*, la intuición, los criterios estéticos (la búsqueda de explicaciones y modelos más sencillos y formalmente elegantes), la fertilización cruzada entre áreas, problemas y soluciones *prima facie* alejadas entre sí. Pero todos esos factores, que introducen incertidumbre o imprevisibilidad, ocurren en el marco de una actividad distribuida y cooperativa, cuyo resultado agregado es una monumental construcción teórica que alberga los avances llevados a cabo por generaciones anteriores. Ese ingente *stock* de *conocimiento público* resulta de la combinación de talento individual y de empeño cooperativo o, como lo expresara vívidamente Isaac Newton: «If I have seen further it is by standing on

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards are now into their sixth edition. Although this makes them relative newcomers to the international scene, we have had the great satisfaction to observe that, from the outset, they have become a firm referent in the areas they address. The most telling indicator of the excellence of the scheme is, without doubt, the extraordinary stature of the awardees to date: fifty-seven laureates drawn from a wide range of countries and institutions. The qualities and life paths of the individuals and organizations profiled in these pages stand as a representative sample of the passion to understand, innovate, and deploy the best available knowledge to confront the great challenges of our times. We are sometimes asked what motives led the Foundation of an international financial services leader like BBVA to establish the Frontiers Awards. The main reason has been none other than the profound conviction — and mark of BBVA's culture and orientation — that incremental or radical innovations and new technological paradigms, to borrow the elegant taxonomy of Christopher Freeman, are absolutely decisive in order to expand individual opportunities and widen the frontiers of our collective choices. And innovations, including those of an incremental nature, rely more than ever on the knowledge acquired in the course of scientific research.

The road that runs from discovery or basic theoretical advance to innovation is a fairly tortuous one, as the best literature has shown. There is no algorithm that ensures the transition from new knowledge to its successful application in fulfilling social expectations and demands. Discovery itself is partly the result of serendipity, intuition, aesthetic criteria (the search for simpler and formally elegant models and explanations), and the cross-fertilization of seemingly disparate ideas, problems and solutions. But all these factors, which introduce uncertainty or unpredictability, arise within the frame of a distributed, cooperative enterprise whose aggregate product is a monumental theoretical construct comprising the advances of earlier generations. This huge stock of “public knowledge” proceeds from a combination of individual talent and collective effort, for as Isaac Newton vividly observed: “If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants.” It is for this reason that, in the person of the recipients of the Frontiers of Knowledge Awards, we pay tribute tonight to the whole community of scientists and cultural practi-

the shoulders of giants». A través de las personalidades que han obtenido el Premio Fronteras del Conocimiento, queremos rendir homenaje a la entera comunidad científica y los creadores culturales, sin cuyo trabajo los avances más significativos no podrían ver la luz.

La arquitectura de los Premios Fronteras del Conocimiento lleva las señas de identidad de la última parte del siglo XX y del presente. Acogen el conocimiento básico junto a la tecnología, disciplinas individuales y la interacción entre ellas, el conocimiento de la naturaleza y el de algunos ámbitos centrales de la sociedad y la creación cultural, representada esta última por una de las áreas más innovadoras: la música de nuestro tiempo. Atienden también a dos cuestiones esenciales en el siglo XXI: el medio ambiente —representado además por dos categorías, la de Cambio Climático y Ecología y Biología de la Conservación— y la cooperación al desarrollo en amplias zonas del planeta, abarcando desde la salud a la educación. Son premios abiertos tanto a individuos, como a equipos y a organizaciones; a contribuciones alcanzadas de manera independiente y a otras logradas mediante formulas diversas de colaboración. Lo decisivo para ser reconocido con el Premio Fronteras del Conocimiento —como documenta cada uno de los casos recogidos en estas páginas— es haber llevado a cabo avances particularmente significativos que nos permiten ver el mundo y actuar en él de manera nueva y con mucho más *poder de resolución* que en un pasado reciente.

Apreciar los méritos de las numerosas nominaciones recibidas no es tarea sencilla. Es una misión encomendada a *pares* de los premiados, a destacados investigadores y creadores que operan de manera independiente, acogidos a las mejores reglas de evaluación del mérito. A ellos y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la principal organización pública en España dedicada a la investigación en las principales áreas y nuestro colaborador estratégico en los Premios Fronteras, quiero dejar constancia de nuestra profunda gratitud. Y a los premiados, sus familias e instituciones, nuestra felicitación y reconocimiento. Son un poderoso estímulo para atrevernos a ir más allá, día a día; ejemplo y motivo para innovar y ofrecer mejores soluciones a las expectativas de la entera sociedad.

tioners without whose work the most significant advances would never see the light of day.

The architecture of the Frontiers of Knowledge Awards bears the stamp of the period running from the last decades of the 20th century to the present day. They take in basic knowledge and technology, individual disciplines and the interaction between them, the exploration of nature and of concerns central to society and artistic creation, the latter represented by one of its most innovative parcels: the music of our time. They also address two issues of immense relevance in the 21st century: the environment, represented by the two categories of Climate Change and Ecology and Conservation Biology; and development cooperation, pursuing improvements in areas ranging from health to education across large parts of our planet. Awards are open to individuals, groups and organizations, to contributions made independently and others arrived at through diverse forms of collaborative working. The deciding factor for a Frontiers of Knowledge Award — as documented in each of the cases in these pages — is to have achieved particularly significant advances that enable us to see and act in the world with more “resolving power” than the day before.

Separating the merits of the numerous nominations received is a far from easy task. One that is commended to the laureates’ own “peers”, distinguished researchers and creators who appraise candidates independently employing the most rigorous assessment standards. To them and the National Research Council (CSIC), Spain’s largest public research institution and our strategic partner in the Frontiers Awards, I wish to convey our most heartfelt gratitude. And to the awardees, their families and institutions, our admiration and appreciation. Their example is a daily stimulus to venture that bit further, and a powerful encouragement to innovate and find better solutions that serve the general welfare of society.

Emilio Lora-Tamayo
Presidente
CSIC

President
CSIC



Es sabido que se puso el nombre de *Metafísica* a los libros de Aristóteles que simplemente venían «después de la *Física*». Pero esta simple e improvisada denominación que en un principio era meramente espacial o situacional, obtendría muy pronto el reconocimiento unánime que reciben las formulaciones inteligentes y afortunadas, y se instalaría así con todos los honores en el mundo de los grandes conceptos en los que se asienta la cultura universal.

Lo cierto es que aquellos escritos de Aristóteles tenían ya desde la primera frase con la que comienza el libro I merecimientos suficientes para perdurar. El comienzo, en efecto, dice así: «Todos los hombres por naturaleza desean saber». Nada más y nada menos.

He recordado esta frase inicial de la *Metafísica* aristotélica al recibir la documentación sobre el presente catálogo e ir leyendo las semblanzas de los galardonados en esta edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, pues todos ellos cumplen de manera cabal el axioma del filósofo griego y todos ellos contribuyen además a hacer más habitable este mundo en que vivimos. El hacer más habitable nuestro mundo es un acto filantrópico que no se limita solo a quienes amplían el territorio del conocimiento y hacen retroceder las fronteras de la ignorancia, es decir, a los investigadores científicos, sino también a quienes trabajan por la educación infantil, como la ONG Pratham, o a quienes siguen ampliando los límites de la música, como Steve Reich.

Obviamente para el Consejo Superior de Investigaciones Científicas son los científicos premiados los que nos resultan más cercanos y los que vivimos más como propios. Los profesores Maximilian Haider, Harald Rose y Knut Urban en Ciencias Básicas; Adrian Bird en Biomedicina; Paul R. Ehrlich en Ecología y Biología de la Conservación; Marvin Minsky en Tecnologías de la Información y la Comunicación; Elhanan Helpman en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas, y Christopher Field en Cambio Climático nos llenan de orgullo y admiración porque reconocemos en ellos lo mejor de nuestra profesión.

We know that the name *Metaphysics* was given to the body of Aristotle's writings that came "after the *Physics*". But this simple, improvised title, referring merely to their arrangement in time and space, would shortly receive the unanimous blessing accorded to all intelligent and felicitous occurrences, and gain an honored place among the great concepts underpinning universal culture.

For, from the very first line, Aristotle's treatise gives proof of its lasting significance. It begins: "All men by nature desire understanding." No more, no less.

I recalled this opening sentence of *Metaphysics* on receiving the documentation for the present yearbook, and reading the profiles of the winners in this edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards. Each of them a vivid example of the Greek philosopher's axiom, and each having contributed to make the world we live in a more habitable place.

But making our world more habitable is a philanthropic impulse not confined to those, like scientific researchers, who strive to extend the realms of knowledge and beat back the frontiers of ignorance. It is also shared by organizations, like the NGO Pratham, that campaign for childhood education, or individuals like Steve Reich, who are constantly broadening the boundaries of music.

Of course, for the Spanish National Research Council, it is the science laureates that feel closest to home and therefore most our own. Professors Maximilian Haider, Harald Rose and Knut Urban in Basic Sciences; Adrian Bird in Biomedicine; Paul R. Ehrlich in Ecology and Conservation Biology; Marvin Minsky in Information and Communication Technologies; Elhanan Helpman in Economics, Finance and Management, and Christopher Field in Climate Change inspire in us pride and admiration, because we see in them the very best of our profession.

The name of these Frontiers of Knowledge Awards, whose merits have won them increasing stature with each added year, reminds me of the title chosen by Vannevar Bush for his 1945 report to U.S. president Harry S. Truman — *Science, The Endless Frontier*. For it is true that the fron-

El nombre de estos Premios Fronteras del Conocimiento, que se consolidan y ganan prestigio año tras año por su buen hacer, me recuerda el título que Vannevar Bush puso al informe que presentó en 1945 al presidente de Estados Unidos Harry S. Truman: *Science, The Endless Frontier*. Y es que, en efecto, las fronteras del conocimiento se agrandan y alejan de nosotros a medida que avanzamos, de forma que esas fronteras siempre serán inalcanzables, *endless* ('sin fin'). Y es por eso que los que participan de la aventura de la investigación científica, de la creación artística o de la cooperación al desarrollo siempre necesitarán el *ethos* de los pioneros, el entusiasmo, la curiosidad y la valentía de los exploradores. Ese es, precisamente, el talante que comparten los galardonados de esta sexta edición de los premios.

tiers of knowledge expand and retreat at the same time as we advance, so are in a sense “endless” or forever out of reach. That is why those who engage in the adventure of scientific research, artistic creation or development cooperation must always have the *ethos* of the pioneer; the enthusiasm, curiosity and valor of the explorer. And this, precisely, is the quality of mind shared by the laureates in this sixth edition of the awards.



12

Símbolo artístico *Fronteras del Conocimiento*

Artista: Blanca Muñoz

Frontiers of Knowledge *Artwork*

Artist: Blanca Muñoz

Premios
Awards

14

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

Maximilian Haider · Harald Rose · Knut Urban

50

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

Elhanan Helpman

22

Biomedicina

Biomedicine

Adrian Bird

58

Música Contemporánea

Contemporary Music

Steve Reich

30

Ecología y Biología de la Conservación

Ecology and Conservation Biology

Paul R. Ehrlich

66

Cambio Climático

Climate Change

Christopher B. Field

38

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Information and Communication Technologies

Marvin L. Minsky

74

Cooperación al Desarrollo

Development Cooperation

Pratham

83

Galardonados en ediciones anteriores

Laureates in previous editions

88

Créditos

Credits



Símbolo artístico *Fronteras del Conocimiento*

Artista: Blanca Muñoz

Blanca Muñoz estudió 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: *Tabú. Dibujos espaciales*, Galería Marlborough, Madrid (2014); *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 studied Fine Arts at 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: *Tabú. Dibujos espaciales*, Galería Marlborough, Madrid (2014); *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.



«La idea para resolver el problema de la aberración esférica la tuve en cinco minutos, pero me costó veinte años llegar a esos cinco minutos.»

“I had the solution to the problem of spherical aberration in five minutes, but it took me twenty years to get to those five minutes.”

Harald Rose

«Estaba convencido de que la idea de Rose para alcanzar la resolución atómica en la microscopía electrónica funcionaría, de que era cuestión de conseguir financiación y perseverar.»

“I was convinced that Rose’s idea for obtaining atomic resolution in electron microscopy would eventually work, and it was just a question of persistence and finding the money.”

Maximilian Haider

«El microscopio electrónico con corrección de aberración abrió la puerta al mundo atómico.»

“Aberration-corrected electron microscopy has opened the door to the atomic world.”

Knut Urban

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

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





Maximilian Haider

Harald Rose

Knut Urban

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas
(Física, Química, Matemáticas)

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences
(Physics, Chemistry, Mathematics)

17

La conquista de la escala atómica

Ningún ser vivo puede ver los átomos a simple vista, y eso es sin duda útil para desenvolverse por la realidad a escala humana: ¿cómo ver los átomos de un escalón y a la vez no tropezar? Para el hombre tecnológico, sin embargo, los límites que impone el ojo biológico pueden ser una desventaja. Hoy se sabe que las propiedades de los materiales que configuran nuestra vida cotidiana —semiconductores, aislantes, biocompatibles, magnéticos, rígidos, ópticos...— dependen de lo que ocurre en la escala atómica. En cierto modo la tecnología nace en un ámbito al que nuestros sentidos no acceden, de ahí que hacer *zoom* en los materiales hasta llegar a visualizar los átomos sea una antigua aspiración. O lo haya sido; porque ahora ya es posible. Harald Rose, Max Haider y Knut Urban, creadores del dispositivo que permite al microscopio electrónico *ver* el tejido atómico de los materiales, son los ganadores del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas.

La microscopía electrónica de transmisión con corrección de aberración, el nombre de la técnica de Haider, Rose y Urban, muestra la posición de cada átomo y su interacción con los demás. Como señala el acta del jurado, esto es hoy clave «en muchas áreas de la ciencia aplicada y fundamental», porque permite «estudiar las consecuencias de los sutiles cambios atómicos en las propiedades de los materiales». La posibilidad de controlar estos cambios promete crear mejores catalizadores, células solares más eficaces, membranas para capturar CO₂... La lista es posiblemente tan larga como la imaginación de investigadores e ingenieros.

En términos de distancia, la unidad que entra en juego en la escala atómica es el picómetro: millonésimas de millonésimas de metro. Un átomo medio mide cien picómetros —mucho más pequeño que la longitud de onda, la *anchura* de la luz que detecta el ojo humano, que por

The conquest of the atomic scale

No living being can see atoms with the naked eye, and it is doubtless this lack that enables us to negotiate our human-scale reality. Otherwise how could we simultaneously look at a step and not fall over it? For technological man, however, the limits imposed by the biological eye can be a disadvantage. We now know that the properties of the materials that surround us in our daily lives — semiconducting, insulating, biocompatible, magnetic, rigid, optical, etc. — depend on events at the atomic scale. Technology, we might say, is born in the spaces our senses cannot reach, which explains why zooming in on materials till we can see their atoms is a long-held ambition. Or was, rather, because now we can. Harald Rose, Max Haider and Knut Urban, creators of the device that allows electron microscopes to see the atomic fabric of materials, are the latest winners of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences.

Aberration-corrected transmission electron microscopy, the name of Haider, Rose and Urban's technique, shows the position of each atom and its interactions with the rest. In the words of the jury's citation, it is now a vital instrument in "many areas of fundamental and applied science," allowing to study "the consequences of subtle atomic shifts in the properties of materials." Controlling these shifts holds out the promise of creating better catalysts, more efficient solar cells, membranes for capturing CO₂... The list is likely to run as far as the imagination of scientists and engineers can stretch.

The unit of distance that comes into play at the atomic scale is the picometer: one trillionth of a meter. The average atom measures one hundred picometers — far smaller than the wavelength or width of light detectable to the human eye, which is accordingly unable to see it. The aberration-corrected transmission electron microscope can pick up changes in the positions of atoms of just a few pi-

Las propiedades de los materiales que definen nuestra vida cotidiana — semiconductores, aislantes, magnéticos... — dependen de lo que ocurre a escala atómica. De ahí que llegar a visualizar los átomos sea una antigua aspiración. Hoy, gracias a Rose, Haider y Urban ya existen microscopios electrónicos que muestran el tejido atómico de los materiales.

The properties of the materials that make up our daily lives — semiconducting, insulating, magnetic, etc. — depend on events at the atomic scale. So the ability to view atoms is a long-held aspiration. Now, thanks to Haider, Rose and Urban, we have electron microscopes that reveal the atomic fabric of materials.

tanto no lo ve—. El microscopio electrónico con corrección de aberración percibe cambios en las posiciones de los átomos de apenas unos picómetros. Y si alguien duda de la importancia de un cambio así, baste saber que con desplazamientos atómicos de ese orden se graba la información en los *pen-drive*; los bits digitales en los lápices de memoria actuales son átomos de oxígeno que apenas se han movido.

La historia de cómo Rose, Haider y Urban lograron «abrir la puerta al mundo atómico» — en expresión del propio Urban — tiene los ingredientes de una buena aventura: un viejo reto ante el que la comunidad científica estuvo a punto de rendirse, un artículo revolucionario que es rechazado por una revista importante, perseverancia y trabajo en equipo.

El punto de partida es el problema mismo. Alcanzar la escala atómica en microscopía electrónica exigía corregir un fenómeno, denominado aberración esférica, que emborrona la imagen. En los microscopios electrónicos la muestra se ilumina con un haz de electrones mucho más *fino* que la luz visible y por tanto capaz de detectar los átomos. Para solucionar la aberración esférica había que crear una lente correctora con campos magnéticos, que son los que enfocan a los electrones. Se intentaba sin éxito desde poco después de la invención del microscopio electrónico, en 1937.

Harald Rose (Bremen, Alemania, 1935), físico teórico, se enfrentó a ese reto ya durante su tesis en el Instituto de Física Teórica de la Universidad Técnica de Darmstadt (Alemania), a finales de los años sesenta. Casi lo logra, pero su director de tesis, Otto Scherzer, murió en 1982 y el proyecto fue abandonado. Tan insalvables parecían los obstáculos, que a finales de los ochenta la agencia de investigación estadounidense dejó de financiar los proyectos que intentaban solventarlos. El consiguiente efecto dominó frenó la investigación en todo el mundo... excepto en la mente de Rose.

Justo en esa época él, que se define como «muy testarudo», dio con la solución mientras investigaba en otro proyecto. Se trataba de usar dos hexapolos, un tipo de imán no probado antes porque, aunque solucionaba la aberración esférica, generaba otras distorsiones. Conjeturó entonces que colocando dos hexapolos de forma simétrica se evitaban las distorsiones adicionales: «Estaba seguro de que funcionaría», cuenta Rose, para quien este ha sido el

cometers. And if anyone doubts the importance of this advance, consider that it is with atomic displacements of this size that data are stored on a pen drive; the digital bits in today's memory sticks are oxygen atoms that have barely shifted from their original position.

The story of how Rose, Haider and Urban managed to “open the door to the atomic world,” as Urban puts it, has all the ingredients of the best adventures: a long-standing challenge that had scientists about to concede defeat, a revolutionary paper rejected by a leading journal, perseverance, and, of course, teamwork.

The starting point was the problem itself. For electron microscopes to be able to resolve to the atomic scale, an image-blurring phenomenon known as spherical aberration would have to be corrected. In electron microscopes, the specimen is illuminated by an electron beam much finer than visible light and therefore able to detect atoms. The way to nullify spherical aberration would be to create a corrective lens with magnetic fields that focus the electrons, even when they are scattered in large angles. But this had been attempted without success since just after the electron microscope was invented, in 1937.

Harald Rose (Bremen, Germany, 1935), a theoretical physicist, started grappling with the problem in the late 1960s when still a PhD student in the Institute of Theoretical Physics at TU Darmstadt (Germany). He almost got there, but the project was abandoned after his thesis supervisor, Otto Scherzer, died in 1982. The obstacles seemed so insurmountable that in the late 1980s the U.S. research agency decided to stop funding investigations in the area, creating a domino effect that cut short research the world over... except in Rose's head.

It was around this time that the theoretician, who admits to a stubborn streak, encountered the solution when working on something else. His idea was to use hexapoles, a kind of magnet that was known to solve spherical aberration but had not been tried because it caused other distortions. By positioning two hexapoles symmetrically, he conjectured, it should be possible to prevent any added distortion. “I was sure it would work,” declares Rose, for whom this has been his life's work: “I had the solution in five minutes, but it took me twenty years to get to those five minutes.”

Haider (Freistadt, Austria, 1950) originally trained as an optician. He was 26 when he decided that he was more

reto de su vida: «La idea para resolverlo la tuve en cinco minutos, pero me costó veinte años llegar a esos cinco minutos».

Haider (Freistadt, Austria, 1950) se formó originalmente como óptico, pero ya con 26 años decidió que le interesaba más la ciencia que hay detrás de esa profesión y se hizo físico. Se dedicaba a la microscopía con luz visible — microscopía óptica — hasta que contactó con Rose en Darmstadt. Él también estaba convencido de que «la idea de Rose para alcanzar la resolución atómica en la microscopía electrónica funcionaría, que era cuestión de conseguir financiación y perseverar».

Lo de los fondos no fue fácil. Clausurado el grupo de Rose en Darmstadt, Haider se trasladó al prestigioso Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL) en Heidelberg, donde pese a ser nombrado en 1989 director del Grupo de Microscopía Electrónica no logró financiación para el proyecto de corregir la aberración.

Entra en escena entonces Knut Urban (Stuttgart, Alemania, 1941), experto en nuevos materiales. Su asiento en la reunión de la sociedad alemana de microscopía electrónica de 1989 estaba cerca del de Haider y Rose. «Ellos buscaban un colaborador con una reputación excelente en mi área, y para mí eso suponía el acceso al mundo atómico», cuenta Urban, convencido de que sí en ciencia «no te arriesgas, no descubres nada». Resalta además dos factores para explicar cómo por fin, en 1991, consiguieron dinero: la triple configuración del grupo — un teórico, un experto en óptica electrónica y otro en nuevos materiales — y el haberse dirigido a la Fundación Volkswagen, que financia investigación «no necesariamente próxima a los desarrollos prácticos». Las primeras imágenes con un microscopio electrónico con corrección de aberración se obtuvieron en 1997, y aunque en un primer momento la revista *Nature* rechazó publicarlas — «Como ocurre a menudo en ciencia, los aspectos novedosos del trabajo no se reconocieron de forma inmediata», dice Urban —, en 1998 sí lo hizo y con enorme impacto. En 2003 ya estaban en los laboratorios los primeros microscopios comerciales con corrección de aberración. También en la etapa de comercialización han intervenido los galardonados, en cierto modo empujados por la necesidad. Durante el desarrollo del proyecto la dirección del EMBL cambió y el grupo de Haider fue clausurado: «Para seguir adelante nos vimos obligados a crear nuestra propia compañía», afirma.

interested in the underlying science and started to study physics. His specialty was microscopy with visible light — optic microscopy — until he met Rose at Darmstadt. He was quickly convinced that “Rose’s idea to get round the main impediment in the way of atomic resolution would eventually work, and it was simply a question of persistence and finding the money.”

Funding was certainly a problem. After the disbanding of Rose’s Darmstadt group, Haider moved to the prestigious European Molecular Biology Laboratory (EMBL) in Heidelberg. Despite being appointed in 1989 to lead the Electronic Microscopy Group, he could not raise the funds for the aberration correction project.

It was then that Knut Urban (Stuttgart, Germany, 1941) entered the scene. An expert in new materials, he was seated, quite by chance, near to Haider and Rose at the 1989 conference of the German Society for Electron Microscopy. “They were looking for a partner with an excellent reputation in my area, and for me it opened the door to the atomic world,” recalls Urban, convinced that in science “if you don’t take risks, you don’t make discoveries.” He cites two factors to explain how they finally got their funding, in 1991: the group’s three-way interplay between a theorist, an experimentalist in electron optics and an expert in new materials; and their decision to approach the Volkswagen Foundation, which, he explains, funds research “that is not necessarily all that close to practical developments.”

The first images captured with an aberration-corrected transmission electron microscope were obtained in 1997, and although *Nature* initially declined to publish them — “As is so often the case in science, the really new aspects of the work were not immediately recognized,” remarks Urban — it did so in 1998, to considerable acclaim. By 2003, the first commercial aberration-corrected microscopes were already in the labs.

The laureates have also taken a hand in the product’s commercialization, more from necessity than choice. While the project was still in development, EMBL’s management changed and Haider’s group too was shut down: “We were forced to leave and to continue the exciting work at our own company.”





Theodor W. Hänsch

Presidente del jurado

Es catedrático de Física en la Universidad Ludwig Maximilians de Múnich y director del Departamento de Espectroscopia Láser en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Alemania). Investiga sobre la física cuántica de los átomos ultrafíos y la espectroscopia láser ultraprecisa. Sus trabajos sobre esta última materia y la técnica *peine de frecuencias ópticas* le valieron el Premio Nobel de Física 2005. Ha recibido las medallas Frederic Ives (Sociedad Americana de Óptica) y Stern Gerlach (Sociedad Alemana de Física).

Chair of the Jury

Professor of Physics at LMU Munich and Director of the Department of Laser Spectroscopy at the Max Planck Institute of Quantum Optics (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 900 artículos en revistas nacionales e internacionales y es autor de más de 100 patentes.

Secretary of the Jury

Research Professor at the Instituto de Tecnología Química, 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 (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, 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 (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 more than 200 papers in international journals, he holds the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Basic Sciences, and the 2013 Wolf Prize.



Trevor Hastie

Es catedrático John A. Overdeck de Ciencias Matemáticas y catedrático en los departamentos de Estadística y Bioestadística en la Universidad de Stanford (Estados Unidos). Coautor de más cien trabajos en estadística del conocimiento, minería de datos, estadística computacional y bioinformática, actualmente investiga en modelos estadísticos aplicados y problemas de predicción en biología y genómica, medicina e industria. Ha recibido reconocimientos como el Myrto Lefkopolou Award (Universidad de Harvard) o el Buehler-Martin Award (Universidad de Minnesota).

John A. Overdeck Professor of Mathematical Sciences and Professor of Statistics and Biostatistics at Stanford University (United States). Co-author of over one hundred publications on statistical learning and data mining, computational statistics and bioinformatics, he is currently working on applied statistical modeling and prediction problems in biology and genomics, medicine and industry. His distinctions include the Myrto Lefkopolou Award (Harvard University) and the Buehler-Martin Award (University of Minnesota).



Nigel Hitchin

Catedrático Savilian de Geometría en la Universidad de Oxford, sus líneas de investigación se centran en la geometría diferencial y algebraica y su relación con la física teórica. Entre sus descubrimientos más notables está el sistema integrable del conocimiento, minería de datos, estadística computacional y bioinformática, actualmente investiga en modelos estadísticos aplicados y problemas de predicción en biología y genómica, medicina e industria. Ha recibido reconocimientos como el Myrto Lefkopolou Award (Universidad de Harvard) o el Buehler-Martin Award (Universidad de Minnesota).

Savilian Professor of Geometry at the University of Oxford. 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 Senior Berwick Prize, the Sylvester Medal and the Pólya Award.



Martin Quack

Es catedrático de Química-Física 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. Ha recibido numerosos galardones, como el Paracelsus Prize de la Sociedad Suiza de Química. Ha sido miembro del Consejo Científico del Swiss National Research Council y presidente de la Bunsen Society for Physical Chemistry.

Professor of Physical Chemistry at ETH Zurich (Switzerland), where he leads the Molecular Kinetics and Spectroscopy Group. His areas of research interest are molecular spectroscopy and kinetics, fundamental symmetries in physics and chemistry, symmetry violation and parity violation. He holds the Paracelsus Prize of the Swiss Chemical Society, among numerous other honors, and is a former member of the Scientific Council of the Swiss National Research Council, as well as past president of the Bunsen Society for Physical Chemistry.



Sandip Tiwari

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

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

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Ciencias Básicas

(Física, Química, Matemáticas)

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Basic Sciences

(Physics, Chemistry, Mathematics)

Acta del jurado

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Ciencias Básicas en esta sexta edición se concede a Maximilian Haider, Harald Rose y Knut Urban por aumentar de forma exponencial el poder de resolución del microscopio electrónico, al desarrollar una óptica electrónica con corrección de la aberración que ha supuesto un avance que permite una precisión subatómica.

Hace poco más de dos décadas, la resolución de los microscopios electrónicos utilizados para explorar materiales con una resolución cercana a sus dimensiones atómicas parecía haber alcanzado un límite infranqueable y, tras perder la esperanza, la atención de la comunidad se centró en otros aspectos. La perseverancia de Maximilian Haider, Harald Rose y Knut Urban durante la siguiente década dio lugar a la comprensión, el desarrollo y la puesta en marcha de técnicas de corrección de la aberración en la óptica electrónica. Rose desarrolló el enfoque teórico de la corrección de la aberración en la óptica electrónica, Haider realizó la implementación funcional que demostraba dicha óptica electrónica y Urban la convirtió en un instrumento práctico para realizar auténticos estudios atómicos en materiales en los que la dispersión de electrones se invierte con extrema precisión. El instrumento posee la capacidad de observar desplazamientos del tamaño de un picómetro en el material, es decir, un factor cien veces inferior al tamaño de un átomo. Ahora se pueden estudiar los defectos, los efectos interfaciales y las consecuencias de los sutiles cambios atómicos de las propiedades de los materiales y la dinámica de las interacciones en posiciones específicas del átomo. Actualmente, este nuevo tipo de microscopio supone una técnica clave en numerosas áreas de las ciencias fundamentales y aplicadas.

Jury's citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Basic Sciences category is awarded in this sixth edition to Maximilian Haider, Harald Rose and Knut Urban for greatly enhancing the resolving power of electron microscopy by developing aberration-corrected electron optics, a breakthrough enabling subatomic precision.

A little over two decades ago, the resolution of electron microscopes used to explore materials with resolution close to their atomic dimensions appeared to have reached its limits. Having given up hope, the community's attention shifted elsewhere. The sheer persistence of Maximilian Haider, Harald Rose and Knut Urban over the next decade led to the understanding, development and deployment of aberration-correction techniques in electron optics. Rose developed the theoretical approach to aberration correction in electron optics. Haider realized a working implementation demonstrating the electron optics. Urban made this a practical instrument for genuine atomic studies in materials where electron scattering is inverted very precisely. This gives the instrument an ability to observe picometer-sized displacements in the material, i.e., a factor of 100 below the size of an atom. One can now study defects, interfacial effects and consequences of subtle atomic shifts in the properties of materials, and dynamics of interactions at specific atomic sites. This new kind of microscopy is now a key technique in many areas of fundamental and applied science.

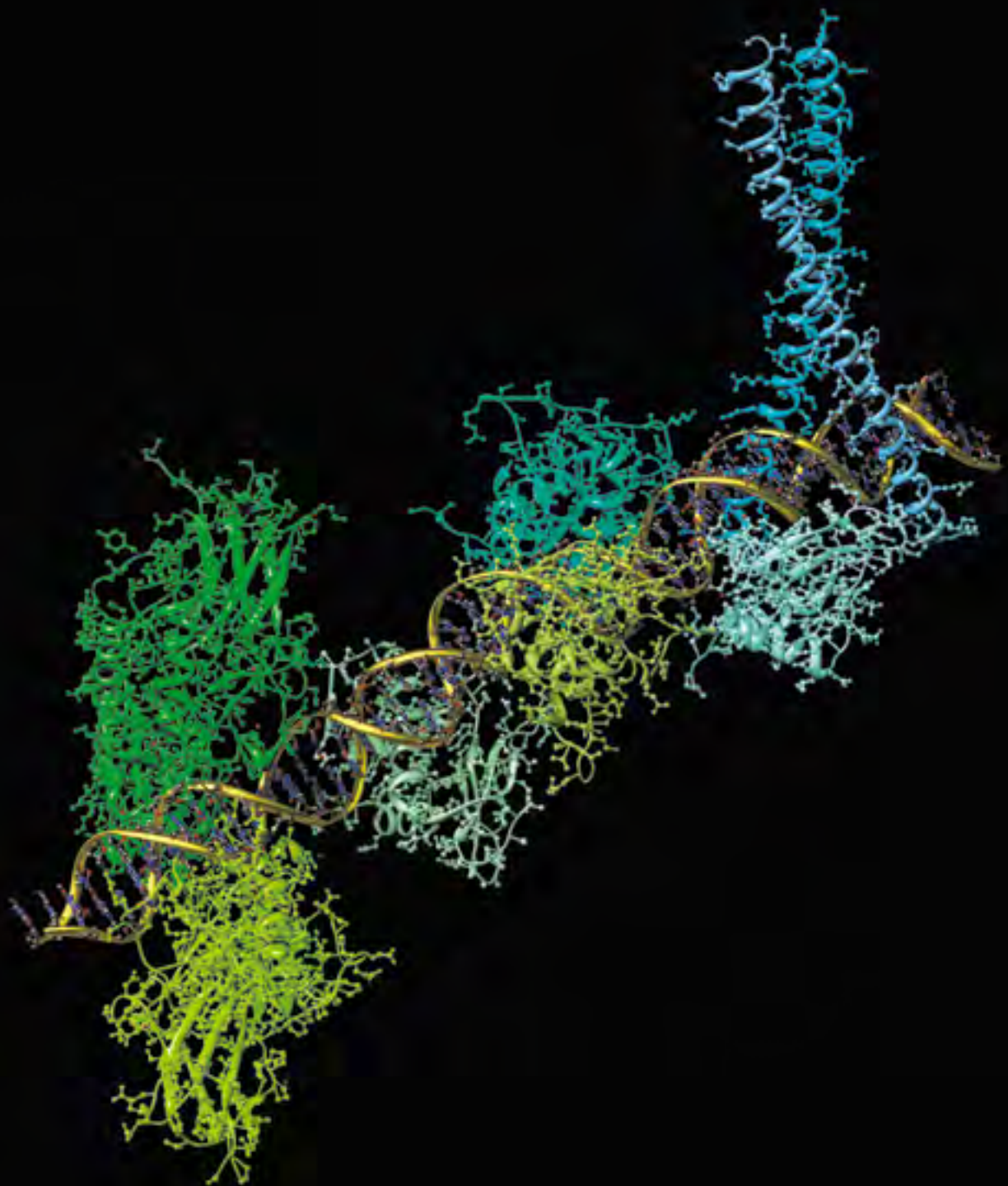
«Aún recuerdo estar esperando el resultado del experimento en el cuarto oscuro. Esos momentos son los que hacen que la investigación científica sea adictiva.»

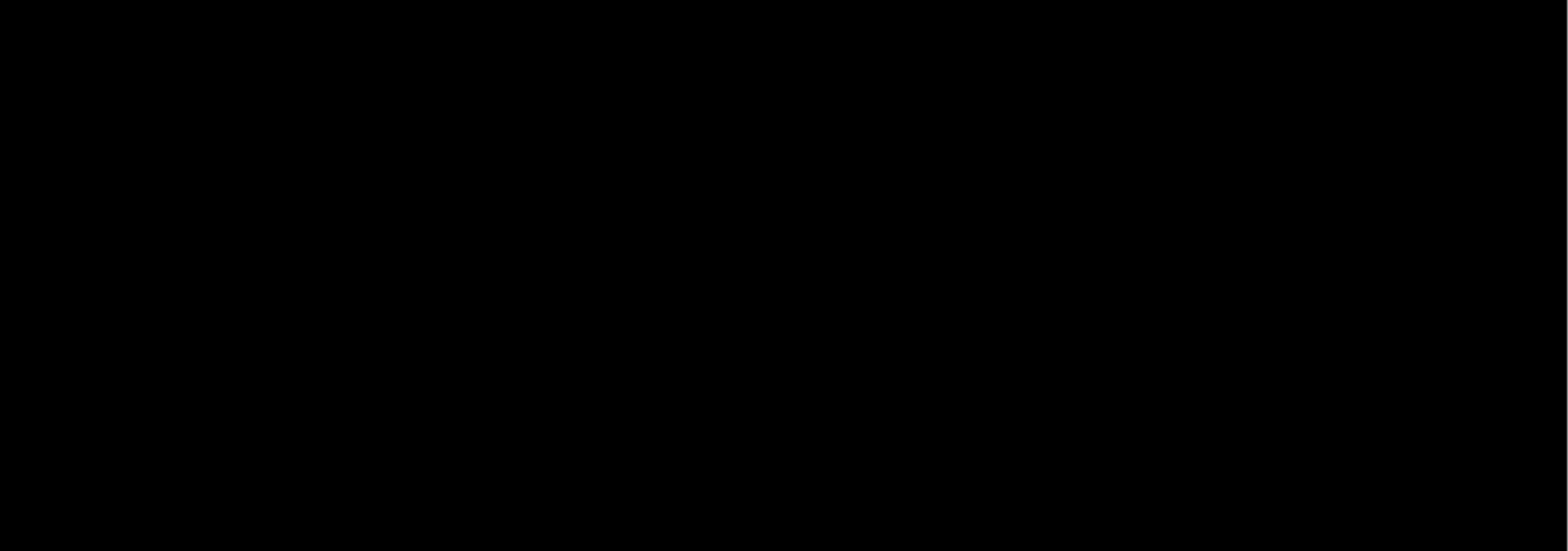
“I still remember waiting in the darkroom for the result of the experiment. These moments are what makes scientific research addictive.”

Adrian Bird

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Biomedicina

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Biomedicine





Adrian Bird

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Biomedicina

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Biomedicine

25

Descifrando las reglas de la vida

A Adrian Bird el genoma le fascina desde niño, y el reto de descifrar las instrucciones para construir un ser vivo está presente en toda su carrera: «Siempre me he dedicado a buscar reglas que simplifiquen la impresionante complejidad del genoma», afirma. Así que su descubrimiento de algunas de las piezas importantes del rompecabezas es un objetivo buscado. Lo que no esperaba Bird es que su trabajo *cobrar vida* y acabara afectando directamente a muchas personas. El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Biomedicina en esta edición reconoce ambas facetas de su trabajo: sus aportaciones en epigenética, un área esencial para entender cómo se codifican las órdenes que rigen nuestro organismo, y su investigación de la enfermedad de Rett, una grave enfermedad neurológica discapacitante.

Para Bird (Reino Unido, 1947), catedrático de Genética en la Universidad de Edimburgo, la secuenciación de nuestro genoma a principios de este siglo «fue solo el principio del esfuerzo por entenderlo». Queda una larga lista de preguntas por resolver. «Por ejemplo, ¿qué hace falta para que el ADN se convierta en un ser vivo? El ADN es el libro de la vida pero no está vivo. Nosotros no podemos crear vida, pero estaría bien conocer las reglas para ello».

La epigenética forma parte de esas reglas aunque no del genoma, del ADN. Precisamente la epigenética se refiere a los elementos externos al ADN que interactúan con esta molécula hasta el punto de permitir, o no, la expresión de los genes. Viene a ser un nivel adicional de complejidad: el genoma, el ADN, contiene los genes, pero estos se activan o no en función de reglas que pueden no estar inscritas en el ADN. Como explica el acta del jurado, Bird ha sido pionero en estudiar el lenguaje epigenético: «Mediante su trabajo, identificó en el ADN huellas químicas específicas que participan en el control de la actividad génica».

Deciphering the rules of life

Adrian Bird has been fascinated by the genome since school age, and the challenge of deciphering the assembly instructions for a human being has accompanied him throughout his professional life: “I am always on the lookout for generalizations that simplify the daunting complexity of the genome,” he affirms. So his discovery of certain key pieces in the jigsaw was the result of a preconceived mission. But what Bird couldn’t have imagined is that his work would “come to life” with a direct bearing on numerous individuals. The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biomedicine recognizes both facets of his scientific enterprise: his contributions in epigenetics, a field central to the understanding of how the rules governing our bodies are encoded; and his research into Rett syndrome, a severely disabling neurological condition.

For Bird (Wolverhampton, United Kingdom, 1947), Professor of Genetics at the University of Edinburgh, the sequencing of our genome at the start of this century was just the beginning of the quest. And many questions remain unanswered. “For instance, what does it take to make DNA alive? DNA is the thread of life but it is utterly dead. We cannot make life, but it would be good to know some of the rules required to do that.”

Epigenetics is part of these rules, but it is not a part of the genome or DNA; for epigenetics deals precisely with factors external to DNA that interact with the molecule to the extent of enabling or inhibiting gene expression. They add, we could say, a further layer of complexity. The genome, DNA, contains the genes, but their activation or otherwise is according to rules that are not necessarily written into DNA. As the jury notes in its citation, Bird has pioneered the study of the epigenetic language: “Through his work, he identified specific chemical signatures in the DNA involved in the control of gene activity.”

A Bird le fascina el código de la vida, el ADN. A lo largo de su carrera ha descubierto algunas de sus reglas y también lo que puede ocurrir cuando estas fallan.

Inesperadamente, se ha encontrado con que su investigación puede influir directamente en la vida de muchas personas.

Bird is fascinated by DNA, the code of life. In the course of his career, he has discovered several of its rules, as well as what can happen when they fail to operate.

Unexpectedly, he has also found that his research may directly influence the lives of many people.

Pero Bird ha desvelado además una inesperada conexión entre la epigenética y la clínica. Él y su grupo descubrieron que actuando sobre un determinado gen implicado en el control epigenético del genoma es posible revertir, en ratones, los síntomas de una enfermedad equiparable al síndrome de Rett. Ocurrió en 2007 y fue un hito: la primera vez que se logra curar una enfermedad neurológica en un contexto experimental. Ahora Bird busca con ahínco una terapia eficaz para esta enfermedad que afecta a una de cada 10.000 niñas. «Antes me sentía orgulloso de investigar buscando simplemente el conocimiento, pero ver que tu investigación puede tener un impacto tan directo en la vida de otras personas es emocionante; añade toda una nueva dimensión a tu trabajo», afirma.

Su emoción se entiende mejor si se piensa en lo mucho que ha cambiado la biología desde la era pregenómica. Cuando Bird empezó a investigar ni siquiera se sabía si todas las células del cuerpo tenían el mismo genoma —lo tienen—. Tampoco había técnicas para secuenciar siquiera pequeños fragmentos de ADN: «En la época, secuenciar un genoma entero, incluso el de una bacteria, era un sueño imposible», recuerda Bird. Hoy se conocen los genomas completos de cientos de organismos, y para saber dónde está un gen entre los miles de millones de pares de bases que integran el ADN, a un investigador actual le basta mirar en las bases de datos.

Bird ha contribuido enormemente a este drástico cambio de panorama. Su primer resultado importante permitió a los investigadores localizar genes en el genoma ya en los años ochenta, mucho antes de que se secuenciara el genoma humano.

Fue un logro en etapas. Primero Bird, que investigaba —en oocitos de rana— si todas las células de un organismo tenían los mismos genes, descubrió cómo identificar las regiones metiladas del genoma. La metilación implica el anclaje al genoma de una molécula llamada *grupo metilo*. «Aún recuerdo hacer el experimento y estar observando por primera vez los resultados en el cuarto oscuro», dice. «Fue un momento de los que hacen adictiva la investigación». El hallazgo iluminó el área porque, como observaría Bird después, mostraba que había metilación por todo el genoma excepto en regiones próximas a los genes. El mapa de la metilación, por tanto, hacía también las veces de mapa en negativo de los genes.

But Bird also uncovered a surprise connection between epigenetics and the clinic. He and his team found that by acting on a particular gene involved in the epigenetic control of the genome, it is possible to reverse, in mice, the symptoms of a disease comparable to Rett syndrome. This happened in 2007 and was a milestone event: the first time a neurological disorder had been cured in an experimental setting. Now Bird is on the hunt for an effective treatment for the syndrome, which affects one in every 10,000 girls. “I used to be quite content with myself just pursuing knowledge. But to see that your research can have such practical relevance in people’s lives adds a new dimension, and makes the whole thing more exciting and engaging,” he admits.

His emotion is all the more understandable when we consider how biology has changed since the pre-genome era. When Bird began researching, scientists were still unsure whether all the body’s cells had the same genome — they do. And no techniques were available for sequencing even the tiniest lengths of DNA: “Back then, sequencing an entire genome, even of a bacterium, was an impossible dream,” he recalls today. Now we have mapped the complete genomes of hundreds of organisms, and all a researcher has to do to locate a gene among the billions of base pairs that make up DNA is look it up in a database.

Bird has made a huge contribution to this watershed in biomedical science. His first major finding, in the 1980s, enabled researchers to locate genes in the genome long before the human genome was sequenced.

The achievement came about in phases. First Bird, who at the time was studying frog oocytes to determine whether all an organism’s cells have the same genes, managed to identify the methylated regions of the genome; methylation being the attachment to the genome of a type of molecule known as a methyl group. “I still remember doing the experiment and looking at the result in the darkroom,” he says. “These moments are what makes scientific research addictive.” This insight lit up the field because, as Bird would later observe, DNA methylation was almost everywhere in the genome, except at short regions near genes. The methylation map, in other words, was also a negative map of the genes.

“Genes make up only a small fraction of our DNA, less than 3 percent, so finding them was initially a massive prob-

«Los genes representan solo una pequeña parte del genoma, menos del tres por ciento, y encontrarlos era al principio un problema enorme», explica Bird. «Con la secuenciación del genoma esta metodología quedó obsoleta, pero para entonces ya se habían encontrado muchos genes gracias a ella». Además el hallazgo supuso un importante primer paso en su objetivo de hallar simplificaciones, reglas generales, en el código de la vida. La publicación que describe el trabajo, aparecida en *Nature* en 1985, es aún hoy una de las más citadas del galardonado.

El siguiente hito en la carrera de Bird enlaza ya con la epigenética. La metilación es uno de los elementos principales del lenguaje epigenético: los genes se activan o no en cada célula en función de si están metilados; es decir, todas las células tienen el mismo genoma, pero no el mismo epigenoma. Bird, interesado en entender el proceso, identificó la primera proteína sensible a la metilación del ADN: se llama MeCP2 y solo se une químicamente al ADN cuando está metilado. Es como la primera letra del código epigenético. Pero la historia de MeCP2 no acaba ahí. A finales de los noventa otro grupo descubría que las mutaciones en esta proteína son la causa del síndrome de Rett, y esa conexión casual cambia el rumbo de la carrera de Bird. Su grupo crea en 2001 un ratón con síntomas muy similares a los del síndrome en humanos, y en 2007 idean una estrategia para restaurar el gen alterado. El éxito es mayor de lo esperado: «Fue espectacular, uno de esos momentos eureka», dice Bird. «Siempre se ha asumido que una enfermedad neurológica no tiene curación, por lo que solo contábamos con retrasar la muerte de los animales o mejorar los síntomas. Pero lo que conseguimos fue la cura».

La técnica empleada en ratones no es aplicable a humanos, y Bird alerta de que aún falta tiempo para hallar una cura. Pero su trabajo es «una prueba de concepto que ha hecho que ahora muchos grupos de investigación estén buscando terapias», ha dicho. «Conozco a niñas afectadas y a sus padres. Me siento implicado y me doy cuenta de lo que significaría ser capaz de hacer algo positivo para esta enfermedad. Me gusta mucho pensar que ocurrirá durante mi vida profesional».

Mientras tanto, la epigenética es un área de investigación en pleno auge. Se investiga el papel del ambiente en la epigenética e incluso la heredabilidad de los caracteres epigenéticos. Lo que está claro es que el reto de descifrar las reglas de la vida sigue en primera línea de la ciencia.

lem,” Bird explains. “Once whole genomes could be sequenced, this methodology became obsolete, but by then it had helped discover many genes.” The discovery was also a major step towards the new laureate’s goal of finding simplifications or general rules in the code of life. The paper describing the work was published in *Nature* in 1985, and remains one of his most highly cited.

The next milestone in Bird’s career also marked his entry to epigenetics. Methylation is one of the main elements of the epigenetic language: genes in each cell are activated or not depending on whether they are methylated. In other words, all cells have the same genome but not the same epigenome. Bird’s interest in the process led him to the first protein sensitive to DNA methylation. Named MeCP2, it only binds chemically to methylated DNA, making it what we might call the first letter in the epigenetic code.

But the story of MeCP2 does not end there. In the late 1990s, another group found that mutations in this protein are behind Rett syndrome, and this chance connection set Bird’s career on an entirely different course. In 2001, his team created a mouse presenting symptoms similar to the disease in humans, and in 2007, came up with a way to restore the altered gene. Their success took them all by surprise. “It was spectacular, a real Eureka moment,” says Bird, looking back. “It was assumed that once you have a neurological disorder, you have it forever, so we thought we might, with luck, delay the animals’ death or alleviate some of the symptoms. But what we got was a cure.”

The technique used in mice is not replicable in humans, and Bird warns that we are still far from finding a cure. But his work “provides a proof of concept that has got many other research groups involved in the search for therapies.” On a more personal note, he adds that “I have met the affected girls and their parents. I feel involved and appreciate what it would mean to be able to do something positive for this condition. I would love to think that we can achieve this within my working lifetime.”

Meantime, epigenetics has become a fast growing research field. Work is being done on the role of the environment in epigenetics, and even on the heritability of epigenetic traits. And it seems safe to say that the challenge of deciphering life’s rules will remain at the forefront of science.





Angelika Schnieke

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

Chair of the jury

Chair of Livestock Technology in the Department of Animal Science of Technische Universität München (TUM), she has worked in the biotechnology industry and research centers in the United Kingdom, United States, Switzerland and Germany, and her work was instrumental in the cloning of Dolly the sheep and the 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 biomedical research.



Óscar Marín

Secretario del jurado
Es profesor de investigación en el Departamento de Neurobiología del Desarrollo del Instituto de Neurociencias de Alicante, un centro mixto del CSIC y la Universidad Miguel Hernández, y a partir de julio de 2014, director del MRC Centre for Developmental Neurobiology en el King's College de Londres. Estudia el desarrollo del córtex cerebral y el papel de los genes de susceptibilidad a la esquizofrenia en la formación de circuitos neuronales. Es miembro del Board of Reviewing Editors de la revista *Science* y premio Joven Investigador de la Organización Europea de Biología Molecular.

Secretary of the Jury

Research Professor in the Department of Developmental Neurobiology at the Instituto de Neurociencias de Alicante (CSIC-Miguel Hernández University) and, from July 2014, Director of the MRC Centre for Developmental Neurobiology at King's College London. His research focuses on the development of the cerebral cortex and the role of schizophrenia susceptibility genes in the formation of neuronal circuits. A member of the Board of Reviewing Editors of *Science*, he holds the Young Investigator Award of the European Molecular Biology Organization.



Dario Alessi

Es director de la Unidad de Fosforilación de Proteínas, un proyecto del Medical Research Council británico en la Facultad de Ciencias de la Vida de la Universidad de Dundee (Reino Unido). Su investigación médica trata sobre la transducción de señales de relevancia para comprender el cáncer, la diabetes y los trastornos neurodegenerativos. Autor de más de doscientas publicaciones, es *fellow* de la Royal Society, Francis Crick Prize Lecture de la Royal Society y Medalla de Oro de la European Molecular Biology Organization, entre otras distinciones.

Director of the Protein Phosphorylation Unit, a Medical Research Council unit in the College of Life Sciences of Dundee University (United Kingdom). His research interest lies in medical signal transduction of relevance to understanding cancer, diabetes and neurodegenerative disorders. Author of over 200 publications, 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, among other distinctions.



Mariano Barbacid

Es catedrático AXA-CNIO de Oncología Molecular en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO). Descubridor del primer oncogén humano en 1982, su investigación actual se centra en el uso de ratones modificados genéticamente que reproduzcan fielmente la historia natural de los tumores humanos para descubrir dianas moleculares con fines terapéuticos. Entre los numerosos galardones que ha recibido figuran el J. Steiner Award (Suiza), el Ipsen Prize (Francia) o el Charles Rodolphe Brupbacher Cancer Prize (Suiza).

AXA-CNIO Professor of Molecular Oncology in the Spanish National Cancer Research Centre (CNIO). Discoverer of the first human oncogene, in 1982, his research currently focuses on the use of genetically modified mouse tumor models that faithfully reproduce the natural history of human tumors in order to define molecular targets for therapeutic purposes. Among a long list of distinctions, he holds the J. Steiner Award (Switzerland), the Ipsen Prize (France), and the C. R. Brupbacher Cancer Prize (Switzerland).



Robin Lovell-Badge

Es director de la División de Biología de las Células Madre y Genética del Desarrollo del National Institute for Medical Research (Reino Unido). Investiga sobre el control genético del desarrollo embrionario, el desarrollo de las gónadas y la determinación del sexo, y el desarrollo del sistema nervioso, la pituitaria y los sistemas sensoriales. Es profesor honorario de Biociencias en el University College de Londres, *Distinguished Visiting Professor* en la Universidad de Hong Kong, y ha recibido el Louis Jeantet Prize for Medicine, entre otros galardones.

Head of the Division of Stem Cell Biology and Developmental Genetics at the MRC National Institute for Medical Research (United Kingdom). His research areas are genetic control of embryonic development, including early mammalian development, gonad development and sex determination, and the development of the nervous system, the pituitary and sensory systems. Honorary Professor of Biosciences at University College London and Distinguished Visiting Professor at the University of Hong Kong, his honors include the Louis Jeantet Prize for Medicine.



Ursula Ravens

Es directora del Departamento de Farmacología y Toxicología de la Universidad Tecnológica de Dresde. Autora de más de 250 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.

Head of the Department of Pharmacology and Toxicology at TU Dresden. Author of over 250 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 jefe de la División de Biología del Desarrollo del Instituto Roslin y catedrático 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 World Organization for Animal Health.

Head of the Developmental Biology Division at The Roslin Institute and Professor of Animal Biotechnology in the Royal (Dick) School of Veterinary Studies, both University of Edinburgh (United Kingdom). He pioneered the use of lentivirus vectors for transgene delivery, and is now 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

Acta del jurado

El jurado ha otorgado a Adrian Bird (Universidad de Edimburgo) el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Biomedicina por sus descubrimientos en el campo de la epigenética, el estudio de factores cromosómicos que afectan a la expresión genética sin cambiar la secuencia del ADN. Gracias a su trabajo, Adrian Bird identificó en el ADN huellas químicas específicas que participan en el control de la actividad genética. Estas regiones están marcadas por la metilación del ADN y organizadas de forma precisa dentro del genoma, lo que es vital para el desarrollo y se asocia a diversos procesos clave que garantizan el crecimiento normal de todos los mamíferos, incluidos los humanos. La metilación del ADN también desempeña un papel crucial en numerosas enfermedades y en la evolución de casi todos los tipos de cáncer. Todas las células de un mamífero poseen la misma secuencia de ADN. No obstante, las células que participan en diferentes funciones expresan distintos subconjuntos de genes. Estos diferentes patrones de expresión se estabilizan por medio de marcas epigenéticas, de las cuales la primera descubierta y caracterizada fue la metilación del ADN, cuyas marcas se heredan a medida que las células se dividen y, en algunos casos, lo hacen a través de varias generaciones.

Adrian Bird también identificó proteínas que leen las señales de metilación del ADN, cuya mutación provoca enfermedades en el ser humano. Recientemente ha demostrado, en un sujeto ratón, que al restaurar la función de una de esas proteínas se pueden revertir los síntomas de una forma grave de autismo conocido como síndrome de Rett. Es la primera vez que se revierte una enfermedad neurológica en un contexto experimental, lo que genera la esperanza de que este enfoque pueda trasladarse a la investigación clínica. Se espera que la comprensión de cómo cambiar las marcas epigenéticas pueda aplicarse para tratar un amplio espectro de enfermedades.

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Biomedicine

Jury's citation

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Biomedicine honors Adrian Bird (University of Edinburgh) for his discoveries in the field of epigenetics, the study of chromosomal factors that affect gene expression without changes in the DNA sequence. Through his work, Adrian Bird identified specific chemical signatures in the DNA involved in the control of gene activity. These regions are marked by DNA methylation and organized within the genome in a precise manner. This is essential for development and is associated with a number of key processes which ensure the normal growth of all mammals, including humans. DNA methylation also plays a crucial role in many diseases and in the progression of nearly all types of cancer.

In a mammal, all cells have the same DNA sequence. However, cells involved in different functions express distinct subsets of genes. These different expression patterns are stabilized through epigenetic marks, of which DNA methylation was the first to be discovered and characterized. DNA methylation marks are inherited as cells divide, and in some cases inherited across generations.

Adrian Bird also identified proteins that read the DNA methylation signals, mutation of which leads to human diseases. Recently, he has shown in a mouse model that restoring the function of one of these proteins can reverse the symptoms of a severe form of autism known as Rett syndrome. This is the first time that a neurological disease has been reversed in an experimental context, and offers hope that this approach can be translated into the clinic. Understanding how to change epigenetic marks is expected to have applications in treating a broad spectrum of diseases.

«Trabajábamos con una emoción creciente, porque sospechábamos que la coevolución era en general un proceso infravalorado.»

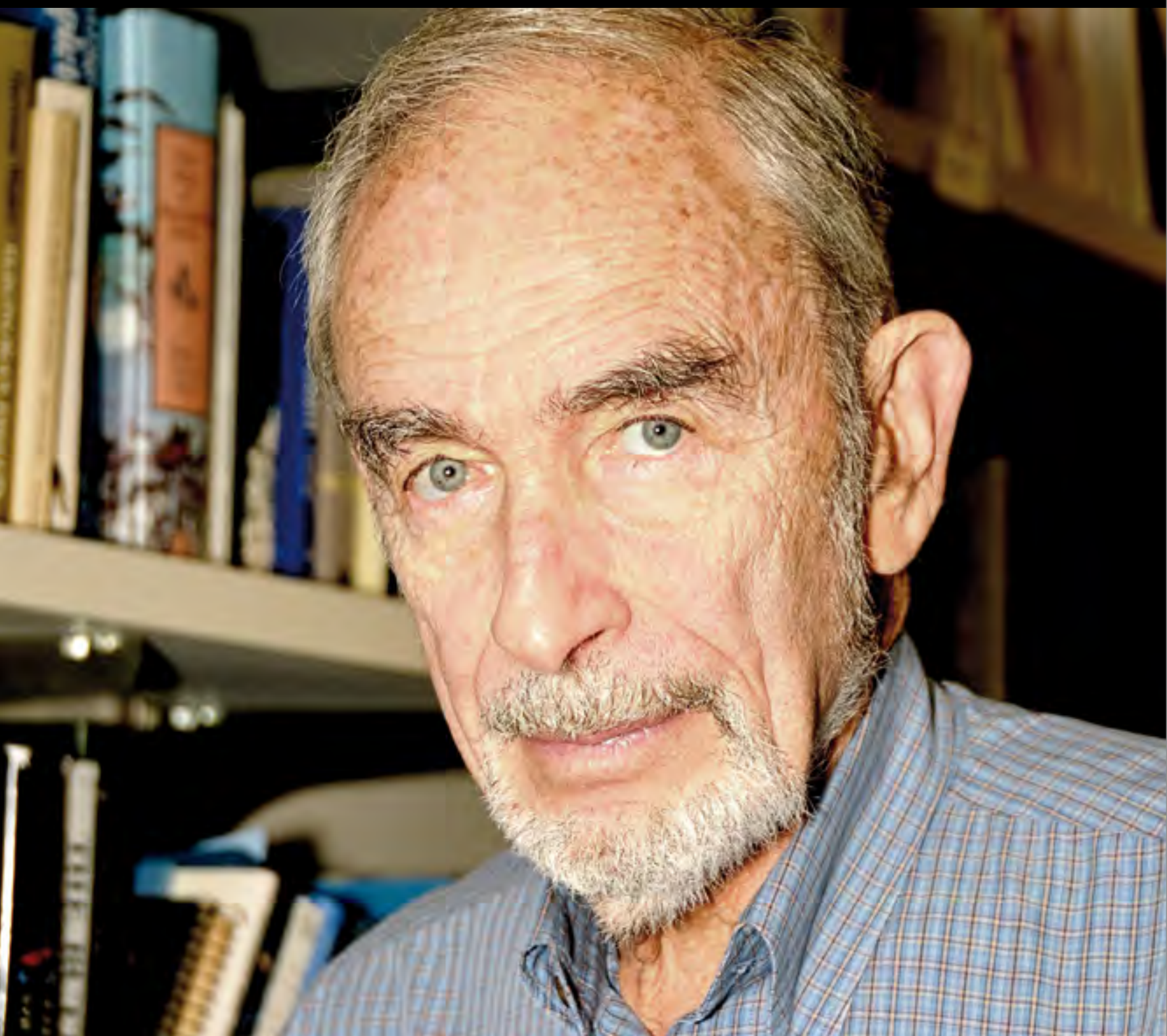
“We did the work with a rising sense of excitement, as we suspected that coevolution was generally an underrated process.”

Paul R. Ehrlich

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

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





Paul R. Ehrlich

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

La biodiversidad y el tango evolutivo de las mariposas

El entomólogo, ecólogo y biólogo de la conservación Paul Ehrlich ha capturado a lo largo de su carrera cientos de miles de mariposas de la subespecie *Euphydryas editha bayensis*. Las observa, escribe en la superficie de sus alas —para identificarlas con un número propio— y las libera de nuevo. Así, registrando el devenir de la vida de estas mariposas a lo largo de los últimos cincuenta años, Ehrlich ha realizado algunos de los descubrimientos hoy considerados más valiosos para entender la biodiversidad: la descripción precisa de los procesos de coevolución y el concepto de metapoblación. Irónicamente, estas mariposas de alas negras, naranjas y blancas, endémicas en el área de la bahía de San Francisco, están hoy amenazadas de extinción. Por estas aportaciones Paul R. Ehrlich, catedrático de Ciencias Biológicas de la Universidad de Stanford (Estados Unidos), recibe el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ecología y Biología de la Conservación. Como afirma el acta del jurado, Ehrlich «ha contribuido de forma decisiva a múltiples avances conceptuales en ecología y biología de la conservación, con una gran influencia en otras disciplinas académicas».

La curiosidad de Ehrlich (Filadelfia, Estados Unidos, 1932) por las mariposas empezó a los 10 años durante un campamento de verano. Años más tarde, tras estudiar Zoología en la Universidad de Pensilvania y doctorarse en la Universidad de Kansas con el prestigioso entomólogo Charles Duncan Michener, Ehrlich se incorpora en 1959 a la Universidad de Stanford. Poco después establece en la reserva ecológica de Jasper Ridge —la estación experimental de esta universidad— el estudio sobre las *Euphydryas editha*, siendo en estos momentos uno de los proyectos de campo de mayor pervivencia que aún genera datos.

El fin inicial de su investigación, por entonces, era determinar de qué depende el tamaño de las poblaciones de mariposas. Pero uno de sus primeros resultados provino de

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

Biodiversity and the evolutionary tango of the butterfly

In his lengthy career, entomologist, ecologist and conservation biologist Paul Ehrlich has captured hundreds and thousands of butterflies of the sub-species *Euphydryas editha bayensis*. He observes them, marks their wing surface — to give each one a different identifying number — and lets them go. And it is precisely in tracking the life course of these butterflies over the past fifty years that Ehrlich has made discoveries now seen as key to the understanding of biodiversity: especially the nature of coevolutionary processes and of metapopulations. Ironically, these black, orange and white-winged butterflies endemic to the San Francisco Bay area are now under threat of extinction.

It was these contributions that earned Paul R. Ehrlich, Professor of Biological Sciences at Stanford University (United States), the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Ecology and Conservation Biology. Ehrlich, in the words of the jury, “has contributed key conceptual advances in the science of ecology and conservation biology, with a long-standing influence in other academic disciplines.”

Ehrlich (Philadelphia, United States, 1932) developed a passion for butterflies at the age of ten, when attending summer camp. After studying zoology at the University of Pennsylvania and completing a PhD at the University of Kansas with renowned entomologist Charles Duncan Michener, he joined the faculty at Stanford University in 1959. A short time later, he set up a study on *Euphydryas editha* in the Jasper Ridge biological preserve — Stanford’s experimental station — which continues to churn out data to this day, making it one of the world’s longest-running fieldwork projects.

The initial goal of his research in this period was to determine the factors dictating the size of butterfly populations. But one of his first results came from an entirely tangential

Ehrlich ha estudiado el devenir de la vida de las mariposas de la reserva de Jasper Ridge durante cincuenta años, lo que le ha llevado a descubrimientos considerados hoy clave para entender la biodiversidad: la primera descripción de un proceso de coevolución y la existencia de metapoblaciones.

Fifty years tracking the life course of butterflies at the Jasper Ridge preserve have led Ehrlich to discoveries that are now seen as key to our understanding of biodiversity: the first description of a coevolutionary process, and the existence of metapopulations.

una observación del todo marginal: Ehrlich se dio cuenta de que algunas de sus mariposas comían plantas de la familia *Plantaginaceae*, mientras que otras escogían las de la familia *Scrophulariaceae*. Le resultó curioso. Un día, al volver del campo lo comentó con su colega el botánico Peter Raven, premio Fundación BBVA a la Conservación de la Biodiversidad 2007. «Comenzó entonces una tormenta de ideas entre dos evolucionistas, uno con mucha experiencia en mariposas, y otro en plantas», ha explicado Ehrlich. Día tras día, en conversaciones de sobremesa complementadas con exhaustivas búsquedas en la literatura, los dos investigadores lograron recabar información sobre las preferencias alimentarias de unas seis mil especies de mariposas, y concluyeron que estaban relacionadas con el tipo de toxinas que generan las plantas para protegerse de los herbívoros.

Realizaron, así, el primer estudio en profundidad de un fenómeno que llamaron coevolución: la presión de las mariposas selecciona a las plantas capaces de generar defensas químicas, lo que a su vez confiere ventaja a las mariposas capaces de tolerar esas toxinas. La carrera armamentística entre plantas y mariposas se desarrolla en un ciclo sin fin —teóricamente— con las especies acopladas en lo que algunos han llamado un tango evolutivo.

El trabajo que lo explica, «Butterflies and plants: A study in coevolution», publicado en la revista *Evolution* en 1964, sugería por primera vez la «enorme importancia de las interacciones entre plantas y herbívoros en la generación de diversidad terrestre». Es una de las publicaciones consideradas más influyentes en ecología evolutiva, y ha inspirado en las últimas décadas docenas de libros y miles de estudios. Mirando atrás, a Ehrlich le sigue maravillando el que no necesitaran para ese trabajo «ni un solo dato experimental extra». Les bastó con la gran cantidad de información que aportan sobre la dieta los coleccionistas de mariposas. «Fue un caso afortunado de dos científicos que tienen una idea, recopilan más información y publican un artículo que cambia toda un área de la biología evolutiva en sí misma». Recuerda que avanzaban «con una emoción creciente, porque sospechábamos que la coevolución era en general un proceso infravalorado». Aunque el concepto estaba ya en Darwin, «en ciencia lo crítico no es solo tener la idea, sino aportar los datos. Nosotros teníamos una cantidad ingente de datos». Lo cierto es que el trabajo de Ehrlich y Raven revela la importancia de la coevolución como motor

observation: Ehrlich realized that some of his butterflies ate plants of the *Plantaginaceae* family, while others went for a different family, *Scrophulariaceae*. This set him wondering. One day, returning from a field trip, he mentioned the fact to a colleague, botanist Peter Raven, among the laureates in the 2007 BBVA Foundation Awards for Biodiversity Conservation. “From that point on, it was a matter of brainstorming between two evolutionists, one with much experience with butterflies and the other with plants,” Ehrlich relates. Day by day, in successive coffee-table conversations, supplemented by detailed trawling through the literature, the two researchers gathered data on the dietary preferences of some 6,000 butterfly species, and concluded that they were linked to the kind of toxins the plants generated in order to ward off herbivores.

They had done the first comprehensive study of a phenomenon they named coevolution: selective pressure from butterflies favors plants that are capable of generating chemical defenses, which, in turn, confers an advantage on any butterflies that can deal with such toxins. The arms race between plant and butterfly unfolds in an endless cycle — theoretically at least — with the species coupled together in what some have called an evolutionary tango. The explanatory paper, “Butterflies and Plants: A Study in Coevolution”, published in *Evolution* in 1964, was a first step toward understanding “the huge importance of plant-herbivore interactions in the generation of terrestrial diversity.” Long considered one of the most influential texts in evolutionary ecology, it has spawned dozens of books and thousands of papers over the intervening decades. Looking back, Ehrlich is still amazed that they could complete the study with “no additional experimental data whatsoever,” making do with the vast amount of dietary information supplied by butterfly collectors. “It was a fortunate case of two scientists who had an idea, gathered more information and then published a paper that changed a whole area of evolutionary biology.” He remembers that they worked on “with a rising sense of excitement, as we suspected that coevolution was generally an underrated process.” Although the concept was already there in Darwin’s writings, “the critical thing in science is not just to have the idea, but to produce a lot of data to support it. And we had a huge quantity of data.” Ehrlich and Raven’s work revealed the importance of coevolution as an engine for generating biodiversity, and has gone

de biodiversidad y ayuda a responder una de las preguntas más importantes en ciencia: por qué hay tantas especies en el planeta.

Otro de los descubrimientos que inspiran las mariposas de Jasper Ridge tiene que ver con las llamadas metapoblaciones. Se trata, de nuevo, de un cambio de paradigma: si en los años sesenta el foco de la investigación estaba en las poblaciones grandes y en las especies, el trabajo de Ehrlich revela la importancia de las poblaciones pequeñas a la hora de preservar la salud de los ecosistemas.

El origen de este resultado fue, de nuevo, la observación de un hecho imprevisto. En realidad había tres poblaciones de *E. editha* en Jasper Ridge. Él y su grupo habían sido testigos, a mediados de los años sesenta, de la extinción relativamente rápida de una de esas tres poblaciones de mariposas; pero lo sorprendente para ellos fue comprobar pocos años más tarde que el hábitat de esa población era colonizado por miembros de las demás. Así, hoy se sabe que una población integrada por grupos distintos, pero entre los que aún hay intercambio genético, es más resistente; algo que conviene saber para mitigar el impacto de la fragmentación del hábitat o el cambio climático.

Ehrlich destaca una razón adicional para analizar la biodiversidad a escala de poblaciones locales y no solo de especies: «Son las poblaciones las que nos proporcionan los servicios ecosistémicos».

Este énfasis en los servicios ecosistémicos es precisamente otra de las aportaciones de Ehrlich, y recuerda que proteger la biodiversidad es cuestión de supervivencia. El desarrollo de la sociedad descansa sobre procesos naturales como la polinización de los cultivos, la protección contra la erosión o las propias cosechas, y eso, resalta el galardonado, tiene implicaciones importantes a la hora de diseñar estrategias de conservación.

Ehrlich ha sido además pionero en cuantificar el impacto de la actividad humana en la naturaleza y en el desarrollo del concepto de sostenibilidad ecológica. Uno de sus trabajos más citados, publicado en la revista *BioScience* en 1986, revela que los humanos consumimos una parte muy importante de la biomasa generada por los organismos fotosintetizadores: casi el cuarenta por ciento. Un dato que refleja el gran peso del hombre en la biosfera y sugiere que la desaparición de las mariposas de Jasper Ridge es, ante todo, un signo de los tiempos.

some way to solving one of the big questions in science: why does our planet harbor so many different species?

Another discovery inspired by the butterflies of Jasper Ridge concerned the dynamics of what we call metapopulations, where Ehrlich's insights again brought about a change of paradigm. For while the focus during the 1960s was on species and large populations, his work elucidated the vital role of small populations in preserving ecosystem health.

The catalyst yet again was his observation of an unexpected fact: that what had been thought to be a single population of *E. editha* on Jasper Ridge was actually three. In the mid 1960s, he and his group had been witness to the relatively fast extinction of one of the three butterfly populations. A few years later, they were even more surprised to see that this first population's habitat had been colonized by members of the other two. We now know, thanks to this finding, that a population formed by distinct yet genetically interacting groups gains in resistance, providing us with a line of action to mitigate the impact of habitat fragmentation and climate change.

For Ehrlich, there is another crucial reason to analyze biodiversity at the level of local populations and not just species, "because it is populations that deliver ecosystem services." A population of pollinating insects serves the region where it is located, and its extinction there is still a problem even if the species survives elsewhere.

This emphasis on ecosystem services is another of Ehrlich's contributions, and reminds us that protecting biodiversity is a matter of survival as well as values. Society's progress relies on natural processes like crop pollination, protection against erosion, the production of food, etc., and this, he points out, has important implications for the design of conservation strategies.

Ehrlich has also been a pioneer in quantifying the impact on nature of human activity, and refining the concept of ecological sustainability. One of his most cited papers, published in *BioScience* in 1986, reveals that human beings consume a large portion — almost 40 percent — of the biomass generated by photosynthesizing organisms. A statistic that not only reflects the sheer scale of humanity's footprint in the biosphere, but suggests that the disappearance of the Jasper Ridge butterflies is, above all, a sign of the times.





Daniel Pauly

Presidente del jurado

Es catedrático de Recursos Pesqueros en la Universidad de British Columbia (Canadá) e investigador principal del proyecto Sea Around Us. Ha estudiado modelos de explotación de sistemas acuáticos en África, Asia, Oceanía y América. Es cofundador de FishBase.org y premio Ramón Margalef de Ecología. Es autor de más de quinientos artículos científicos y entre sus libros destacan *Five easy pieces: The impact of fisheries on marine ecosystems* y *Gaspings fish and panting squids: Oxygen, temperature and the growth of water-breathing animals*.

Chair of the Jury

Professor of Fisheries at the University of British Columbia Fisheries Centre (Canada) and Principal Investigator of the Sea Around Us project. He has studied modes of exploiting aquatic ecosystems in Africa, Asia, Oceania and America and is co-founder of FishBase.org. He holds the Ramon Margalef Prize in Ecology and has authored over 500 scientific papers and a number of books, notably *Five Easy Pieces: the Impact of Fisheries on Marine Ecosystems* and *Gaspings Fish and Panting Squids: Oxygen, Temperature and the Growth of Water-Breathing Animals*.



Pedro Jordano

Secretario del jurado

Es profesor de investigación del Departamento de Ecología Integrativa en la Estación Biológica de Doñana del 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 Ecological Society of America y desde 2011 coordina un panel del European Research Council para las Starting Grants.

Secretary of the Jury

Research Professor in the Department of Integrative Ecology at Estación Biológica de Doñana, CSIC (Sevilla, Spain). His research focuses on the ecological and evolutionary consequences of mutualistic interactions between animals and plants, exploring how coevolution shapes megadiverse communities where such mutualisms play an essential role. Coordinator since 2011 of a European Research Council Starting Grants panel, he holds the Mercer Award of the Ecological Society of America.



Jordi Bascompte

Es profesor de investigación del Departamento de Ecología Integrativa de la Estación Biológica de Doñana del CSIC (Sevilla, España), en el que dirige un grupo internacional e interdisciplinar sobre redes ecológicas. Su investigación combina modelos matemáticos, simulaciones y análisis de conjuntos de datos para abordar cuestiones fundamentales y aplicadas. Editor jefe de la sección Ideas and Perspectives de *Ecology Letters* y miembro del Board of Reviewing Editors de *Science*, es European Young Investigator Award y Mercer Award de la Ecological Society of America.

Research Professor in the Department of Integrative Ecology at Estación Biológica de Doñana, CSIC (Sevilla, Spain), he leads an international, interdisciplinary team on ecological networks. His research combines mathematical models, simulations and data set analysis to address fundamental and applied questions in ecology. Editor-in-chief of the Ideas and Perspectives section of *Ecology Letters*, he sits on the Board of Reviewing Editors of *Science*, and holds the European Young Investigator Award and the Mercer Award of the Ecological Society of America.



Joanna Burger

Es *Distinguished Professor* de Biología en la Universidad Rutgers (Estados Unidos). Estudia el significado adaptativo del comportamiento social de los vertebrados, el riesgo ecológico y la biomonitorización, el efecto de los metales pesados en el desarrollo neurológico de las aves, el impacto humano en la ecología de los vertebrados y los riesgos derivados del consumo de marisco. Ha recibido galardones como la Brewster Medal de la Unión Americana de Ornitólogos y es *fellow* de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, entre otras instituciones.

Distinguished Professor of Biology at Rutgers University (United States). Her research topics include the adaptive significance of social behavior in vertebrates, the effects of heavy metals on neurobehavioral development in birds, ecological risk, biomonitoring, the human dimensions of vertebrate ecology, and human exposure from seafood consumption. She holds the Brewster Medal of the American Ornithologists' Union and is a fellow of a number of learned societies including the American Association for the Advancement of Science.



Gerardo Ceballos

Es catedrático en el Laboratorio 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 que abarcan más de dos millones de hectáreas en México. 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 Wildlife Ecology and Conservation Laboratory of 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 multiple other honors.

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Ecología y Biología de la Conservación

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Ecology and Conservation Biology

Acta del jurado

El profesor Ehrlich ha llevado a cabo de forma decisiva avances conceptuales clave en ecología y biología de la conservación, con una influencia continuada en otras disciplinas académicas. Sus contribuciones fundamentales al campo de la ecología incluyen conceptos altamente innovadores como la coevolución, dinámicas de metapoblaciones, servicios ecosistémicos y el papel de los seres humanos en la sostenibilidad ecológica.

Paul Ehrlich ya avanzó la idea seminal de que las interacciones de las plantas y los herbívoros coevolucionan y modelan la historia evolutiva de las especies como un motor para la diversidad de las mismas. Empleó estudios experimentales de largo plazo para documentar patrones de gran alcance en materia de dinámicas de poblaciones y estructura genética, y los factores reguladores de las mismas. A través de su trabajo con mariposas tomadas como modelo de organismo, logró desentrañar el papel del clima y de las interacciones ecológicas como elementos impulsores de las dinámicas de población. Este estudio abrió un nuevo horizonte en la investigación de las dinámicas de las metapoblaciones y de los riesgos de extinción, así como de las dinámicas de colonización-extinción.

El profesor Ehrlich ha desarrollado herramientas conceptuales, entre las que destacan la noción de los servicios ecosistémicos, para abordar cómo la demografía humana puede poner en riesgo los ecosistemas. También desarrolló enfoques científicos, creando puentes entre la ecología y la biología evolutiva, la economía, la agricultura, la antropología y la ética en el marco de estudios integradores para la predicción de los efectos de los humanos en los servicios de los ecosistemas. Este enfoque le llevó a la definición de sostenibilidad ecológica. Su trabajo desveló la proporción inesperadamente alta de productividad primaria neta y la destrucción o uso por parte de los seres humanos de los sistemas de suministro de agua dulce. Sus ideas sobre sostenibilidad ecológica fueron fundamentales a la hora de crear y fomentar la Alianza del Milenio por la Humanidad y la Biosfera. El profesor Ehrlich combina de manera excepcional el trabajo académico con una aguda capacidad para trasladar los desafíos ecológicos a la sociedad.

Jury's citation

Professor Ehrlich has contributed key conceptual advances in the science of ecology and conservation biology, with a long-standing influence in other academic disciplines. His fundamental contributions to the field of ecology include pathbreaking concepts such as coevolution, metapopulation dynamics, ecosystem services and the role of humans in ecological sustainability.

Paul Ehrlich advanced the seminal idea that interactions of plants and herbivores coevolve and shape the evolutionary history of species, as an engine for species diversity. He used experimental, long-term studies to document wide-ranging patterns of population dynamics and genetic structure, and the factors regulating them. Working with butterflies as model organisms, he disentangled the role of climate and ecological interactions as drivers of population dynamics. This study was pathbreaking for research on metapopulation dynamics, extinction risk and colonization-extinction dynamics.

Professor Ehrlich developed conceptual tools, notably the notion of ecosystem services, to address the role of human demography in putting ecosystems at risk. He developed scientific approaches bridging ecology and evolutionary biology, economics, agriculture, anthropology and ethics within integrative studies to forecast human effects on ecosystem services. This approach led him to the definition of ecological sustainability. His work revealed the unexpectedly large proportion of net primary productivity and Earth's freshwater supply being destroyed or used by humanity. His ideas on ecological sustainability were central in the founding and promotion of the Millennium Alliance for Humanity and the Biosphere. He combines extraordinary scholarship with a keen ability to bring ecological challenges to the attention of society.

«No se ha diseñado jamás un ordenador que sea consciente de sus actos, si bien es verdad que nosotros la mayor parte del tiempo tampoco lo somos.»

“No computer has ever been designed that is aware of what it’s doing. But most of the time, we aren’t either.”

Marvin L. Minsky

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

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





Marvin L. Minsky

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Lecciones sobre el futuro

Marvin Minsky, *padre* de la inteligencia artificial, autor de contribuciones esenciales en matemáticas, ciencia cognitiva, robótica y filosofía, y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación, sigue convencido de que se construirán máquinas al menos tan inteligentes como los humanos. No cree, sin embargo, que se vaya a lograr a corto plazo, pues en los últimos años no ha visto en el área, dice, «nada sorprendente». Aunque si ocurre como hasta ahora la espera habrá valido la pena, pues en las últimas décadas el esfuerzo por crear una inteligencia no humana ha inspirado ideas y aplicaciones que han cambiado la sociedad actual.

Minsky (Nueva York, Estados Unidos, 1927) es catedrático de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y titular de la Cátedra Toshiba of Media Arts and Sciences. Desde los inicios de su carrera en la Universidad de Harvard —se licenció en Matemáticas en 1950— se siente fascinado por el cerebro humano y la emergencia de sus funciones cognitivas. Fue el libro *Mathematical biophysics*, de Nicolas Rashevsky, hojeado mientras deambulaba por una biblioteca lo que le hizo querer dedicarse a construir máquinas pensantes. La obra describía matemáticamente el funcionamiento de sistemas biológicos —el latido cardíaco o la transmisión de señales eléctricas por parte de las neuronas, entre otros— e inspiró la visión mecanicista del cerebro que define el pensamiento de Minsky.

Su tesis doctoral, leída en la Universidad de Princeton en 1954, analizaba cómo construir redes neurales capaces de aprender. Fue un trabajo desarrollado *de espaldas* a las computadoras de la época, gigantescas máquinas de calcular que realizaban tareas muy específicas y en solo unas pocas instituciones. Minsky las describirá en un ensayo de 1982: «(...) cuando aparecieron los primeros

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

Lessons on the future

Marvin Minsky, “father” of artificial intelligence, author of essential contributions in mathematics, cognitive science, robotics and philosophy, and the latest recipient of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Information and Communication Technologies, remains convinced that we will one day build machines at least as intelligent as human beings. He does not believe it will happen soon, having avowedly seen “nothing that surprising” in recent years. But if past experience is anything to judge by, the wait will have been worth it. For over the last few decades, the quest to create non-human intelligence has inspired ideas and applications that have transformed our society.

Minsky (New York, United States, 1927) is Professor of Electrical Engineering and Computer Science at Massachusetts Institute of Technology (MIT), where he is also Toshiba Professor of Media Arts and Sciences. Since his time as a student at Harvard University, where he graduated with a degree in mathematics in 1950, he has been fascinated by the human mind and the emergence of its cognitive functions. It was while pacing the library floor leafing through *Mathematical Biophysics* by Nicolas Rashevsky that he knew his future must lie in the construction of learning machines. Rashevsky’s book mathematically described the workings of biological systems — the beating of the heart, the firing of electrical signals among neurons, etc. — and informed the mechanistic view of the human mind that defines Minsky’s work.

His PhD thesis, which he defended at Princeton University in 1954, explored how to construct neural networks capable of learning. This line of work bore no relation to the computers of the time; giant calculating machines performing highly specific tasks for a few major institutions. Minsky described them thus in a 1982 essay: “...when computers first appeared, their designers intended them

Para Minsky, todo rasgo del cerebro humano acabará siendo emulado por una máquina. Al fin y al cabo, la inteligencia emerge de la interacción de partes no inteligentes. La auténtica inteligencia artificial aún tardará, pero el rastro de ideas que deja al avanzar ha inspirado la explosión de diversidad de los ordenadores y su conquista de los espacios vitales.

For Minsky, every function of the human brain will one day be emulated by a machine. For intelligence, after all, arises from the interaction of non-intelligent parts. True artificial intelligence still lies in the future, but the flow of ideas generated in its advance have inspired the explosion of digital diversity and its conquest of our daily lives.

ordenadores, sus diseñadores esperaban de ellos que no hicieran más que grandes operaciones de cálculo (...). Por eso se las llamó *computadoras*. Pero incluso entonces unos pocos pioneros tuvieron la visión de lo que hoy llamamos inteligencia artificial o IA. Se dieron cuenta de que los ordenadores pueden ir más allá de la aritmética y quizás imitar los procesos del cerebro humano».

La inteligencia artificial nace oficialmente en una conferencia sobre ciencias de la computación en el Dartmouth College (New Hampshire, Estados Unidos) en 1956. Figuran junto a Minsky, en el podio de padres de la nueva disciplina, John McCarthy — quien acuñó la expresión *inteligencia artificial* —, Allen Newell y Herbert Simon. Es una época de optimismo por los avances en programación que empiezan a dar resultados: se desarrollan programas para cálculo integral, para álgebra... Minsky es citado en los años sesenta afirmando que «en una generación, el problema de crear inteligencia artificial estará básicamente resuelto». Sin embargo, ya entonces Minsky sabía que en la estrategia del momento en pos de la IA había un talón de Aquiles: sus máquinas resolvían avanzados problemas matemáticos, «pero no teníamos un sistema [capaz de entender] que una cuerda sirve para tirar pero no para empujar, o que normalmente a la gente no le gusta mojarse y por eso usa paraguas cuando llueve, pero no cuando va a la piscina...», ha declarado en una entrevista en *Web of Stories*. Y es que Minsky ha sido un pionero absoluto en la aspiración de dotar a los ordenadores de sentido común. ¿Cómo enseñar a un ordenador lo que los niños pequeños aprenden solos? «Raramente apreciamos la maravilla que supone que una persona pueda pasar toda su vida sin cometer un error realmente grave, como meterse un tenedor en el ojo o salir por la ventana en lugar de por la puerta», escribe Minsky en una de sus obras más conocidas, *La sociedad de la mente*.

En 1959 Minsky ingresa en el MIT y funda junto con McCarthy el Laboratorio de Inteligencia Artificial. En su currículo ya hay logros muy palpables: la primera red neuronal capaz de aprender, SNARC, un dispositivo construido con tubos de vacío (1951), y el microscopio confocal (1955), que muestra imágenes tridimensionales, muy usado hoy en biología. Enseguida llegarán muchos más, como el primer visualizador de gráficos que se lleva en la cabeza (1963), un brazo robótico (1967) — actualmente en el Museo de Ciencias de Boston — o un pequeño robot,

for nothing except to do huge, mindless computations. That's why the things were called 'computers'. But even then, a few pioneers were envisioning what we now call artificial intelligence or AI. They saw that computers might possibly go beyond arithmetic, and maybe imitate the processes that go on inside human brains.”

Artificial intelligence officially came into being as a discipline at a computer science conference in Dartmouth College (New Hampshire, United States) back in 1956. Accompanying Minsky on the founders' platform were John McCarthy — inventor of the term — Allen Newell and Herbert Simon. These were times of optimism. Advances in programming were beginning to yield results, in the form of software for integral calculus, algebra, etc. And Minsky is quoted as saying in the 1960s that “within a generation, the problem of creating artificial intelligence will substantially be solved.”

Even then, however, he knew that the strategy being pursued to achieve AI had its Achilles' heel: the machines could solve advanced math problems, “but we didn't have a system [capable of understanding] that you can pull with a string, but you can't push, or that normally people don't like to get wet so they take umbrellas when it rains, but not when they go swimming...,” he explains in an interview on *Web of Stories*.

What is missing is common sense, and Minsky has led the quest to endow computers with this elusive quality. How to teach a computer tasks that come easily to the youngest child? “We rarely recognize how wonderful it is that a person can traverse an entire lifetime without making a really serious mistake, like putting a fork in one's eye or using a window instead of a door,” writes Minsky in one of his best-known works, *The Society of Mind*.

In 1959, Minsky joined the faculty at MIT, where he and McCarthy co-founded the Artificial Intelligence Laboratory. His curriculum was by then already rich in practical achievements: the first neural network learning machine, SNARC, a device made out of vacuum tubes (1951); and the confocal scanning microscope (1955), still widely used in biology for its ability to reconstruct 3D images. And the list would continue with new contributions like the first head-mounted graphical display (1963); a robotic arm (1967), now on show at Boston's Museum of Science; or a small computer-controlled robot, the LOGO “turtle” (1972), which draws as it moves. And of course Minsky did

la *LOGO Turtle* (1972), que hace dibujos al moverse y se controla desde el ordenador. Pero por supuesto Minsky no limita su creatividad al laboratorio: amante de la ciencia ficción, asesora a Stanley Kubrick en *2001: Una odisea en el espacio* (1968) y sugiere a Michael Crichton la trama de *Parque jurásico* (1990).

Sin embargo, el éxito del Laboratorio de Inteligencia Artificial no evita que la disciplina tropiece con la complejidad de su ambicioso objetivo. En las décadas de los ochenta y noventa queda claro que es más fácil para una máquina resolver operaciones complejas que desarrollar sentido común, y que emular el cerebro humano llevará tiempo. Minsky, mientras, sigue haciendo contribuciones valiosas en el plano conceptual. En 1974 publica su teoría de los marcos (*frames*), que propone que el conocimiento se representa en función de estereotipos (marcos) previamente adquiridos. Los marcos funcionan como depósitos organizados de conocimiento y experiencias anteriores que facilitan el procesamiento de la información. El lenguaje de marcos es hoy una herramienta de la IA.

Después llega *La sociedad de la mente* (1987): la inteligencia, explica Minsky, surge de la interacción de muchas partes no inteligentes. Y las emociones — *La máquina de las emociones* (2006) — son simplemente el resultado de un nivel distinto de procesamiento mental.

Esta visión implica que una inteligencia como la humana será el resultado del devenir natural de las cosas: al conocer mejor el funcionamiento del cerebro construiremos máquinas más inteligentes que a su vez nos ayudarán a entender mejor el cerebro. El bucle acaba en el dilema de crear, o no, máquinas más inteligentes que nosotros: «Somos afortunados teniendo que dejar esa decisión a las generaciones futuras. (...) Hoy por hoy solo hay una cosa cierta: quien diga que hay diferencias básicas entre la mente de los hombres y las máquinas del futuro se equivoca». Mientras el futuro llega, en el presente triunfa la tecnología heredera de la IA. *Drones* y coches sin piloto; sistemas para el diagnóstico médico; aplicaciones en robótica... Y reinando sobre todo ello los ordenadores, que de máquinas con propósito específico exclusivas de grandes empresas —y tras sufrir una explosión de diversidad digital— han pasado a ser la primera herramienta universal y ubicua, el mejor amigo del hombre en todos sus espacios vitales. ¿Habrà algún futuro HAL que recuerde en su genealogía a nuestros PC, tabletas y *smartphones*?

not confine his creative impulse to the lab: a fan of science fiction, he was an advisor to Stanley Kubrick on *2001: A Space Odyssey* (1968) and gave Michael Crichton the underlying idea for *Jurassic Park* (1990).

However, the success of the Artificial Intelligence Laboratory could not disguise the fact that the discipline was struggling to meet its formidable goals. In the 1980s and 1990s, it became increasingly evident that it is easier for a machine to solve complex operations than to develop common sense, and that it would take time to emulate the human brain.

Minsky, meantime, continued to do his bit on the conceptual plane. In 1974, he published a theory postulating that knowledge can be represented by previously acquired stereotypes or frames. Frames function as organized deposits of earlier knowledge and experience that enable us to process information. And the language of frames is now a well-established AI tool.

Next came *The Society of Mind* (1987): intelligence, Minsky argues, arises from the interaction of myriad non-intelligent parts. And emotions — *The Emotion Machine* (2006) — are simply the product of a different level of mental processing, another way of solving problems.

What this implies is that a human-like intelligence may even arise from the natural flow of progress: as we come to understand more about the workings of the brain we will build smarter machines that, in turn, will teach us more about the brain, and so forth. The loop will continue until we are faced with the dilemma of whether or not to create machines more intelligent than us. “We are fortunate to be able to leave that decision to future generations (...). But right now one thing is sure: there’s something wrong with any claim to know, today, of any basic differences between the minds of men and those of possible machines.”

Until this future arrives, the present belongs to the technology inherited from AI. Drones and driverless cars, medical diagnostic systems, applications in robotics... And ruling them all, computers. An explosion of digital diversity has transformed these single-purpose machine minds, exclusive to large corporations, into the first universal and ubiquitous device, man’s best friend in every area of life. Will there be some future HAL that traces its genealogy to our PCs, tablets and smartphones?





Georg Gottlob

Presidente del jurado

Es catedrático de Ciencias de la Computación en la Universidad de Oxford y catedrático adjunto en Ciencias de la Computación en la Universidad Tecnológica de Viena. 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). 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 y profesor de investigación del CSIC. 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 (2007-2009). Entre otros premios, ha recibido el European Artificial Intelligence Research Award y en 2011 el Robert S. Engelmore Memorial Lecture Award de la AAAI.

Secretary of the Jury

Director of the Artificial Intelligence Research Institute of the Spanish National Research Council (CSIC). Member of the editorial board of numerous journals and formerly 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 (2007-2009), his awards include the European Artificial Intelligence Research Award and the 2011 AAAI Robert S. Engelmore Memorial Lecture Award.



Oussama Khatib

Es catedrático de Informática en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad de Stanford, donde dirige el Grupo de Investigación sobre Robótica. Ha publicado más de doscientos 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.

Professor of Computer Science in the Artificial Intelligence Laboratory at Stanford University, where he heads the Robotics Research Group. His current research is in human-centered robotics (with over 200 articles published on the subject), haptic interactions, artificial intelligence, human motion synthesis and animation. President of the International Foundation of Robotics Research, he is also coeditor 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), donde dirige el Departamento de Procesamiento del Conocimiento e Ingeniería del Lenguaje. 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 International Fuzzy Systems Association, del European Coordinating Committee for Artificial Intelligence y del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Professor in the Department of Computer Sciences at the University of Magdeburg (Germany), where he heads the Department of Knowledge Processing and Language Engineering. His research work encompasses statistics, artificial intelligence, expert systems, artificial neural systems, fuzzy systems and information mining, and has led to a number of industrial applications. Fellow of the International Fuzzy Systems Association, European Coordinating Committee for Artificial Intelligence and the IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).



Mateo Valero

Es director del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación y catedrático del Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña. Su investigación abarca organización y diseño de procesadores vectoriales avanzados y superescalares, entre otras áreas. Autor de más de seiscientos artículos, ha sido editor asociado en revistas como *IEEE Micro Journal*. Es premio Eckert-Mauchly, el más relevante a nivel mundial en arquitectura de los computadores, y *fellow* del IEEE.

Director of the Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación and a professor in the Computer Architecture Department of the Technical University of Catalonia (UPC). His research encompasses the design and organization of advanced vector and superscalar processors, among other topics. Author of over 600 papers and a former associate editor on various journals, including *IEEE Micro Journal*, he holds the Eckert-Mauchly Award — a leading international honor in the computer architecture field — and is a fellow of the IEEE.



Joos Vandewalle

Es catedrático del Departamento de Ingeniería Eléctrica (ESAT) de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica) y director de la SCD, división de la ESAT que investiga en señales, identificación, teoría de sistemas y automatización, seguridad informática y criptografía industrial, y arquitectura de documentos. Su trabajo se centra en la teoría de circuitos, control, procesamiento de señales, criptografía y redes neuronales. Es, entre otras distinciones, *fellow* del IEEE y de la European Association for Signal Processing.

Professor in the Department of Electrical Engineering (ESAT) at the University of Leuven (KU Leuven, Belgium) and Head of SCD, an ESAT division working on signals, identification, system theory and automation, computer security and industrial cryptography, and document architectures. His current research centers on mathematical system theory and its applications in circuit theory, control, signal processing, cryptography and neural networks. Fellow of the IEEE and the European Association for Signal Processing.

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Information and Communication Technologies

Acta del jurado

Marvin Minsky es uno de los padres fundadores de la inteligencia artificial. Cuenta con un amplio reconocimiento tanto por sus aportaciones a la manipulación simbólica como a la emulación del cerebro y a algo quizá más importante, la conexión entre ambas. Sus trabajos sobre el aprendizaje de las máquinas en sistemas que integran la robótica, el lenguaje, la percepción y la planificación, además de la representación del conocimiento basada en *frames*, han conformado el campo de la inteligencia artificial.

Los trabajos de Minsky sobre inteligencia artificial a través de la emulación del cerebro comenzaron con su tesis doctoral y han continuado a lo largo de sus trabajos con perceptrones, que son simples dispositivos computacionales. Ya en 1951 construyó un sistema de aprendizaje de refuerzo mediante redes neuronales estocásticas, la primera implementación en *hardware* de una red neuronal artificial. En 1969 Minsky demostró, junto con Seymour Papert, algunas de las limitaciones fundamentales de los primeros modelos de redes neuronales.

Su obra seminal, *Steps toward artificial intelligence* (publicada en 1961), establecía que la manipulación simbólica, un planteamiento de la inteligencia artificial basado en representaciones simbólicas del conocimiento, debía ocupar un papel central en cualquier intento por comprender la inteligencia humana. Según Minsky, los componentes de los planteamientos simbólicos de la inteligencia artificial son la búsqueda heurística, el reconocimiento de patrones, el aprendizaje, la planificación y la inducción.

En 1974 Minsky publicó el conocido estudio *A framework for representing knowledge*. Esta obra seminal introdujo el concepto de *frames*, una forma de representar las relaciones jerárquicas entre conceptos. La teoría de *frames* no solo supuso una nueva forma de modelizar el pensamiento humano, sino que tuvo un acusado impacto en inteligencia artificial, así como en psicología cognitiva. Este estudio ha influido además en el paradigma de la programación orientada a objetos.

A comienzos de los setenta, Minsky, en colaboración con Seymour Papert, inició su teoría sobre cómo funciona la mente: la sociedad de la mente. La teoría de la sociedad de la mente contempla la mente humana y cualquier otro sistema cognitivo evolucionado de forma natural como

Jury's citation

Marvin Minsky is one of the founding fathers of artificial intelligence. He is widely recognized for his contributions to both symbol manipulation and to brain mimicry, and perhaps most importantly to the connection between them. His work on machine learning, on systems integrating robotics, language, perception and planning, as well as on frame-based knowledge representation, shaped the field of artificial intelligence.

Minsky's work on artificial intelligence through brain mimicry began with his PhD thesis and continued through his work on perceptrons, which are simple computational devices. Already in 1951, he built a stochastic neural network reinforcement learning system, the first hardware implementation of an artificial neural network. In 1969, Minsky proved, with Seymour Papert, some fundamental limits of early neural network models.

His seminal paper, "Steps Toward Artificial Intelligence" (published in 1961), established symbol manipulation, an approach to artificial intelligence based on symbolic knowledge representation, to be at the center of any attempt at understanding human-level intelligence. According to Minsky, the components of symbolic approaches to artificial intelligence are: heuristic search, pattern recognition, learning, planning and induction.

In 1974, Minsky published a landmark paper entitled "A Framework for Representing Knowledge". This seminal paper introduced the notion of frames, a way of representing hierarchical relations between concepts. The theory of frames offered not only a fresh way of modeling human thinking, but also had high impact on artificial intelligence as well as in cognitive psychology. This paper has also influenced the object-oriented programming paradigm.

In the early 1970s, Minsky, with Seymour Papert, initiated his theory of how the mind works, the society of mind. The society of mind theory views the human mind and any other naturally evolved cognitive systems as a vast society of cooperative simple processes called agents, no one of which is intelligent by itself. According to this theory, these processes are the fundamental thinking entities from which minds are built. Minsky's 1987 book *The Society of Mind* will continue to serve as a rich source of ideas to be mined for years to come.

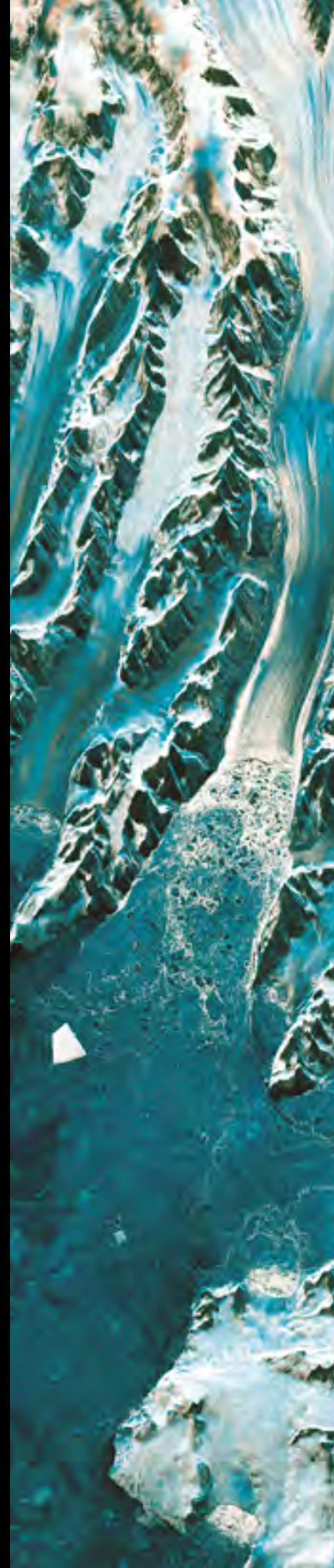
una vasta sociedad de procesos cooperativos simples llamados *agentes*, ninguno de los cuales es inteligente en sí mismo. Según esta teoría, estos procesos son las entidades fundamentales de pensamiento de las que está construida la mente. La obra *La sociedad de la mente*, que Minsky publicó en 1987, seguirá siendo una rica fuente para extraer ideas en los años venideros.

Las ideas contenidas en *La sociedad de la mente* fueron desarrolladas en profundidad en su libro *La máquina de las emociones: sentido común, inteligencia artificial y el futuro de la mente humana* (2006). El énfasis de Minsky en el *sentido común* se centra en los aspectos exclusivamente humanos de lo que hace la mente. Revela algunas de las capacidades humanas evolucionadas más importantes, incluyendo el lenguaje, la percepción y la acción. Explicar el sentido común es, probablemente, el problema de más difícil solución en el campo de la inteligencia artificial. Minsky ha sido uno de los autores que más ha contribuido a la comprensión del conocimiento a través del sentido común, y uno de los principales promotores de esta área. Más allá de la inteligencia artificial, Minsky ha realizado aportaciones de enorme influencia que abarcan muchos otros campos, como las matemáticas, la ciencia de la computación, la robótica, la filosofía y la ciencia cognitiva. Es también cofundador, junto a John McCarthy, del primer laboratorio de inteligencia artificial, el AI Lab del Massachusetts Institute of Technology (MIT), y ha desempeñado un papel esencial a la hora de fundar el Media Lab, también en el MIT. La lista de sus antiguos alumnos incluye a muchos de los principales investigadores en inteligencia artificial de la actualidad. Las aportaciones de alto impacto de Minsky han servido de inspiración a investigadores de todo el mundo.

The ideas contained in *The Society of Mind* were further developed in his book entitled *The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind* (2006). His emphasis on “common sense” focuses on the uniquely human aspects of what minds do. This reveals some of our most important evolved human abilities, which include language, perception and action. Explaining common sense is probably the hardest unsolved problem in artificial intelligence. Minsky has been a leading contributor to the understanding of common sense knowledge, and a major promoter of this area.

Beyond artificial intelligence, Minsky’s influential contributions span many other fields, including mathematics, computer science, robotics, philosophy and cognitive science. He is also the co-founder, with John McCarthy, of the first AI Lab, at Massachusetts Institute of Technology (MIT), and played a major role in establishing the Media Lab, also at MIT. The list of his former students includes many of today’s top artificial intelligence and computer science researchers. Minsky’s high-impact contributions have inspired researchers all over the world.

Para esto sirve la ciencia
What science is for





A todo aquel que en algún momento se haya preguntado por qué es necesaria la ciencia, por qué vale la pena esforzarse por saber, le habrá bastado seguir la actualidad del pasado marzo para encontrar respuestas. No una, sino dos buenas, rotundas, absolutas, definitivas respuestas. ¿Discutiría alguien el valor de descubrir cómo empezó todo? ¿Y la importancia de pronosticar cómo afectarán al planeta, y a nosotros, los cambios en el clima a medio y largo plazo? Este año, con apenas unos días de diferencia, dos grupos de científicos en la primera fila de la investigación mundial —en la frontera— han comunicado a la sociedad avances probablemente históricos en ambas cuestiones. Para eso sirve la ciencia.

El formato de los anuncios fue el mismo: dos ruedas de prensa en las que periodistas expectantes escucharon atentos el relato de los descubridores. El tono de ambos actos, sin embargo, fue muy distinto. El 17 de marzo a mediodía en la Universidad de Harvard (Boston, Estados Unidos), seis astrofísicos explicaron la detección de ondas gravitatorias procedentes del big bang con la excitación de un niño que cuenta emocionado un hallazgo sorprendente. Hubo bromas, risas y el ambiente triunfal típico de cuando se confirma un rumor que llevaba días hormigueando en las mentes de físicos de todo el mundo. No había alegría, en cambio, sino una seria y solemne calma, en los rostros de los siete expertos que el 31 de marzo a las 9 de la mañana en Yokohama (Japón) presentaron el Quinto Informe del grupo de trabajo II del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). «Hemos evaluado los impactos que están teniendo lugar ya en todos los continentes y océanos, y a la vista de ellos y de los que se prevén para el futuro, me gustaría resaltar que nadie en este planeta escapará a los efectos del cambio climático», dijo Rajendra K. Pachauri, presidente del IPCC. Christopher Field, líder del grupo autor del trabajo y uno de los protagonistas de este catálogo, completó el mensaje: el futuro es sin duda complejo, pero no sin salida; existen soluciones para construir una sociedad más resistente y segura para todos (pero hay que aplicarlas).

Así pues, para eso sirve la ciencia. Para la explosión de alegría que sigue al descubrimiento y para la clarividencia que otorga el conocer a fondo un problema, el paso previo a hacerle frente. Son fines relacionados —descubrir y crear un mundo mejor—, como demuestran los logros de los galardonados en esta edición de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento.

Solo por el deseo de saber más Adrian Bird empezó a investigar cómo se codifica la información necesaria para construir un ser vivo, y ahora es autor de un descubrimiento con gran potencial clínico. El empeño en penetrar en la

materia hasta llegar a visualizar los átomos impulsó a Harald Rose, Maximilian Haider y Knut Urban a enfrentarse a un viejo reto y salir triunfantes con un nuevo tipo de microscopio bajo el brazo, muy útil para crear los materiales que demanda la sociedad tecnológica. La fascinación de Marvin Minsky por el cerebro humano y su aspiración de construir una máquina que lo emule han alimentado décadas de avances prácticos y conceptuales en la sociedad de la información. Y fue una pura observación casual, de nuevo fruto de la curiosidad, la que permitió a Paul Ehrlich desvelar mecanismos ecológicos importantes para la gestión y la protección de la biodiversidad.

Mejora de la salud, de los materiales, de la tecnología, de nuestra propia conservación y la del entorno. Para todo eso sirve la ciencia. Ahora bien, ¿hay un envés en el argumento? ¿Hay algo para lo que no sirva la ciencia? La pregunta, en el filo entre lo trivial y lo insondablemente profundo, se cataloga en la misma categoría que otras: ¿Por qué una sociedad que se nutre de conocimiento no logra eliminar la pobreza? ¿Qué revela la investigación de nuestro código genético sobre la naturaleza humana? ¿Por qué una crisis económica no vacuna contra la siguiente? O, volviendo al cambio climático, ¿por qué saber lo que va a ocurrir no implica tomar medidas?

Son retos simples y hasta infantiles de formular, no tanto de abordar. En ellos la ciencia no aporta respuestas rotundas, bien porque la complejidad la supera — ¿qué capacidad de cálculo debería tener un ordenador para simular la toma de decisiones de los miles de millones de habitantes del planeta? —, bien porque la solución exige conocer el futuro. Pero nadie debería sentirse defraudado. Ciencia es también una manera de enfocar, un método, el esfuerzo por saber lo máximo posible. Por eso la ciencia es uno de los ingredientes en la labor de Pratham, la ONG que ha logrado mejorar la educación de millones de niños desfavorecidos en la India. Y lo es igualmente en la trayectoria de Elhanan Helpman, cuyos modelos económicos han transformado las teorías del comercio internacional y han abierto nuevas formas de entender la globalización y el crecimiento. También para eso sirve la ciencia.

Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento son una celebración de esa inmensidad. De la ciencia como forma de pensamiento y de visión del mundo; como método de trabajo y de búsqueda de soluciones; como elixir adictivo para la curiosidad; incluso como fuente de placer. Tanto al menos como la música de Steve Reich, que se mueve por el espacio y el tiempo lo bastante como para vincular Indonesia y Ghana, a Zubin Mehta y David Bowie, y establece así toda una nueva topología para las fronteras de la creación. Que es también conocimiento.

For anyone who has ever wondered why we need science, or why it is worth striving to acquire knowledge, a glance at last March's news pages would supply some answers. Not one, but two good, firm, complete and definitive answers. For who could doubt the value of learning how this all began? Or the importance of being able to predict how medium- and long-term changes in climate will affect the planet, and ourselves? This year, just a few days apart, two groups of scientists at the leading edge — the frontier — of world research publicly announced what promise to be historic advances on both fronts. And that is what science is for.

The announcement format was the same in both cases: two press conferences with expectant journalists listening attentively to the discoverers recount their story. Their tone, however, was very different. At noon on March 17, in Harvard University, Boston, USA, six astrophysicists described their detection of gravitational waves dating back to the Big Bang with all the excitement of a child blurt-ing out some thrilling discovery. There were jokes, laughter and a certain mood of triumph as the rumor buzzing for days around the world physicist community was finally confirmed. By contrast, the faces of the six experts gathered in Yokohama, Japan, at 9 a.m. on March 31 expressed not happiness but a calm solemnity. They were there to present the fifth report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "We have assessed impacts as they are happening on all continents and oceans, and in view of these impacts and those we have projected for the future, nobody on this planet is going to be untouched by the effects of climate change," were the words of IPCC Chairman Rajendra K. Pachauri. Christopher Field, a co-chair of the group producing the report and one of the names featured in this year-book, rounded off the message: the future is uncertain but not without remedy; solutions are available to build a safer, more resilient world for all (but they need to be applied).

So that, in effect, is what science is for. The explosion of joy that follows a discovery and the clarity of vision that comes from dissecting a problem before going on to address it. That the goals of discovery and creating a better world are interrelated is amply demonstrated by the roll of laureates in this edition of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards.

It was the desire to understand that set Adrian Bird investigating how the information that goes to make a human being is encoded, and he is now author of a discovery with immense clinical potential. The desire to probe matter deeply enough to reveal the atoms

persuaded Harald Rose, Maximilian Haider and Knut Urban to revisit an old challenge, from which they emerged holding aloft a new kind of microscope that can help create the materials needed by our technological society. Marvin Minsky's fascination for the human brain and desire to build a machine capable of emulating it have provided the thought behind decades of practical and conceptual advances in the information society. And it was a chance observation, again the product of curiosity, that led Paul Ehrlich to the description of ecological mechanisms of vital importance for the management and protection of biodiversity.

The improvement of health, materials and technology, and the preservation of ourselves and our environment. Science serves all these ends. But what if we turn the argument round and ask about what science cannot do? The question, poised between the trivial and the unfathomably deep, takes its place beside others in the same category: Why is a society driven by knowledge unable to defeat poverty? What does the study of our genetic code reveal about human nature? Why does one economic crisis not inoculate us against the next? Or, returning to climate change, if we know what is coming, why don't we take action?

Simple to say, perhaps even ingenuous, but by no means simple to act on; these are challenges for which science has no straightforward answers. Either because their complexity is too great — what calculating capacity would a computer need to simulate the decision-making of our planet's billions of inhabitants? — or because the solution demands foreknowledge of the future. But no one should feel let down. Science is also a way of looking, a method, the effort to understand as much as possible. That is why science is an ingredient in the work done by Pratham, the NGO that has given millions of disadvantaged children in India a better education. And in the career path of Elhanan Helpman, whose economic models have transformed world trade theory and unlocked new ways of understanding globalization and growth. There too, science has much to offer.

The BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards are a celebration of the greatness of science. As a form of thought and a way of seeing, as a method of inquiry and a route to solutions; as an addictive elixir for the curious. Even as a fount of pleasure. As too is the music of Steve Reich, which moves through space and time with the freedom to connect Indonesia and Ghana, Zubin Mehta and David Bowie, establishing a new topology for the frontiers of creation. Which is also knowledge.

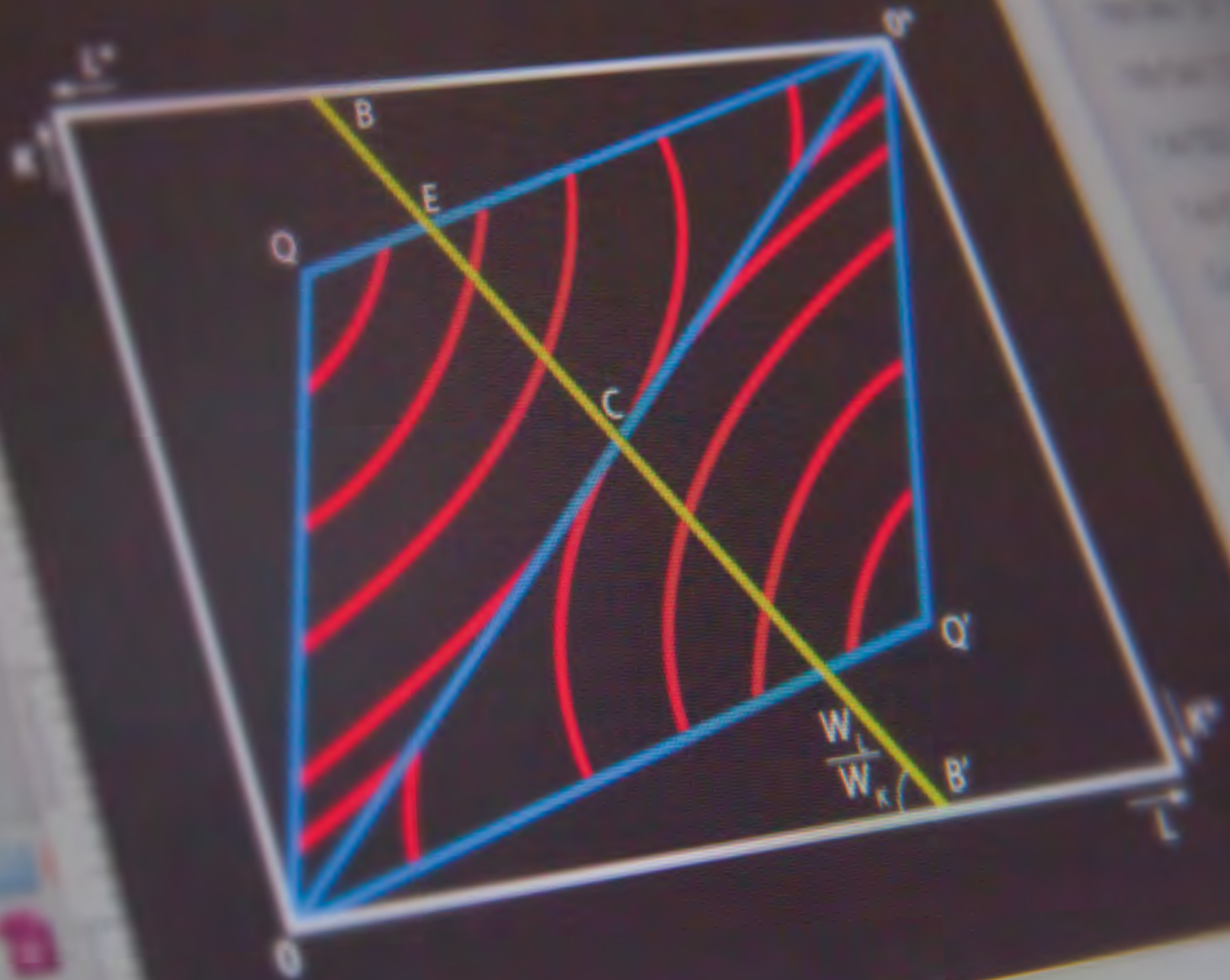
«La construcción de modelos es un arte incluso cuando aborda problemas científicos. Cuesta pensar que la economía se hubiera podido desarrollar como lo ha hecho sin buenos modelos teóricos.»

“Model building is an art, even when it addresses scientific problems. It’s hard to imagine that the economy could have progressed as it has without good theoretical models.”

Elhanan Helpman

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

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





Elhanan Helpman

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

**Economía, Finanzas y
Gestión de Empresas**

El gigante de los modelos económicos

«La construcción de modelos es un arte incluso cuando aborda problemas científicos. Cuesta pensar que la economía se hubiera podido desarrollar como lo ha hecho sin buenos modelos teóricos». Si el economista Elhanan Helpman no pensara de esta manera, tal vez la nueva teoría del comercio internacional o la teoría del crecimiento no habrían experimentado un innovador avance conceptual, e interrogantes como ¿por qué un país crece más rápidamente que otro? o ¿por qué comercian los países? seguirían recibiendo respuestas parciales. Por «sus aportaciones esenciales al conocimiento de la moderna economía internacional y del crecimiento económico», el jurado le ha concedido el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas.

Insatisfecho con las teorías sobre el comercio que le habían enseñado en la universidad allá por la década de los setenta, este economista israelí (Dzalabad, antigua Unión Soviética, 1946) decidió reconsiderarlas. En sus primeras investigaciones reparó en que los datos de flujos comerciales no podían explicarse con la entonces vigente teoría de la ventaja comparativa: «Observé que la mayoría de las transacciones comerciales se producían entre países de similar nivel de desarrollo, sin fuertes ventajas competitivas entre sí y entre productos pertenecientes a una misma industria». ¿Cómo podía ser que muchas industrias vieran crecer sus exportaciones e importaciones de forma simultánea? La explicación que le vino a la mente era simple: «los productos con los que comercian entre sí las mismas industrias son diferenciables». Este punto de vista le sirvió también para explicar el papel creciente de las multinacionales en la economía internacional.

Su interés por conocer los datos y comprender los fenómenos del mundo real le ha llevado a trabajar en lo que califica como su *ventaja comparativa*: el desarrollo de

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

**Economics, Finance
and Management**

A master of economic modeling

“Model building is an art, even when it addresses scientific problems. It’s hard to imagine that the economy could have progressed as it has without good theoretical models.” If economist Elhanan Helpman had thought differently, the new trade theory or the theory of economic growth might never have experienced an innovative conceptual advance, and we would be left with only partial answers to questions such as why do some countries grow faster than others? or why do countries trade? It was for these “fundamental contributions to the understanding of modern international economics and of economic growth,” that the jury granted him the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Economics, Finance and Management category.

Finding himself less than convinced with the trade theories taught at universities back in the 1970s, this Israeli economist, born in Dzalabad, in the former Soviet Union, in 1946, decided it was time to consider them afresh. And he soon observed that data on trade flows could not be explained with the then current theory of comparative advantage: “I noted that most foreign trade takes place between countries at similar levels of development, with no strong comparative advantage, and in products belonging to the same industries.” How could it be that numerous industries were seeing their exports and imports expand in tandem? The reason that occurred to him was simplicity itself, building on the notion that “products traded within industries are differentiated.” This view also served to explain the growing role of multinational corporations in the global economy.

His interest in knowing facts and getting to grips with real-world phenomena steered him towards what he calls his own “comparative advantage”: the development of analytical models for understanding economic issues. For, in the words of this theoretical economist, “a good model is

Su interés por conocer los datos y comprender los fenómenos del mundo real le ha llevado a trabajar en lo que califica como su ventaja comparativa: el desarrollo de modelos analíticos para entender los temas económicos. Para Helpman «un buen modelo es aquel capaz de abordar preguntas interesantes y proporcionar respuestas no triviales».

His interest in knowing facts and engaging with real-world situations led him to what he calls his own “comparative advantage”: the development of analytical models for understanding economic issues. For Helpman “a good model is simple enough to focus on the main issues, but rich enough to provide nontrivial answers.”

modelos analíticos para entender temas económicos. Para este economista teórico «un buen modelo es aquel capaz de abordar preguntas interesantes y proporcionar respuestas no triviales». Al mismo tiempo manifiesta su aprecio por el trabajo empírico, como «los trabajos descriptivos que explican con datos lo que ha ocurrido en un país». Por eso, en ocasiones se acompaña de un coautor versado en métodos empíricos.

En 1985 integró sus nuevas teorías del comercio internacional y junto a Paul Krugman publicó el libro *Estructura del mercado y comercio internacional*, hoy en día un manual de referencia aunque, según confiesa, no fue concebido con ese objetivo: «Pensamos en integrar varias partes de la teoría del comercio en un marco analítico sencillo, pero una vez empezamos a trabajar nos dimos cuenta de que podíamos mejorarlo significativamente, y decidimos hacer un libro tan completo como se pudiera». Sin duda, sus enfoques han transformado la teoría del comercio internacional, y según destaca el acta del jurado «aportan una sólida base centrada en la teoría de la empresa y de la competencia monopolística».

Helpman hizo también prominentes contribuciones a otras líneas de investigación, como la relación entre el comercio internacional, la inversión extranjera directa y el crecimiento económico. Además estudió políticas económicas y economía política, si bien en el centro de su trabajo siempre ha estado la economía internacional, un «área que te brinda la oportunidad de aportar valiosos y diferentes enfoques sobre temas esenciales». Junto con el economista Gene Grossman publicó en 1991 el libro *Innovación y crecimiento en la economía global*, una de las principales referencias bibliográficas sobre comercio y crecimiento endógeno, que contribuye a la comprensión del crecimiento económico basado en la innovación.

Entre sus méritos, el jurado destaca su modelo teórico de escaleras de calidad (*quality ladders*), que aporta un novedoso análisis sobre cómo la innovación acumulada promueve el crecimiento económico: «Cuando una empresa invierte en nuevos productos o técnicas de producción, contribuye además a un conocimiento sobre el que otras empresas construyen su actividad innovadora. Esto induce un ciclo de crecimiento acumulativo en I+D que, además, reduce los costes futuros de I+D», resume.

Desde 1997 ejerce como catedrático de Comercio Internacional en la Universidad de Harvard, actividad que simul-

simple enough to focus on the main issues, but rich enough to provide nontrivial answers.” He also expresses a deep respect for empirical research, referring to it as “work that tells us, with data, what has happened in a country.” Hence his preference at times for having a co-author well versed in empirical methods.

In 1985, he brought together these new insights in a publication with Paul Krugman titled *Market Structure and Foreign Trade*. The book has since become a standard text within the field, although, as Helpman admits, it was not designed with this in mind: “We started by integrating various parts of the theory into a single analytical framework. Then we realized that we could improve it significantly and decided to broaden the theory as much as possible.” The result, in the words of the Frontiers jury, transformed the theory of international trade “by giving it a strong grounding in the theory of the firm and of monopolistic competition.”

Helpman has also made singular contributions to other lines of research, such as the relationship between international trade, foreign direct investment and economic growth. And he has turned his eye to economic policies and political economy. But at the heart of his work has always been the international economy, an “area that provides an opportunity to explore rich and varying approaches to vital issues.” Along with economist Gene Grossman, he wrote the 1991 book *Innovation and Growth in the Global Economy*, a landmark publication in the literature on trade and endogenous growth that has advanced the understanding of economic growth based on innovation.

Amongst his achievements, the jury cites his theoretical model of “quality ladders”, which, it remarks, provides a novel analysis of how cumulative innovation promotes economic growth. Helpman himself summarizes it thus: “When a company invests in new products and production techniques, it also contributes to general knowledge on which other companies can build their innovations, thereby inducing a cycle of cumulative R&D-based growth by reducing future costs of R&D.”

Professor of International Trade at Harvard University since 1997, he combines this post with his leadership of the Program on Institutions, Organizations and Growth of the Canadian Institute for Advanced Research. But the road traveled has been a long one. Although brought up in

tanea, entre otras, con la dirección del Programa sobre Instituciones, Organizaciones y Crecimiento del Instituto Canadiense de Investigación Avanzada. Pero para llegar aquí ha recorrido un largo camino. Aunque su infancia la pasó en Polonia, su adolescencia la vivió en Israel. Su primera toma de contacto con la economía fue más bien fruto del azar, ya que su vocación se dirigía más hacia la ingeniería. A los 19 años, mientras realizaba en Israel el servicio militar obligatorio, una recluta que asistía a clases de economía le prestó uno de los grandes manuales de análisis económico de entonces, *Economía: una introducción a su análisis*, de Paul Samuelson: «Comencé a leerlo y no pude parar. Me cautivó su forma de explicar los temas sociales y sus métodos analíticos. Cuando lo terminé sabía que la economía era lo que más me interesaba... y aún sigo cautivado con esos temas».

Esa fascinación la trasladó de forma rigurosa a sus estudios. Helpman se graduó en Economía por la Universidad de Tel Aviv con la máxima calificación académica y, atraído por la presencia de destacados economistas en las escuelas estadounidenses, partió en 1971 a la Universidad de Harvard para especializarse en teoría económica. Finalizada su tesis regresó a Israel en 1974 con un objetivo en mente que mantendrá en toda su posterior carrera: «Quería hacer investigación».

Durante casi cuatro décadas ha tenido una prolífica y trascendente trayectoria como docente e investigador. Ha firmado más de ciento cuarenta artículos y varios libros de referencia internacional. Su interés por problemas específicos le ha llevado a investigar también en muchos otros campos. En esta última etapa Helpman ha estado trabajando en uno de los grandes temas que centran hoy en día la agenda de debate de muchos gobiernos: la desigualdad. Más en concreto, trabaja en detectar sus fuentes y su interacción con la integración comercial y el crecimiento: «Hemos descubierto que la liberalización del comercio eleva un componente importante de la desigualdad en las primeras fases, pero llegado a un punto se reduce». Aunque está por verse si este estudio se incorporará a su lista de logros, él sigue esforzándose para que así sea. Paciencia, tenacidad y disciplina son tres de sus grandes virtudes: «Soy persistente y resistente, no me doy por vencido en tratar con problemas difíciles. A lo sumo los dejo a un lado, pero vuelvo a ellos más tarde, a veces después de varios años».

Poland, he spent his teenage years in Israel. There he was originally drawn to the study of engineering, but his mind was changed by an act of fate. At the age of 19, during compulsory military service, a female comrade studying economics lent him one of the great books on economic analysis: Paul Samuelson's *Economics: An Introductory Analysis*: "I started to read it and couldn't stop. I was struck by his way of explaining social issues as well as his analytical methods. By the end of the book I knew that it was economics that interested me most... and I love it to this day."

This fascination had its reflection in a brilliant academic record. Helpman graduated in economics with the highest honors from the University of Tel Aviv, and in 1971 moved on to Harvard University, where he specialized in economic theory under some of the names he most admired. Three years later, after earning his PhD, he returned to Israel with a purpose he would maintain throughout his professional life: "I wanted to do research."

For almost four decades he has pursued a prolific and increasingly influential career as a teacher and researcher, penning more than 140 papers and a number of internationally renowned books. His interest in specific issues has led him to extend his research into numerous other fields. Lately, Helpman has been concerned with one of the big items on governments' policy agendas, the question of inequality, with a focus on its sources in a globalized world and how it interacts with trade integration and growth. "We have found that a substantial component of inequality rises in the initial phases of trade liberalization, but turns down once a certain point is reached." Although it remains to be seen whether this study will join his long list of achievements, it will certainly not be for lack of trying. Patience, tenacity and discipline are three virtues he has put into practice all his life. "I am persistent and resilient; I do not give up on dealing with difficult issues. At most I put aside difficult problems, but I come back to them later, sometimes after several years."





Kenneth Arrow

Presidente del jurado

Es catedrático emérito de Economía y de Investigación Operativa en la Universidad de Stanford. Su teorema de la imposibilidad le convirtió en el creador de la moderna teoría económica de la elección social y le llevó a obtener el Premio Nobel de Economía. Introdutor de los conceptos de riesgo moral y selección adversa, las bases para la teoría de la información en economía y la medida de aversión al riesgo Arrow-Pratt, investiga en teoría de precios, economía dinámica con incertidumbre y economía medioambiental.

Chair of the Jury

Emeritus Professor of Economics and of Operations Research at Stanford University. His impossibility theorem placed him at the forefront of the modern economic theory of social choice and earned him the Nobel Prize in Economics. Also known for developing the concepts of moral hazard and adverse selection, his pioneering scholarship on the economics of information, and the Arrow-Pratt measure of risk aversion, he is currently researching on economic price theory, dynamic economics with uncertainty, and environmental economics.



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 European Economic Association y actualmente preside la Econometric Society. 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*, co-director del *Journal of Applied Econometrics* y copresidente del Congreso Mundial de la Econometric Society (2010).

Secretary of the Jury

Professor of Econometrics in the Center for Monetary and Financial Studies of Banco de España, he previously taught at Oxford University and the London School of Economics. President of the European Economic Association in 2013, he now occupies the same office in the Econometric Society. 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).



Andreu Mas-Colell

Es catedrático de Economía en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona (España). Ha sido profesor e investigador en las universidades de California-Berkeley y Harvard, así como editor, entre otras, de la revista *Econometrica*. Es *fellow* de la Econometric Society, *Foreign Associate* de la National Academy of Science (Estados Unidos) y premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2009. En 2009 y 2010 fue secretario general del European Research Council. Es consejero de Economía y Conocimiento de la Generalitat de Catalunya.

Professor of Economics at Pompeu Fabra University (Spain), he has held research and teaching posts at UC 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. From 2009 to 2010 he served as Secretary General of the European Research Council, and is currently Minister of Economy and Knowledge with the Catalanian Government.



Albrecht Ritschl

Es catedrático de Historia de la Economía en la London School of Economics. Es *fellow* de los programas de Macroeconomía Internacional e Historia de la Economía del Centro de Investigación en Política Económica (Londres) y del Programa de Macroeconomía del CESifo (Múnich), así como miembro del Consejo Científico Asesor del Ministerio de Comercio Federal Alemán. Su principal área de investigación es la Gran Depresión del periodo de entreguerras, en particular en lo que se refiere a la deuda alemana y las políticas monetarias y laborales de Estados Unidos.

Professor of Economic History at the London School of Economics. A fellow of the International Macroeconomics and Economic History programs of the Centre for Economic Policy Research (London) and the Macroeconomics Program of CESifo (Munich), he is also a member of the Scientific Advisory Board of the German Federal Ministry of Commerce. His main area of research is the Great Depression of the inter-war years, focusing on the German debt default and U.S. monetary and labor policies.



Jean Tirole

Presidente de la Fundación Jean-Jacques Laffont en la Toulouse School of Economics (TSE), es director científico del Instituto de Economía Industrial de la Universidad de Toulouse. Sus áreas de investigación son la organización industrial, la teoría de juegos y la macroeconomía, así como las relaciones entre economía y psicología. Ha sido presidente de la Econometrics Society y de la European Economic Association. Es premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2008 en Economía, Finanzas y Gestión de Empresas.

Chairman of the Fondation Jean-Jacques Laffont at Toulouse School of Economics (TSE) and Scientific Director of Toulouse University's Institute for Industrial Economics (IDEI). 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, he holds the 2008 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in Economics, Finance and Management.

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Economía, Finanzas y Gestión de Empresas

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Economics, Finance and Management

Acta del jurado

El jurado otorga este premio a Elhanan Helpman por sus aportaciones fundamentales a los campos de la moderna economía internacional y el crecimiento económico. Sus estudios han puesto de relieve el papel de la estructura del mercado y de las empresas multinacionales. Otra de sus aportaciones es el análisis de la competencia entre grupos de interés políticos por la protección. El modelo de Helpman de escaleras de calidad (*quality ladders*) aporta a la literatura especializada su análisis sobre cómo la innovación acumulada promueve el crecimiento económico. Los estudios de Helpman han transformado la teoría del comercio internacional aportándole una sólida base centrada en la teoría de la empresa y de la competencia monopolística. A través de algunas publicaciones, ha puesto las bases para integrar la teoría tradicional de la ventaja comparativa con el comportamiento de las multinacionales y la inversión extranjera directa. Su trabajo impulsó el inicio de una amplia literatura sobre la localización de la producción de bienes finales e intermedios en diferentes países.

Los estudios de Helpman han demostrado la complejidad y los límites de las políticas nacionales sobre comercio en una economía global. Las herramientas de análisis desarrolladas en su investigación han tenido un profundo impacto más allá de la teoría del comercio exterior, ejerciendo influencia tanto en el ámbito de la economía del crecimiento como en el de la economía política. Sus estudios sobre las políticas de protección sugieren que el grado de protección de un sector determinado guarda relación, entre otros factores, con su nivel de organización política, su exposición al comercio exterior y la capacidad de respuesta de los precios domésticos a las variaciones en la protección tarifaria.

Jury's citation

The jury awards the prize to Elhanan Helpman for his fundamental contributions to the understanding of modern international economics and of economic growth. His research has highlighted the role of market structure as well as multinational firms. Another set of contributions analyzes the competition for protection among political interest groups. Helpman's model of quality ladders contributes to the literature analyzing how cumulative innovation promotes economic growth.

Helpman's research has transformed the theory of international trade by giving it a strong grounding in the theory of the firm and of monopolistic competition. In several papers, he laid the foundations for integrating the traditional theory of comparative advantage with the behavior of transnational firms and foreign direct investment. This work helped to initiate a large literature on the location of production of final and intermediate goods across countries.

Helpman's research has demonstrated the complexity and the limits of national trade policy in a globalized economy. The analytical tools developed in his research have had their impact also beyond the realm of foreign trade theory, influencing growth economics and political economy alike. His research on the politics of protection has suggested that an industry's level of protection is related, among other things, to the level of its political organization, its exposure to foreign trade and the responsiveness of domestic prices to variations in tariff protection.

«Lo que me interesa es la perceptibilidad del proceso puesto en marcha: una música donde proceso y sonido sean una y la misma cosa.»

“I am interested in the perceptibility of musical process: music where process and sound are one and the same thing.”

Steve Reich

DRUMMER 1
 DRUMMER 2
 DRUMMER 3
 DRUMMER 4

Hand sticks
 SWITCH TO HARD STICKS
 Hand sticks

DRUMMER 1
 DRUMMER 2
 DRUMMER 3

DRUMMER 1
 DRUMMER 2
 DRUMMER 3

At MEASURE 25 drummer one and two are in unison on the new pattern, and drummer two once again gradually increases his tempo as he slowly moves one quarter note ahead as shown at 26 and, after holding for a little while, again phases ahead another quarter note as shown at 27. After several seconds drummer three enters with soft sticks at 28 in unison with drummer two and then slowly phases one quarter note ahead of drummer two as shown at 29. After several seconds he then phases another quarter note ahead of drummer two as shown at 30. This three drummer relationship is then maintained in measures 31 thru 32 except that drummer four doubles each of the others in turn with his soft sticks allowing each in turn to drop out for a moment, turn their sticks around, and re-enter with hard sticks. At bar 33 thru 34 each drummer, in turn, substitutes two Cs for R's in his pattern, and at 35 all drummers switch together to all Cs in placing their sticks up R's. This three drummer relationship is then maintained in measures 36 thru 38 except that drummer four doubles each of the others in turn with his hard sticks allowing each in turn to drop out for a moment, turn their sticks around, and re-enter with soft sticks. At bar 39 each of the three drummers is doubled by one maracas player. As the measures gradually increase this drum team goes to C, the drummers gradually fade out, leaving the maraca player alone at 40. After several seconds, maracas player two and three gradually increase or decrease their tempo so that in 15 seconds or more they are in unison with player one as shown at 41.



Steve Reich

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Música Contemporánea

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Contemporary Music

61

Un creador que abraza mundos diversos

Steve Reich (Nueva York, 1936), galardonado en la categoría de Música Contemporánea, hace honor al nombre y al espíritu de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento. A lo largo de su trayectoria ha derribado fronteras temporales, geográficas y estilísticas para componer una obra con sello americano que, sin embargo, ha sido reconocida por su capacidad de aglutinar elementos de distintas culturas.

El acta del jurado internacional que falló a favor del músico estadounidense subraya dos motivos principales que vienen a significar, en ambos casos, cómo las propuestas musicales de Steve Reich han disuelto los hábitos y convenciones que establecían barreras entre la música *popular* y la música *culta*, entre las músicas de las viejas tradiciones africanas y orientales y la música de creación occidental. Junto a esto, otros elementos no menos importantes cristalizan en la aportación de Reich y colaboran con fuerza a personalizarla: la utilización de objetos sonoros cotidianos y naturales; las referencias a las ciencias, a las religiones, a las artes plásticas y escénicas (teatro, danza), a las nuevas tecnologías y, en definitiva, al plural pensamiento humano; las referencias a hechos y noticias de su (nuestro) tiempo, con las que suele mostrarse como artista comprometido; el diálogo de su música con los más diversos folclores, con el *jazz*, con el *rock*, con el *pop*..., todo lo cual converge en que la figura de Steve Reich tenga carta de naturaleza en todo el mundo, tanto en las salas de concierto como en grandes espacios abiertos de afluencia masiva, en los medios de comunicación de cualquier orientación, en el entorno de internet... y haya sido protagonista tanto de conciertos de la Filarmónica de Nueva York con Zubin Mehta en el Carnegie Hall, como de videocreaciones de seguimiento masivo en YouTube, como es el caso de la titulada *Hello Steve Reich mix*, de James Murphy, que arranca con su fascinante *Clapping music* para seguir con música de David Bowie.

A creator embracing diverse worlds

Steve Reich (New York, 1936), the latest laureate in the Contemporary Music category, does honor to both the name and spirit of the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards. In his professional enterprise, he has consistently broken through temporal, geographic and stylistic boundaries to compose a body of work that, while recognizably American, is also noted for its ability to fuse elements from different cultures.

The international jury deciding the award cites two main reasons for settling on the U.S. composer. The thread that connects them is the ability of Steve Reich's musical propositions to cut through the habits and conventions that have erected barriers between "popular" and "high" culture, and between the old, traditional musics of Africa and Asia and the music of western creation. But myriad other elements of no less importance come together in Reich's work, and are part of what makes it so intensely personal: the use of everyday, natural sound objects; references to science, religion, the plastic and performing arts (theater and dance), new technologies and, in short, the plurality of human thought; references to news and events from his (our) time, which typically reveal him as a committed artist; and the way his music converses with diverse brands of folk, with jazz, with rock, with pop... For the figure of Steve Reich transits with ease from concert halls to wide, crowded spaces, from communications media of all persuasions to the Internet space, and is equally at home headlining concerts at the Carnegie Hall with Zubin Mehta and the New York Symphony Orchestra or featuring in video creations with millions of YouTube views; most famously James Murphy's *Hello Steve Reich Mix*, which starts with his fascinating *Clapping Music* then segues into a David Bowie song.

Steve Reich studied philosophy and went on to earn his PhD with a thesis on Wittgenstein. Musically, he trained

Steve Reich ha disuelto las barreras entre la música popular y la música culta, entre las músicas de las viejas tradiciones africanas y orientales y la música de creación occidental.

Steve Reich has dissolved the barriers between popular and art music, between the old, traditional musics of Africa and Asia and the music of western creation.

Steve Reich estudió filosofía y se doctoró con un trabajo sobre Wittgenstein. En materia musical, se formó como pianista y, si se mostró interesado en el *gran repertorio* de la música europea compuesta a partir del siglo XVIII y hasta el 1900 —el que acaparaba los programas de conciertos sinfónicos, la ópera y la discografía—, su interés creció por este arte al conocer las músicas pretéritas y la contemporánea. Estudió *jazz* con Overton, composición con Bergsma y Persichetti, y asistió a cursos impartidos por Milhaud y Berio en los que, según confesión propia, aprendió, sobre todo, lo que no quería hacer. Estudió la música tradicional indonesia (el gamelán) en Seattle y en Berkeley, así como las percusiones africanas en la Universidad de Ghana. Los patrones repetitivos que son elemento sustancial de ambas manifestaciones músico-populares, así como la riqueza y sutileza de sus ritmos, fueron descubrimientos fascinantes y fuente de enseñanza para Steve Reich, que vendrían a constituir la esencia de muchas obras suyas que han quedado como prototipos de *música repetitiva*, versión sonora del *minimal art*. Reich también estudió —en Estados Unidos y en Jerusalén— las formas tradicionales de declamación de los textos sagrados hebraicos, lo que fue básico para el desarrollo de las relaciones entre texto y música que pondría en juego en composiciones propias. En Estados Unidos participó activamente en las experiencias pioneras de la música electroacústica y en los conciertos que significaron los primeros pasos en el camino del minimalismo propuesto por La Monte Young y Terry Riley. Igualmente tuvo relación con el influyente mundo sonoro y estético de John Cage, así como con Philip Glass, con quien compartió inquietudes musicales y alguna actividad en los inicios de sus respectivas carreras. Ha sido permanente y muy rica la relación de Steve Reich con el ámbito de la danza, traducida en trabajos conjuntos con coreógrafos como Laura Dean, Anne T. De Keersmaeker, Jiří Kylián, Jerome Robbins, Alvin Ailey, Maurice Béjart... y ha colaborado también con creadores de las artes de la imagen. Sin desligar teoría y práctica, composición e interpretación, Steve Reich, a solas o en conjuntos por él constituidos (Steve Reich and Musicians), ha intervenido profusamente en la difusión de su propia música por todo el mundo y ha contribuido a renovar en profundidad las formas del concierto, de la representación músico-teatral, de la *performance*... al proponer nuevas experiencias creativas que implican

as a pianist, and, while interested in the “great repertoire” of European music composed from the 18th century to the year 1900 — with its hegemony over symphony and opera programs and recording catalogues — was not truly drawn in until he got to know 20th-century and contemporary music. He studied jazz with Overton, composition with Bergsma and Persichetti, and attended courses taught by Milhaud and Berio, where, he confesses, he mainly learned what he didn’t want to do. He studied traditional Indonesian music (the gamelan) in Seattle and Berkeley, and African percussion at the University of Ghana. The repetitive patterns that are at the heart of both these popular musical forms, and the richness and subtlety of their rhythms, were, for Reich, a source of fascination and instruction, and would underpin many of his later works that became prototypes of *repetitive music*, the sound version of minimal art. Reich also studied the traditional ways of declaiming Hebrew sacred texts in the United States and Jerusalem, a formative experience in developing the interplay of music and speech that would feature in his own writing. In the United States, he was an active participant in the first experiments in electroacoustic music and the concerts that launched the minimalist trajectory proposed by La Monte Young and Terry Riley. He also came into contact with the influential aesthetic and sound world of John Cage, and shared musical interests and, occasionally, platforms with Philip Glass at the start of their respective careers. Steve Reich has enjoyed a rich and lasting relationship with the world of dance, which has seen him work alongside choreographers like Laura Dean, Anne T. De Keersmaeker, Jiří Kylián, Jerome Robbins, Alvin Ailey, and Maurice Béjart, as well as collaborating extensively with creators in the visual arts. Loath to separate theory from practice or composition from performance, Reich has gone hands-on in disseminating his music worldwide, both solo and in groups of his own formation (Steve Reich and Musicians), and has contributed to a radical renewal of the forms of the concert, music theater and performance art, proposing new creative experiences that enshrine different modes of communication and explore different kinds of space, while reaching out to new publics. Among Steve Reich’s pathbreaking compositional experiments is his work on *phasing*: repetitive figures, in or out of synch, that may involve fixed media — closed recordings — (*It’s Gonna Rain*, for tape), the processing of live

modos distintos de comunicación, exploran otros espacios y se abren a otros públicos.

Entre las experiencias compositivas pioneras de Steve Reich consta su trabajo sobre el *phasing*: procesos repetitivos, en fase o desfase, que pueden presentarse en soportes fijos —grabaciones cerradas— (*It's gonna rain*, para cinta), en realizaciones con intérpretes en vivo o bien en combinaciones de ambos tipos de fuente sonora (*Piano phase*, *Violin phase*, *Phase patterns* o *Dance patterns*). La retroalimentación de sonidos emitidos en vivo y recogidos por micros, así como la *aumentación* temporal de períodos musicales, han sido procedimientos cabalmente manejados por Reich. Investigó luego en el ámbito de los ritmos y de las percusiones en obras que significaron hitos en su carrera y que han dejado huellas a seguir, como *Drumming* (para percusiones) o *Clapping music* (para músicos que dan palmas), piezas que participan también del concepto de *phasing*. Una obra resumen de este rico período inicial es *Music for 18 musicians*, en la que las elaboraciones fásica y rítmica se enriquecen con conceptos contrapuntísticos y hallazgos armónicos y tímbricos.

La fascinación sentida por el compositor neoyorkino hacia Pérotin, el maestro de la Escuela de Notre-Dame de París (siglos XII-XIII), se tradujo en composiciones como *New York counterpoint* (para clarinete o saxofones, en versiones varias) o *Electric counterpoint* (para guitarra eléctrica y cinta o conjuntos de guitarras), además de hacerse notar en tantas otras partituras de Steve Reich, como la recién citada *Music for 18 musicians*.

La relación que la música de Reich establece con la palabra se sustancia en piezas como *Tehillim* (para voces y conjuntos, sobre salmos hebreos), *Daniel variations* o *Proverb* (para voces y *ensemble*), así como en *The cave* y *Three tales*, obras que además ofrecen dimensión operística (teatral) y se apoyan en creaciones videográficas de Beryl Korot.

Sus partituras, como *Different trains* para cuarteto de cuerda y cinta y muchas otras a menudo escritas para *ensembles* atípicos, abarcan también a la orquesta en títulos como *Variations for winds, strings and keyboards*, *Three movements*, *The four sections* o *The desert music* en sus dos versiones: para coro amplificado y orquesta o para 10 cantantes y orquesta de cámara.

Actualmente, Steve Reich trabaja en una composición para el Royal Ballet de Londres y el Signal Ensemble Theatre de Chicago.

performances or a mix of both types of sound source (*Piano Phase*, *Violin Phase*, *Phase Patterns*, *Dance Patterns*). Feedback from sounds produced live and captured by microphone, and the *augmentation* of durations, are procedures in which Reich moves with total assurance. He has also explored the possibilities of rhythm and percussion in works that have become career milestones and carved out new creative paths; among them *Drumming* (for percussion) and *Clapping Music* (for musicians clapping hands), which also draw on the phasing technique. An emblematic work from this fecund early period is *Music for 18 Musicians*, in which phase patterns and rhythmic structures are enriched by contrapuntal concepts and original timbric and harmonic effects.

The New York composer's fascination for Pérotin, choirmaster at the Notre Dame School in Paris (12th-13th century), shines through in compositions like *New York Counterpoint* (for clarinet or saxophones, in various versions) or *Electric Counterpoint* (for electric guitar and tape or guitar ensemble), as well as finding echoes in other Reich scores, like the just-mentioned *Music for 18 Musicians*.

The relationship in Reich's oeuvre between music and speech is best manifest in pieces like *Tehillim* (for voices and ensemble, based on Hebrew psalms), *Daniel Variations* or *Proverb* (for voices and ensemble), and also in *The Cave* and *Three Tales*, with an added *operatic* (theatrical) dimension resting on the video creations of Beryl Korot.

Nor has Reich neglected the orchestra formation. *Different Trains* for string quartet and tape, and other pieces, many devised for atypical ensembles, form part of a long list of scores that includes *Variations for Winds, Strings and Keyboards*, *Three Movements*, *The Four Sections*, or *The Desert Music* in its two versions, for orchestra and amplified chorus or 10 singers and reduced orchestra.

Currently, Steve Reich is working on a composition for the Royal Ballet in London and the Signal Ensemble Theatre in Chicago.





Philippe Albèra

Presidente del jurado
Músico y musicólogo, creó Contrechamps en 1977, 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. Coordinador artístico de la Sala Patino de Ginebra entre 1984 y 1998, fue asimismo el creador del Festival Archipel de esa ciudad 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
Director del grado de Música Clásica de la Universidad de las Artes de Zúrich (Suiza), ha sido director y director artístico de la Universidad Conservatorio de Viena (Austria). Sus áreas de investigación incluyen la capacidad y aptitud en relación con la obtención de logros significativos en las artes; Brahms y su influencia en la música vienesa de comienzos del siglo XX; y la música sinfónica de Gustav Mahler a través de arreglos contemporáneos para dueto de piano. Ha sido director de las Instituciones de Formación Musical de la Ciudad de Viena y de la Conferencia Austríaca de Facultades de Música.

Secretary of the Jury

Director of the bachelor's degree in classical music at Zurich University of the Arts (Switzerland), and past director and artistic director at the Konservatorium Wien Privatuniversität (Austria). 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 symphony music of Mahler in contemporary version for four-hand piano duo. Formerly director of the City of Vienna Music Education Institutions, and chair of the Austrian Conference of Music Schools.



Edith Canat de Chizy

Miembro de la Academia de Bellas Artes, es la primera compositora que ingresa en el Instituto de Francia. Las más de sesenta obras de su catálogo han recibido numerosos reconocimientos, como el Premio de la Tribuna Internacional de Compositores por *Yell* y la distinción excepcional a su concierto de chelo *Moïra* en el Concurso Príncipe Pierre de Mónaco. Fue directora del Conservatorio Eric Satie de París y hoy enseña Composición Instrumental en el Conservatorio Regional de París. Es caballero de las Artes y las Letras y caballero de la Legión de Honor.

A member of the Académie des Beaux-Arts and the first woman composer admitted to the Institut de France. The more than sixty works in her current catalogue have earned her numerous honors, including the International Composers' Tribune Prize for *Yell*, and an exceptional distinction for her cello concerto *Moïra* in the Prince Pierre of Monaco competition. A former director of the Eric Satie Conservatory in Paris, she now teaches instrumental composition at the Regional Conservatory of Paris. Chevalier des Arts et Lettres and Chevalier de la Légion d'Honneur.



Cristóbal Halffter

Miembro fundador de la Generación del '51, su obra combina música tradicional española y elementos de la vanguardia. A su actividad internacional como compositor y director suma la docente: ha sido lector en la Universidad de Navarra (España) y en el Internationale Ferienkurse für Neue Musik Darmstadt (Alemania), así como catedrático en el Real Conservatorio de Madrid. Condecorado en Francia, Mónaco y Alemania, en España cuenta con el Premio Nacional de Música, la Medalla de Oro de las Bellas Artes y el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2009.

A founding member of the Generation of '51, his output weds traditional Spanish music with elements of the avant-garde. Alongside his international activity as a composer and conductor, he has taught at the University of Navarra (Spain) and Darmstadt Internationale Ferienkurse für Neue Musik (Germany), and held a professorship in the Madrid Conservatory. Halffter has been decorated in France, Monaco and Germany, and in Spain holds the National Music Prize, the Gold Medal in Fine Arts, and the 2009 BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award.



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 simultanea con la de director artístico de Música 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 del International 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.



Johannes Kalitzke

Es compositor y director. Ha sido director invitado de numerosos *ensembles* y orquestas sinfónicas, como el Collegium Novum o el Ensemble Recherche y la Sinfónica de la BBC. Ha recibido encargos de composición de formaciones como la Orquesta Sinfónica de la Südwestrundfunk y la Orquesta Sinfónica de Berlín. Entre sus obras figuran *Wind Stille Zeit*, para coro, conjunto y electrónica; *Vier Toteninseln*, para barítono y orquesta; y la ópera *Infern*. Imparte cursos de dirección de *ensembles* y es profesor de los Cursos de Verano de Darmstadt.

Composer and conductor. He has been guest conductor with numerous ensembles and symphony orchestras, including Collegium Novum, Ensemble Recherche and the BBC Symphony Orchestra, and has written pieces on commission for formations like the Südwestrundfunk and Berlin symphony orchestras. His works include *Wind Stille Zeit*, for chorus, ensemble and electronics; *Vier Toteninseln*, for baritone and orchestra; and the opera *Inferno*. On the teaching side, he has given classes on ensemble conducting, and as part of the Darmstadt Summer Courses.

Jurado
Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Música Contemporánea

Jury
BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Contemporary Music



Martin Kaltenecker

Musicólogo 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 Wissenschaftskolleg zu Berlin (Instituto de Estudios Avanzados de Berlín) y en 2008-2010 impartió cursos en la Universidad de Poitiers y en la Escuela de Altos Estudios de Ciencias Sociales. Traductor de Giuseppe Mazzini, Theodor W. Adorno, Carl Dahlhaus y Helmut Lachenmann, es autor de numerosos artículos y libros sobre música y estética musical de los siglos XIX y XX.

Musicologist. 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 Wissenschaftskolleg zu Berlin (Institute for Advanced Study) and in 2008-2010 taught at the University of Poitiers and l'École des Hautes Études en Sciences Sociales. Translator of Giuseppe Mazzini, Theodor W. Adorno, Carl Dahlhaus and Helmut Lachenmann, he has authored books and numerous articles on the music and musical aesthetics of the 19th and 20th centuries.

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, Proms, 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 soloist at venues like New York's Carnegie Hall, La Scala in Milan or the Berlin Philharmonic Hall, and international events such as Maggio Musicale Fiorentino, the Proms or the Edinburgh and Salzburg festivals. A member of Ensemble Intercontemporain since 1992, his repertoire ranges from Bach to the music of our time, and he has collaborated with Iannis Xenakis, Luciano Berio, Karlheinz Stockhausen, György Kurtág and Pierre Boulez.

Acta del jurado

Steve Reich ha desarrollado un nuevo concepto de música que se apoya en la utilización de elementos realistas vinculados a la vida cotidiana y en elementos provenientes de las músicas tradicionales de África y Asia. El resultado es una síntesis fascinante en consonancia con nuestro mundo contemporáneo.

Steve Reich ha abierto de este modo nuevas vías, creando un diálogo entre culturas elevadas y populares, modernidad occidental y tradiciones extraeuropeas, y logrando una combinación adecuada de complejidad y transparencia.

Al elaborar una nueva modalidad, ha dado al ritmo un papel preponderante, basado en la pulsación y en las ambigüedades de la percepción. Su música se abre hacia una práctica musical diferente y hacia otro sentimiento del tiempo, que origina un movimiento llamado *minimalista* o *repetitivo*.

Steve Reich ha enfrentado a los medios electroacústicos instrumentos a menudo inspirados en músicas extraeuropeas, donde la percusión y los teclados desempeñan un papel central. Asimismo, ha desarrollado nuevas relaciones entre texto y música, en las que las formas de lo hablado generan las estructuras melódicas y rítmicas. Ha reinventado las formas del concierto y del teatro musical y ha desdibujado las fronteras entre los géneros musicales: sus óperas emplean medios visuales en lugar de actores, a la vez que su música ha inspirado el trabajo de numerosos coreógrafos.

Al abordar temas de actualidad, desde el conflicto palestino-israelí al 11 de septiembre, o problemáticas contemporáneas, desde cuestiones religiosas a la relación con la técnica y la ciencia, Steve Reich ha conmovido a los públicos más amplios y variados.

Su obra, completamente inscrita en su tiempo y cuya influencia ha sido considerable, ha abierto nuevas perspectivas y se presenta como una de las experiencias más significativas de nuestra época.

Jury's citation

Steve Reich has brought forth a new conception of music based on the use of realist elements from the realm of daily life and others drawn from the traditional music of Africa and Asia. The result is a fascinating synthesis in consonance with our contemporary world.

Reich has carved out new paths, establishing a dialogue between popular and high culture, western modernity and non-European traditions, and achieving a rich combination of complexity and transparency.

Creator of a new modality, he accords rhythm a predominant role based on pulsation and the ambiguities of perception. His music poses a different kind of musical practice and a different sense of time, giving rise to what has become known as the "minimalist" or "repetitive" movement.

Steve Reich has brought electro-acoustic media into play with other instruments, many of them inspired by non-European musics, where percussion and keyboards play a central role. He has also forged new relations between text and music, in which speech generates melodic and rhythmic structures.

He has reinvented the form of the concert and musical theater and blurred the divide between musical genres: his operas use visual media in the role of actors, while his music has inspired the work of numerous choreographers.

By engaging with current issues, from the Israeli-Palestinian conflict to the 9/11 attacks, as well as contemporary problems ranging from questions of faith to relations with science and technology, Steve Reich has successfully reached out to multiple and varied publics.

Firmly of the moment as well as vastly influential, his work has opened new perspectives and ranks among the most significant musical experiences of our time.

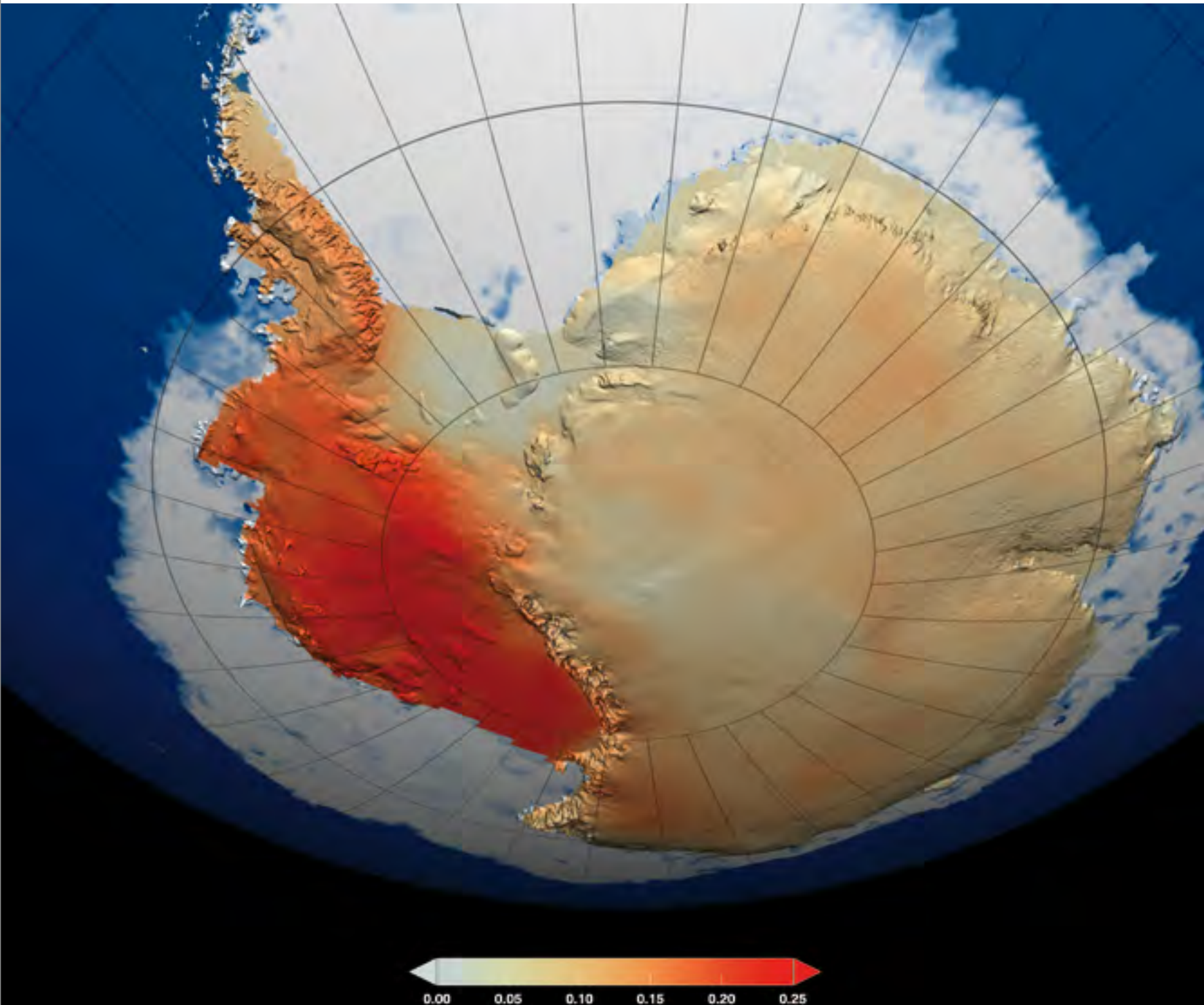
«El cambio climático nos plantea un desafío en la gestión de riesgos. Tal como yo lo veo, adaptarse a esos riesgos implica construir una sociedad más segura, más rica y, sobre todo, más resistente.»

“Climate change is a challenge in managing risks. The way I see it, adaptation in response to these risks will mean building a society that is more secure, richer, and fundamentally more resilient.”

Christopher B. Field

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Climate Change





Christopher B. Field

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Cambio Climático

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Climate Change

69

Un planeta en cambio acelerado

En una conversación sobre cambio climático Chris Field, galardonado en esta sexta edición con el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, expresa una preocupación y un deseo. Le preocupa, admite, el que muchas evidencias apuntan a que el problema se agravará en el futuro. Y su anhelo es que en este asunto los políticos escuchen a los científicos: «Querría que los gobiernos prestaran atención a la ciencia y la emplearan para tomar decisiones inteligentes». La suya es, pues, una doble tarea: pronosticar cómo evolucionará el clima y lograr que el mensaje de los científicos llegue alto y claro a quienes deben tomar decisiones.

Como investigador, el trabajo de Field (California, Estados Unidos, 1953) ha sido clave para entender el papel de los ecosistemas en el ciclo global del carbono. Pero además Field copreside el grupo de trabajo II del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), quien acaba de emitir su último informe sobre impactos, adaptación y vulnerabilidad. El objetivo de los documentos del IPCC es precisamente servir de base a las políticas públicas.

El jurado ha reconocido en el acta ambas facetas de la actividad del galardonado, la de director del Departamento de Ecología Global de la Carnegie Institution for Science y de catedrático de la Universidad de Stanford (Estados Unidos): su «visionaria investigación (...) ha demostrado que las proyecciones sobre el clima del futuro requieren la consideración de los ecosistemas terrestres», unos resultados que guían «la toma de decisiones por parte de líderes políticos y empresariales a fin de reducir los efectos adversos del cambio climático».

Hoy en día, por tanto, la labor de Field gira por completo en torno al cambio climático y, convertido por su cargo en una especie de *portavoz científico* del clima, no se cansa de insistir en la importancia del asunto: «Tengo mucha paciencia si se trata de que todo el mundo tome conciencia

A planet in accelerating change

Discussing climate change, BBVA Foundation Frontiers of Knowledge laureate Chris Field expresses a concern and a wish. He is concerned, he admits, that much of the evidence suggests the problem will get worse in the future. And his wish is for politicians to listen to what scientists are saying on the issue: “I would like governments to pay attention to science, and use it to make smart decisions.” This duality is reflected in his concurrent efforts to predict how our climate will evolve and to ensure that scientists’ message is heard loud and clear by the people in charge. As a researcher, Field (California, United States, 1953) has produced work vital to the understanding of the role of ecosystems in the global carbon cycle. But Field also co-chairs Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which has just issued its report on impacts, adaptation and vulnerability. The purpose of these IPCC reports is precisely to serve as an input to policy-making.

The jury refers to both sides of the professional enterprise of this Director of the Department of Global Ecology at the Carnegie Institution for Science and professor at Stanford University (United States). His “visionary research,” their citation reads, “demonstrated that projections of future climate require the explicit consideration of land ecosystems and their management,” while his results have guided “policy makers and business leaders in making effective choices to reduce the adverse impacts of climate change.”

We can say, then, that Field’s current work revolves entirely around climate change. Propelled by reason of his post into a kind of “scientific spokesman” for climate matters, he never tires of insisting on the dimensions of the problem: “I have a lot of patience when it comes to raising people’s awareness,” he remarks. Yet at the start of his career, the possibility of human influence on the climate

El trabajo de Field ha desvelado el papel clave de los ecosistemas en el ciclo global del carbono. Hoy día solo la mitad del carbono que emitimos se queda en la atmósfera; el resto se fija en el océano y en la tierra. Pero muchos indicios indican que eso podría cambiar en el futuro, lo que acortaría el tiempo para hacer frente al cambio climático.

Field's work has revealed the key role of ecosystems in the global carbon cycle. Today only half the carbon we emit stays in the atmosphere, with the rest fixed on land and in the oceans. But there is evidence that this may change in future, giving us less time to cope with climate change.

de eso», afirma. En los inicios de su carrera, sin embargo, la posibilidad de una influencia humana en el clima apenas empezaba a considerarse, y no fue desde luego la preocupación por el cambio climático, sino una simple pero poderosa pasión por la naturaleza lo que impulsó a Field a estudiar Biología. Se licenció en la Universidad de Harvard en 1975, justo el año en que Wallace S. Broecker — primer galardonado con el Premio Fronteras del Conocimiento en Cambio Climático — acuña la expresión *calentamiento global* en un artículo en *Science*.

¿Cómo se llega de la biología al cambio climático? Field empieza a investigar con un objetivo que mantendrá toda su carrera: entender «cómo se construyen las grandes partes del sistema Tierra a partir de piezas pequeñas», dice. «Siempre he estado interesado en las reglas fisiológicas, ecológicas y evolutivas que hacen posible escalar y entender, por ejemplo, el crecimiento de las plantas a escala de todo el planeta». Así, su tesis doctoral, leída en la Universidad de Stanford en 1981, analiza cómo medir la fotosíntesis a gran escala. Field descubre que es posible cuantificar la actividad fotosintética de toda una cubierta vegetal, de todo un bosque, sabiendo lo que ocurre en las hojas.

De unas hojas, a todo el bosque. Es el primer salto de escala de Field, y también el que le conecta con el ciclo del carbono. A través de la fotosíntesis las plantas absorben carbono de la atmósfera, así que para entender cómo se mueve el carbono en el planeta hay que entender la fotosíntesis a escala global. Más tarde Field, junto con Harold Mooney — premio Fundación BBVA a la Investigación en Ecología y Biología de la Conservación 2007 —, seguirá profundizando en qué influye en la eficacia de la fotosíntesis y descubrirá, por ejemplo, que cuanto más nitrógeno tienen las hojas, mayor es su capacidad para fotosintetizar.

A la investigación en cambio climático Field llega de la mano de sus propios resultados: «A medida que aumento la escala llego rápidamente a la conclusión de que la Tierra está cambiando, experimentando grandes cambios en el clima, en los usos del territorio, en la composición de la atmósfera... Las consecuencias sobre las plantas y animales son cada vez mayores».

Sus conclusiones encajan bien con lo que está ocurriendo mientras tanto en la comunidad internacional: «Los años setenta y ochenta fueron muy emocionantes en las ciencias de la Tierra. Por primera vez se puso el foco en los

had barely entered the debate, and it was not concern about climate change but a simple yet all-embracing passion for nature that led him to study biology. He graduated from Harvard University in 1975, the year that Wallace S. Broecker — the first Frontiers of Knowledge laureate in Climate Change — coined the term “global warming” in an article in *Science*.

So what is the route from biology to climate change? Field started out in research with a goal that has stayed with him through his career: to understand “how large parts of the Earth system are built from small pieces,” as he describes it. “I have always been interested in the kinds of physiological, ecological, and evolutionary rules that make it possible to scale, so we can understand, for instance, plant growth at the level of the entire globe.” Indeed his PhD thesis, read at Stanford University in 1981, analyzes how to measure photosynthesis on a large scale. Field discovered that by examining leaf-scale responses it was possible to quantify the photosynthetic activity in a canopy or landscape.

From a few leaves to the entire wood. This first “scale leap” of Field’s would also be the one that led him to the carbon cycle. Plants absorb carbon from the air through the process of photosynthesis, so to track how carbon moves through the Earth system we need to understand photosynthesis on a global basis. Later on, Field would undertake a deeper study with Harold Mooney — laureate in the 2007 BBVA Foundation Award for Biodiversity Conservation — of the factors determining photosynthetic efficiency, discovering, for instance, that the more nitrogen leaves have, the greater their photosynthetic capacity.

His own findings drew Field ineluctably towards climate change research: “As my work on scaling progressed, it ran quickly into the conclusion that the Earth is changing. Not only through big changes in climate, but also big changes in land use and the composition of the atmosphere, with more and more effects on plants and animals.”

His conclusions echoed those being reached elsewhere in the international community: “The period of the 1970s and 1980s was an exciting time in the Earth sciences, when many important environmental problems first came into focus. Organizations like the IPCC (created in 1988) connected inspirational people with important issues under a very optimistic spirit. I was fortunate to be exposed to big thinkers like Bert Bolin, Hal Mooney, and Francis Brether-

problemas medioambientales. Organizaciones como el propio IPCC (creado en 1988) lograron involucrar a personas inspiradoras con un espíritu muy optimista en asuntos importantes. Yo tuve la gran suerte de conocer a pensadores como Bert Bolin, Hal Mooney y Francis Bretherton que me contagiaron la sensación de estar participando en algo realmente importante».

En los noventa el cambio climático ya ha entrado de lleno en la agenda científica global. Field lleva a cabo en la reserva de Jasper Ridge sus primeros experimentos relacionados directamente con el clima, encaminados a esclarecer la respuesta de las plantas al aumento del dióxido de carbono atmosférico. «Era una cuestión crítica», dice. «No sabíamos si el incremento del CO₂ funcionaría como un fertilizante favoreciendo el crecimiento de las plantas. Resultó no ser así».

Otros trabajos de Field por entonces aportan las pistas para medir la fotosíntesis desde el espacio a partir de datos de satélite, lo que supone ampliar aún más la escala. Son medidas muy valiosas para los modelos de clima, y precisamente fue el modelo desarrollado por Field y su grupo CASA (Carnegie-Ames-Stanford-Approach) el primero en integrar medidas de fotosíntesis en el océano y en ecosistemas terrestres, en 1998.

No obstante, y pese a los avances, hoy en día aún no se sabe lo bastante sobre el ciclo del carbono, y eso hace que sea mucho más difícil entrever el futuro: ¿Cómo se comportarán los ecosistemas terrestres y marinos cuando estén inmersos en una atmósfera sobrecargada de carbono? «Hoy solo la mitad del carbono que emitimos los humanos se queda en la atmósfera; el resto se fija en el océano y en la tierra. ¿Qué pasará en el futuro? ¿Y si los ecosistemas pasaran a ser fuentes en vez de sumideros? De lo que ocurra depende en gran medida el clima del futuro. Muchas evidencias apuntan a que [los ecosistemas dejarán de fijar tanto carbono y] tendremos menos tiempo para hacer frente al problema. Siento auténtica preocupación». En la presentación del informe del IPCC Field afirmaba: «Ya no estamos hablando de un fenómeno hipotético; lo que estamos viendo es un mundo alterado por el cambio climático. En todas partes hay impactos con consecuencias». Sin embargo, hay «espacio para soluciones», dijo; las medidas para mitigar los impactos del cambio climático «pueden ser una oportunidad para construir una sociedad mejor, más segura, más vibrante».

ton, who gave me a sense of being involved in something really major.”

By the 1990s, climate change was firmly part of the global scientific agenda. It was then that Field conducted his first directly climate-related experiments at the Jasper Ridge preserve, seeking to clarify plants’ response to elevated levels of atmospheric carbon dioxide. “This was a critical question,” he explains. “We really didn’t know whether increased atmospheric CO₂ would be a powerful fertilizer, increasing plant growth. It turned out not to be.”

Other projects Field was involved in at the time paved the way for measuring photosynthesis from space using satellite data, in what was yet another leap in scale. The resulting measurements would prove invaluable for climate modeling, and indeed a model developed by Field and his group, known as CASA (Carnegie-Ames-Stanford-Approach), was the first to integrate measurements of photosynthesis in the oceans and terrestrial ecosystems, back in 1998.

But despite these advances, much of the carbon cycle remains unknown to science, making its course harder to predict. How might terrestrial and marine ecosystems behave when they are immersed in an atmosphere overloaded with CO₂? “Currently, only half of the carbon emitted from human activities stays in the atmosphere; the rest is fixed in the oceans and land ecosystems. But what if these ecosystems transition in future from sinks to sources? These possibilities have a big leverage on the trajectory of future climate. Since many lines of evidence point to decreasing subsidies (ecosystems fixing less CO₂), I have very real concerns.”

Presenting the IPCC report, Field had this to say: “We are not talking about hypothetical events; what we are seeing is a world altered by climate change. And the impacts are widespread and consequential.” There is also, however, a “solution space,” he adds, in which climate change mitigating measures “can help build a better world that is more secure and more vibrant.”





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. Catedrático de la Universidad de Hamburgo, su investigación combina modelización, teoría y trabajo de campo para determinar el papel de las nubes y la convección atmosférica en el sistema climático, y se extiende asimismo a la meteorología, el cambio climático y la dinámica de fluidos en geofísica. Es premio Clarence Leroy Meisinger de la American Meteorological Society y ha sido director del *Journal of Atmospheric Sciences*.

Chair of the Jury
Director of the Max Planck Institute for Meteorology (Hamburg, Germany), where he heads the Atmosphere in the Earth System Department, and a professor at Hamburg University. His research blends modeling, theory and field work to help articulate the role of clouds and atmospheric convection in the climate system, and also takes in meteorology, climate change and fluid dynamics in geophysics. He holds the Clarence Leroy Meisinger Award of the American Meteorological Society and has served as editor of the *Journal of Atmospheric Sciences*.



Carlos M. Duarte

Secretario del jurado
Profesor de investigación en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC-Universidad de las Illes Balears), es director de la UWA Oceans Institute de la Universidad de Australia Occidental. Sus líneas de investigación abarcan la ecología marina y la oceanografía. Entre otros reconocimientos, ha recibido el Premio Nacional de Investigación Alejandro Malaspina y el Prix d'Excellence del Consejo Internacional para la Exploración del Océano.

Secretary of the Jury
Research Professor at the Mediterranean Institute for Advanced Studies (CSIC-University of the Balearic Islands) and Director of the UWA Oceans Institute of The University of Western Australia. His main areas of investigation are marine ecology and oceanography. His many distinctions include the Alejandro Malaspina National Research Award, and the Prix d'Excellence of the International Council for the Exploration of the Sea.



Sandrine Bony-Lena

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 sobre cuyos datos se basan 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 also co-chairs the World Climate Research Program's Working Group on Coupled Modeling, which coordinates climate simulations worldwide and whose data serve as input to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). A lead author of 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). Investiga el registro e impacto del cambio climático en el ecosistema marino, y la monitorización, sedimentología, geoamenazas y mapeo de fondos marinos. Ha sido director asociado de investigación del Centre de Formation et de Recherche sur l'Environnement Marin (Francia) y experto evaluador para la Comisión Europea, la Fundación Europea de la Ciencia y numerosas agencias de investigación.

Professor of Marine Geology and Director of the Department of Stratigraphy, Paleontology and Marine Geosciences at Barcelona University (Spain). His research areas include the record of climate change in the marine ecosystem, and marine monitoring, sedimentology, geohazards and seafloor mapping. Formerly Associate Director of Research at the Centre de Formation et de Recherche sur l'Environnement Marin (France), he has served as expert evaluator for the European Commission, European Science Foundation and numerous research funding agencies.



Kirsten Halsnæs

Es directora del Programa del Clima de la Universidad Tecnológica de Dinamarca. Su investigación comprende la economía y las políticas sobre el cambio climático, la energía, el desarrollo sostenible y la economía del desarrollo. Ha publicado numerosos estudios y lidera proyectos junto a otros países sobre desarrollo sostenible, energía y cambio climático. Ha sido directora de proyecto en el Programa sobre Acción de Desarrollo y Clima de Dinamarca. Durante más de quince años ha sido miembro del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

Head of the Climate Program at the Technical University of Denmark. Her research topics include the economics of climate change, energy and climate change policies, sustainable development and development economics. She has published extensively and leads international projects on sustainable development, energy, and climate change. A former project manager for the Danish Development and Climate Action Program, she has also served for fifteen years on the Intergovernmental Panel on Climate Change.



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.

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Cambio Climático

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Climate Change

Acta del jurado

El jurado resuelve conceder el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Cambio Climático a Christopher Bower Field por sus aportaciones fundamentales a la mejor comprensión de las interacciones entre la dinámica de las plantas y los ecosistemas terrestres, y el CO₂ liberado por las actividades humanas. La visionaria investigación realizada por el profesor Field sobre el ciclo global del carbono ha demostrado que las proyecciones sobre el clima del futuro requieren la consideración explícita de los ecosistemas terrestres y de su gestión.

Sus estudios han establecido los vínculos entre la fotosíntesis de las plantas y el balance global de carbono. Asimismo, ha demostrado el importante papel de la disponibilidad de nitrógeno en limitar la absorción de carbono por parte de los ecosistemas naturales en un mundo con niveles elevados de CO₂. Sus conclusiones le permitieron diseñar estrategias eficaces para la gestión de cultivos agrícolas, bosques y otros ecosistemas terrestres ante el futuro cambio climático, así como estrategias para mitigar el cambio climático mediante la producción de biocombustibles basados en plantas.

El conocimiento sobre el ciclo global del carbono derivado del trabajo del Christopher Field ha servido como fuente de inspiración de nuevas líneas de investigación, así como guía para la toma de decisiones por parte de líderes políticos y empresariales, a fin de reducir los efectos adversos del cambio climático.

Jury's citation

The jury grants the BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award in the Climate Change category to Christopher Bower Field for fundamental contributions to understanding the interactions between the dynamics of plants and land ecosystems, and the CO₂ released through human activities. Professor Field's visionary research on the global carbon cycle demonstrated that projections of future climate require the explicit consideration of land ecosystems and their management.

His contributions established the links between plant photosynthesis and the global carbon budget. His work also showed the important role of nitrogen in limiting the uptake of carbon by natural ecosystems in a higher CO₂ world. These insights allowed the design of effective strategies for managing agricultural fields, forests and other terrestrial ecosystems in the face of future climate change, as well as strategies for mitigating climate change through the production of plant-based biofuels.

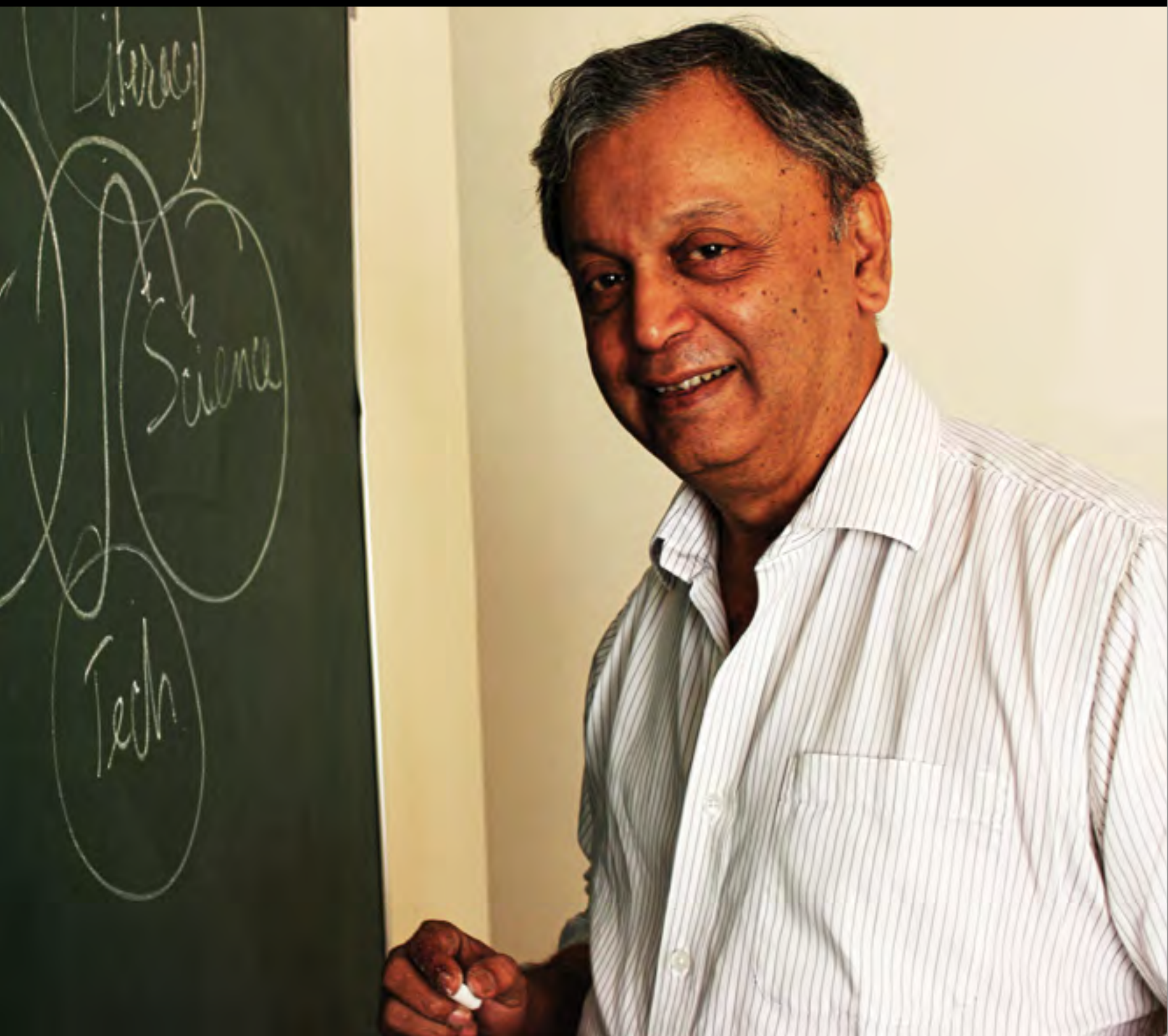
Christopher Field has used his understanding of global carbon issues to inspire research, and to guide policy makers and business leaders in making effective choices to reduce the adverse impacts of climate change.

«Cuando un niño comienza a aprender se da cuenta de que sabe y de que puede hacerlo mejor. Ese es el incentivo más poderoso para que continúe en el programa.»

“When children start to learn, they realize they are capable and can do better. And that is a very powerful motivation to stay in the program.”

Madhav Chavan, director de Pratham / Pratham CEO





Library

Science

Tech

Pratham

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento
Cooperación al Desarrollo

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award
Development Cooperation

77

Pratham: aprender a leer, leer para aprender

A finales de los años noventa los miembros de Pratham, la ONG que facilita el acceso a la educación a los niños más desfavorecidos de la India, se sentían desmoralizados. Sus alumnos no aprendían al ritmo esperado y a ellos les venía «el sentimiento de que no parecía posible un cambio rápido y efectivo», cuenta su director Madhav Chavan, lo que les llevó a la siguiente reflexión: «Si pudiéramos provocar un cambio a gran escala, en poco tiempo sacudiríamos el sistema educativo desde sus cimientos. ¿Existe una varita mágica que haga que los niños aprendan a leer rápidamente?». Hoy, unos quince años después, Pratham está consiguiendo que millones de niños aprendan a leer y escribir, y a realizar operaciones de aritmética básica en poco tiempo. Su lema es «Todos los niños en la escuela y aprendiendo bien». Pratham ha sido galardonada con el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en la categoría de Cooperación al Desarrollo.

Sin duda «queda mucho por hacer», afirma Chavan. El punto de partida es un país con 287 millones de personas que no saben leer ni escribir. Pero Pratham ha encontrado, si no una varita mágica, sí un método muy efectivo para lograr que los niños aprendan. Lo aplica teniendo muy en cuenta la realidad social de los alumnos — los niños más desfavorecidos — gracias a la colaboración de miles de voluntarios y con eficaces técnicas de evaluación. Es un modelo que se está exportando con éxito a otras zonas del planeta.

Pratham nació en 1994 como fundación de beneficencia pública de las autoridades de Bombay, con la implicación de Unicef y de siete ciudadanos prominentes del país. Hoy Pratham llega cada año a tres millones de niños, evalúa los conocimientos de medio millón y trabaja en 20.000 municipios de 19 estados de la India.

Una de sus grandes innovaciones es conceptual: atender a lo que saben de verdad los niños. ¿Qué estaban los niños

Pratham: learning to read, reading to learn

By the late 1990s, the members of NGO Pratham, whose mission is to provide India's most disadvantaged children with access to education, were considerably demoralized. Their pupils were not learning at the expected rate. The team, recalls CEO Madhav Chavan, were "beginning to believe that fast and visible change was just not possible." But this impasse also forced them to do some serious thinking: "If we could bring about an 'overnight' change on a mass scale, we would galvanize the whole school establishment. What if there was a magic wand that could get children to read quickly?" Now, some fifteen years later, Pratham is teaching millions of children to read, write and perform basic arithmetic in a short time frame. The organization — motto "All children in school and learning well" — is the latest entry to the roll of BBVA Foundation Frontiers of Knowledge laureates in the Development Cooperation category.

There is still, of course, "a long way to go," as Chavan admits. The starting point is a country where 287 million people are unable to read or write. But Pratham has discovered, perhaps not a magic wand, but certainly a highly effective method to boost children's learning. A method applied in a way that is keenly responsive to the social reality of its target — severely disadvantaged children — thanks to the efforts of thousands of volunteers and an effective assessment system. Pratham's model is now being successfully exported to other world areas.

Pratham was set up as a Public Charitable Trust in 1994 by the municipal authorities of Greater Mumbai, with the involvement of UNICEF and seven of the country's prominent citizens. Today, its programs in India reach three million children each year in 20,000 villages and 19 states, with half a million annually subjected to assessment.

One of its key innovations is conceptual in nature: to focus on what children really know. So what exactly were chil-

Pratham ha desarrollado un método muy efectivo para lograr que los niños aprendan. Lo aplica teniendo en cuenta la realidad social de los alumnos — los niños más desfavorecidos —, gracias a la colaboración de miles de voluntarios y con eficaces técnicas de evaluación. Está consiguiendo que millones de niños aprendan a leer y escribir en poco tiempo.

Pratham has developed a highly effective method to get children learning, applied in a way that is responsive to the social reality of its pupils — severely disadvantaged children — thanks to the efforts of thousands of volunteers and reliable assessment techniques. The result, millions of children are learning to read and write within a short time frame.

aprendiendo realmente en las escuelas? Esa pregunta puso al descubierto una importante paradoja: con una escolarización superior al 95 por ciento, muchos niños simplemente no aprendían. En 2003 Madhav Chavan escribía: «Una media del 50 por ciento de los niños que van a colegios públicos no saben leer ni escribir tras cuatro años de escolarización. Este es el comentario más visible y desmoralizante sobre la educación en la India». Así, el reto de Pratham desde sus inicios no ha sido tanto lograr que los niños vayan al colegio como buscar su aprendizaje real. Pratham comenzó facilitando educación preescolar a los niños de los arrabales de Bombay. Esquivando el obstáculo de la falta de financiación, convirtió en un aula cualquier espacio disponible en la comunidad — templos, oficinas, casas de particulares — y formó y equipó con material educativo a voluntarios. Pronto este programa, denominado *Pratham Balwadis* ('clases preescolares'), creció y fue aplicado en otros lugares. Siguió el programa *Bridge* para ayudar a niños no escolarizados a incorporarse al colegio y *Balsakhi* ('amigo de los niños') para niños que van a la escuela pero se quedan atrás y por tanto en riesgo de abandono. Muchos de estos escolares son los primeros miembros alfabetizados de su familia, a los que por tanto poco pueden apoyar en su aprendizaje.

Entre 1999 y 2001 Pratham se extiende a otras ciudades y crea programas para niños que trabajan. Sin embargo, todavía no logran el impacto que desean. Los avances son lentos. Chavan ha escrito refiriéndose a esa etapa: «En las clases de Pratham los niños progresaban, pero por debajo de lo deseado. Pratham no lograba mejorar significativamente la eficacia del sistema». Es entonces cuando deciden buscar una pedagogía más efectiva. Un grupo de educadores se reunirá cada mes para plantear un objetivo asociado a una metodología determinada y contar al mes siguiente cómo ha ido.

Pronto uno de los experimentos da resultado, pero no en la lectura sino en las matemáticas. Se basa en huir del esquema secuencial de la enseñanza clásica — primero se aprenden los números, luego las sumas, etc. — y pasar a un abordaje integrado. «Experimentamos basándonos estrictamente en nuestras observaciones de los niños. Nos dimos cuenta de que donde más rápidamente aprenden es jugando por el barrio», ha explicado Madhav Chavan. Y pensaron que los niños no aprenden los juegos por partes, sino directamente participando, «así que ¿por qué no to-

dren learning in the country's schools? Posing this question brought to light a major contradiction: even with a school enrolment rate of over 95 percent, many children were just not learning. In 2003, Chavan wrote: "On average 50 percent of school-going children in government schools do not know the 3 Rs even after four years of schooling. This is the most visible and demoralizing comment on the status of education in India." Hence the challenge for Pratham, from the outset, has been less to get children into school than to make them literate and numerate.

Pratham started out providing pre-school education to the children of the Mumbai slums. To get round the lack of funding, any space in the community, whether temple, office or private home, was turned to classroom use, while teams of volunteers were trained and equipped with teaching materials. Soon this program, known as *Pratham Balwadis* or pre-school classes, had expanded its reach and was being replicated in other locations. Next came the *Bridge* programs aimed at out-of-school children, whom they sought to mainstream into schools, and *Balsakhi* — the children's friend — for in-school children who had fallen behind and were at risk of dropping out. Many of these pupils were the first literate members of their families, who were therefore not able to help them with school work. Between 1999 and 2001, Pratham expanded into other cities and set up programs for working children. But they were still short of achieving the desired impact, and advance could be painfully slow. Chavan reflects on this period: "In Pratham classes children made progress, but the learning achievement was less than desired. Pratham was not improving system efficiency to any visible extent." It was then that they decided to find a more effective teaching method. A group of educators would meet each month to discuss a particular goal and the means to achieve it, and report back the next month on how things had gone. Soon one such experiment produced results, only in arithmetic rather than reading. The idea was to abandon the sequential model of traditional education — first you learn the numbers, then addition-subtraction, etc. — in favor of an integrated approach. "Everything we tried out was strictly based on our observation of children. And we realized that it was when playing in the streets that they learned most," Chavan explains. Their conclusion was that children don't learn games rule by rule, but directly, by

marse las matemáticas como un juego?». Idearon, pues, un método en que los niños cuentan y calculan desde el principio. En concreto, juegan con palitos mientras desarrollan cuatro acciones: dicen las cantidades en alto, hacen algo con los objetos, leen los números y los escriben. El resultado de *decir-hacer-leer-escribir* fue magnífico: en menos de un mes los niños aprendían los números y a sumar y restar *llevando*.

El siguiente reto fue desarrollar un método equivalente para leer basado en el principio de que cuando el niño realiza actividades relacionadas, las interconexiones generan una habilidad mayor. Pratham ha creado así un *juego* en el que los niños intentan leer desde el primer momento, y en su mayoría aprenden a hacerlo realmente en menos de ocho semanas. Esta metodología ha sido bautizada con la expresión *aprende a leer (Learn to Read)*. «Demostramos que el aprendizaje puede mejorarse en poco tiempo empleando un modelo de bajo coste replicable a escala nacional», señala Pratham en su sitio web.

Otra innovación ha sido la aplicación de los programas por áreas o *bastis*, comunidades de hasta 300 hogares. Se evitan así los abandonos —un niño solo puede abandonar si tiene que salir de su comunidad— y la dispersión del esfuerzo. Hoy Pratham trabaja en 4.000 *bastis* de 43 ciudades, colaborando siempre con las autoridades estatales y locales, de manera que sus voluntarios complementan —no sustituyen— a los profesores de la escuela pública. Un elemento esencial en el éxito de Pratham ha sido la evaluación. Pratham creó en 2004 el *Annual Status of Education Report* (ASER, ‘impacto’ en hindi), basado en las encuestas que 30.000 voluntarios realizan para evaluar a 700.000 niños en 16.000 localidades. Los resultados son un indicador fiable del nivel de aprendizaje real en las escuelas. El primer informe, de 2005, ya reveló que solo el 15 por ciento de los niños de segundo de primaria y el 25 por ciento de los de tercero podían leer un texto de primero. Esos datos impulsaron la puesta en marcha de un gran programa, *Read India*, en colaboración con el gobierno de todo el país y basado en la metodología *Learn to Read*. En 2008 *Read India* llegó a 33 millones de niños.

Con el tiempo, Pratham ha ido ampliando sus programas para dirigirse también a jóvenes que dejaron los estudios y ofrecerles cursos de hostelería, de inglés o de acceso a las tecnologías de la información, entre otros muchos. Los objetivos de Pratham son ahora incluso más ambiciosos. Hoy se trata no solo de aprender a leer, sino de leer para aprender.

taking part. “So why not treat mathematics as a game?” They devised a method in which children count and calculate from the outset. In practice, this involved them playing with straws while performing four activities: saying numbers out loud, manipulating the straws, reading the numbers, and writing them down. The results of this *say-do-read-write* were astonishing; in less than a month, the children knew their numbers and could add and subtract with carry over.

The next challenge was to develop an equivalent method for reading, based on the principle that skills acquisition “snowballs” when a child engages in interconnected activities. Pratham has used this insight in a “game” where children attempt to read from the very first day, and, in most cases, manage to read for real in fewer than eight weeks. This methodology has been given the name *Learn to Read*. “We demonstrated that learning can quickly be improved using a low-cost model replicable on a national scale,” states Pratham on its website.

Another innovation was a delivery strategy based on areas or *bastis*, comprising communities of up to 300 households. This helps prevent both program abandonment — a child can only drop out by moving elsewhere — and the dispersal of effort. As we write, Pratham works in 4,000 *bastis* in 43 cities, in close coordination with state and local authorities, so its volunteers supplement rather than supplant the work of teachers in the public system.

A big part of Pratham’s success lies in its assessment program. In 2004, it published its first *Annual Status of Education Report* (ASER or “impact” in Hindustani), based on surveys of 700,000 children in 16,000 villages by 30,000 volunteers. The results are a reliable indicator of the real progress of Indian school children. The first report, published in 2005, revealed that only 15 percent of children in primary grade 2 and 25 percent in grade 3 could read a grade 1 text. These statistics spurred the launch of *Read India*, a major campaign using the *Learn to Read* methodology rolled out in partnership with national government. In 2008 alone, *Read India* reached 33 million children.

With time, Pratham has widened its target to include young people who have dropped out of school, whom it offers vocational training for hospitality and other industries, plus courses in English and IT skills. Its goals are, if anything, more ambitious than ever — not just learning to read, but reading to learn.



Pratham

Every child in school and learning well



Pedro L. Alonso

Presidente del jurado

Es catedrático y director del Instituto de Salud Global de Barcelona (IS-Global). En el campo de la malaria, ha liderado el desarrollo de la vacuna RTS,S y evaluado nuevas herramientas de control para su prevención y tratamiento. Autor de más de 300 artículos en revistas científicas internacionales y miembro del Comité Asesor en Políticas de Malaria de la OMS, entre otros galardones ha recibido el Premio Internacional de Unicef a su Trayectoria Personal liderando la lucha contra la malaria. Es fundador del Centro de Investigación en Salud de Manhica (Mozambique).

Chair of the Jury

University professor, Director of the Institute for Global Health of Barcelona (Spain), and Chairman of the Board of Governors of Fundação Manhica (Mozambique). He has led the development of the anti-malaria vaccine RTS,S and tested new tools for the disease's prevention and treatment. Author of more than 200 papers in international scientific journals, his many distinctions include the Unicef (Spanish Committee) International Award for Personal Achievement for his role in the fight against malaria.



José García Montalvo

Secretario del jurado

Catedrático de Economía en la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona, España) y profesor investigador del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, 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 Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), y consultor de la OCDE y del Banco Mundial.

Secretary of the Jury

Professor of Economics at Pompeu Fabra University (Barcelona, Spain), and a Research Professor at the Valencian Institute of Economic Research (Ivie), his areas of research are economic development, conflicts and ethnicity, housing economics, the economics of education and the labor market. He has authored over a hundred scientific 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. 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. Pertenecer 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 CSIC, he currently works in the latter organization's Department of Molecular Microbiology and Infection Biology. 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.



Norman Loayza

Es *lead economist* en el Grupo de Investigación del Desarrollo del Banco Mundial. 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. Autor de numerosos trabajos sobre cooperación al desarrollo, ha dirigido el *World Development Report 2014*, publicado por el Banco Mundial.

Lead Economist in the World Bank's Development Research Group. He has worked with ministries, central banks, NGOs and universities to implement projects for policy reform and local capacity improvement, and participated in World Bank missions to Tunisia, Brazil, Egypt, Indonesia, Pakistan and India in areas ranging from macroeconomics to socio-political issues. The author of numerous publications on development assistance matters, he recently directed the *World Development Report 2014*, published by the World Bank.



Francisco Pérez

Es catedrático de Análisis Económico en la Universidad de Valencia (España) y director de Investigación del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. Ha desarrollado y dirigido numerosos estudios sobre crecimiento económico e integración internacional, competitividad, economía regional, de la educación y financiera. Es autor de cincuenta libros, y de más de cien artículos en revistas científicas. Ha recibido el Premi Societat Catalana d'Economia por *El desarrollo del arco mediterráneo español. Trayectoria y perspectivas*.

Professor of Economic Analysis at the University of Valencia (Spain) and Research Director of the Valencian Economic Research Institute. He has conducted and led numerous studies on economic growth and international integration, competitiveness, regional economics, the economics of education, and financial economics. Author of fifty books as well as over a hundred articles in specialist journals, he holds the Premi Societat Catalana d'Economia for his study *El desarrollo del arco mediterráneo español. Trayectoria y perspectivas*.

Jurado

Premio Fundación BBVA
Fronteras del Conocimiento

Cooperación al Desarrollo

Jury

BBVA Foundation
Frontiers of Knowledge Award

Development Cooperation

Acta del jurado

Pratham, fundada en 1994, es la mayor ONG en la India que proporciona educación de calidad a los niños más desfavorecidos. El premio se le otorga por sus sobresalientes contribuciones a la mejora de la educación de los niños en la India y en otros países en el sur de Asia y de África. Pratham ha ampliado el alcance de la educación en zonas desfavorecidas, pasando de la simple escolarización al aprendizaje efectivo de los niños. Y lo ha realizado a través de dos innovaciones significativas: la creación de herramientas sencillas, precisas y fiables para que las comunidades evalúen el aprendizaje, y la aplicación de un proceso que utiliza la evidencia científica para desarrollar nuevos programas *coste-efectivos* que mejoren sustancialmente el nivel de conocimientos.

La piedra angular del éxito de Pratham es su capacidad para evaluar las necesidades de aprendizaje de los niños a través de herramientas rápidas aplicables por no especialistas, que miden con precisión la alfabetización y los conocimientos de aritmética de cada niño. Esto permite a los ciudadanos, las comunidades y los propios estados evaluar directamente la calidad de su sistema educativo y adaptar la enseñanza al nivel real de aprendizaje del niño. Pratham ha sido pionera también en la inclusión de metodologías de evaluación precisas, como los diseños aleatorios, generando evidencias sólidas útiles para guiar el desarrollo y la aplicación de sus programas. Un ejemplo fundamental es la colaboración de Pratham con gobiernos regionales para poner en marcha el programa *Read India*, que solo en 2009 llegó a 33 millones de niños en 305.000 pueblos.

El trabajo de Pratham es un ejemplo de cómo las políticas y prácticas educativas basadas en evidencias pueden impulsar poderosamente el desarrollo económico y social, especialmente en comunidades desfavorecidas.

Jury's citation











Pratham, founded in 1994, is the largest non-governmental organization in India working directly to provide vulnerable children with quality education. The prize is awarded for its outstanding contributions to improving education of children in India and other countries in South Asia and Africa.

Pratham has expanded the scope of education in resource constrained areas, from simple access to schooling to children's actual learning. It has done so through two significant innovations: the creation of simple, accurate and reliable tools for communities to assess learning, and the application of a process that uses scientific evidence to develop new cost-effective programs that drastically improve learning levels.

The cornerstone of Pratham's success is their ability to evaluate the learning needs of children through rapid assessment tools that can be used by non-specialists to accurately assess the literacy and numeracy level of every child. This empowers citizens, communities and states to both directly evaluate the performance of their educational system and tailor instruction towards the child's actual learning level.

Pratham has also pioneered the inclusion of rigorous evaluation methodologies such as randomized designs, generating robust evidence to guide the development and scaling-up of their programs. A prime example is Pratham's partnership with state governments to implement the program "Read India", which in 2009 alone reached 33 million children in 305,000 villages.

The work of Pratham is a model of how evidence-based education policy and practices can be a powerful lever for social and economic development, especially in disadvantaged communities.

 	<p>Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas) / Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)</p> <p>Ingrid Daubechies Universidad de Duke (Estados Unidos) / <i>Duke University (United States)</i> David B. Mumford Universidad de Brown (Estados Unidos) / <i>Brown University (United States)</i></p>
 	<p>Biomedicina / Biomedicine</p> <p>Douglas L. Coleman The Jackson Laboratory (Estados Unidos) / <i>United States</i> Jeffrey M. Friedman Howard Hughes Medical Institute (Estados Unidos) / <i>United States</i></p>
	<p>Ecología y Biología de la Conservación / Ecology and Conservation Biology</p> <p>Jane Lubchenco Universidad Estatal de Oregón (Estados Unidos) / <i>Oregon State University (United States)</i></p>
	<p>Tecnologías de la Información y la Comunicación / Information and Communication Technologies</p> <p>Lotfi A. Zadeh Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos) / <i>University of California-Berkeley (United States)</i></p>
	<p>Economía, Finanzas y Gestión de Empresas / Economics, Finance and Management</p> <p>Paul R. Milgrom Universidad de Stanford (Estados Unidos) / <i>Stanford University (United States)</i></p>
	<p>Música Contemporánea / Contemporary Music</p> <p>Pierre Boulez Compositor y director (Francia) / <i>Composer and conductor (France)</i></p>
	<p>Cambio Climático / Climate Change</p> <p>Susan Solomon Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos) <i>Massachusetts Institute of Technology (United States)</i></p>
	<p>Cooperación al Desarrollo / Development Cooperation</p> <p>DNDi (Drugs for Neglected Diseases Initiative) Suiza / <i>Switzerland</i></p>



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-Berkeley (Estados Unidos) / *University of California-Berkeley (United States)*



Biomedicina / Biomedicine

Shinya Yamanaka · Universidad de Kioto (Japón) y Universidad de California-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 de Barcelona (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 para 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)*



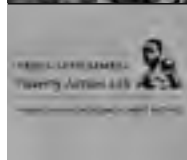
Artes (Música, Pintura, Escultura, Arquitectura) / Arts (Music, Painting, Sculpture, Architecture)

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, España / *Spain*
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; Desplegable.
Basic Sciences; Biomedicine; Ecology and Conservation Biology; Information and Communication Technologies; Climate Change; Development Cooperation; Fold-out).

José Luis García del Busto (Música / *Music*)

Carlos Gil (Jurados / *Juries*)

Traducción / *Translations*

Karen Welch

Diseño gráfico y producción / *Graphic design and production*
nu comunicación

Impresión / *Printed by*

Gráficas Ingugom

Depósito Legal / *Legal deposit*

BI-855-2014

Impreso en España / *Printed in Spain*
Impreso en papel ecológico / *Printed on environmentally responsible paper*

Créditos fotográficos / *Photo credits*

- 6 Fundación BBVA
- 8 CSIC
- 10, 16, 19 . . . (Maximilian Haider, Harald Rose, Knut Urban) Fundación BBVA
- 10, 24, 27 . . . (Adrian Bird) Fundación BBVA / Universidad de Edimburgo
- 10, 32, 35 . . . (Paul R. Ehrlich) Fundación BBVA / Linda Cicero, Stanford News Service / Paul R. Ehrlich
- 10, 40, 43 . . . (Marvin L. Minsky) Fundación BBVA / MIT News Office
- 10, 52 (Elhanan Helpman) Fundación BBVA / Stephanie Mitchell / Harvard Staff Photographer
- 10, 60 (Steve Reich) Wonge Bergmann
- 10, 68 (Christopher B. Field) Paul Sakuma / Stanford Woods Institute for the Environment
- 10, 75, 76, 79. (ONG Pratham) Pratham
- 12 (símbolo artístico / *artwork*) Blanca Muñoz
(detalles del símbolo artístico / *artwork details*) Fundación BBVA
- 13 Galería Marlborough
- 15 Goronwy Tudor Jones, Universidad de Birmingham / Science photo library
- 23 Theasis photography
- 31 Daniel Beltrá*
- 39 Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación
- 48-49 ESA
- 51 Elhanan Helpman y Paul Krugman, *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*, The MIT Press, © MIT 1987, fig. 8.4, p. 165.
- 55 (arriba / *top*) Fundación BBVA / Stephanie Mitchell / Harvard Staff Photographer
(abajo / *bottom*) Fundación BBVA
- 59 Drumming by Steve Reich. © Copyright 1971 by Hendon Music. Inc. A Boosey & Hawkes company.
International copyright secured. All rights reserved. Reprinted by permission of Boosey & Hawkes Inc.
- 63 Fundación BBVA
- 67 NASA
- 71 Paul Sakuma / Stanford Woods Institute for the Environment / Fundación BBVA

Jurados / *Juries*: Fundación BBVA

Galardonados en ediciones anteriores / *Laureates in previous editions*: Fundación BBVA

* Daniel Beltrá es premio Fundación BBVA a la Difusión del Conocimiento y Sensibilización en Conservación de la Biodiversidad 2012.
Daniel Beltrá holds the 2012 BBVA Foundation Award for Knowledge Dissemination and Communication in Biodiversity Conservation.

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

