

Nota de prensa

15 de enero de 2026

En la categoría de Ciencias Básicas

Premio Fronteras del Conocimiento a Allan MacDonald y Pablo Jarillo-Herrero por descubrir el 'ángulo mágico' que permite transformar y controlar el comportamiento de nuevos materiales

- **El "trabajo pionero" de ambos físicos** ha logrado tanto la fundamentación teórica como la comprobación experimental de un nuevo campo que permite obtener superconductividad, magnetismo y otras propiedades mediante la rotación de nuevos materiales bidimensionales como el grafeno
- **El canadiense MacDonald predijo en un modelo teórico publicado en 2011** que al rotar dos capas de grafeno a un determinado ángulo, del orden de un grado, la interacción entre electrones daría lugar a nuevas propiedades emergentes
- **El español Jarillo-Herrero logró en 2018 la comprobación experimental** de este denominado 'ángulo mágico' mediante la rotación de dos capas de grafeno que transformaron su comportamiento, generando nuevas propiedades como la superconductividad
- **Sus hallazgos abren la puerta a aplicaciones de gran impacto** como la transmisión de electricidad sin pérdidas energéticas, de manera mucho más eficiente y sostenible, así como al desarrollo de nuevos dispositivos electrónicos y tecnologías de computación cuántica

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Ciencias Básicas ha sido concedido en su XVIII edición a los físicos Allan MacDonald (Universidad de Texas en Austin) y Pablo Jarillo-Herrero (Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT) por sus descubrimientos sobre el denominado 'ángulo mágico' que permite transformar y controlar el comportamiento de nuevos materiales. El "trabajo pionero" de ambos investigadores, en palabras del jurado, ha logrado tanto la fundamentación teórica como la comprobación experimental de un nuevo campo, hoy conocido como *twistrónica*, que permite obtener superconductividad, magnetismo y otras propiedades mediante la rotación de nuevos materiales bidimensionales como el grafeno.

15 de enero de 2026

El canadiense MacDonald predijo en un modelo teórico publicado en 2011 que al rotar dos capas de grafeno a un determinado ángulo, del orden de un grado, la interacción entre electrones daría lugar a nuevas propiedades emergentes. Siete años después, el español Jarillo-Herrero lideró la demostración experimental del efecto de este denominado 'ángulo mágico', mediante la rotación de dos capas de grafeno que transformaron su comportamiento, generando nuevas propiedades como la superconductividad.

"Su trabajo ha abierto nuevas fronteras de la física, al demostrar que esta rotación a un determinado ángulo permite lograr un control sobre el comportamiento de la materia, obteniendo propiedades que pueden tener un gran impacto industrial", explica la profesora María José García Borge, profesora de Investigación en el Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC) y miembro del jurado. "La superconductividad, por ejemplo, podría permitir una transmisión de electricidad sin apenas pérdidas energéticas, de manera mucho más sostenible".

"El trabajo conjunto de ambos ha abierto un campo vastísimo para obtener materiales con nuevas propiedades emergentes de gran valor potencial, en el que están trabajando muchos grupos de investigación en todo el mundo", resalta por su parte Luis Viña, catedrático de Física de Materiales de la Universidad Autónoma de Madrid y presidente de la Real Sociedad Española de Física, que ha sido uno de los nominadores de los premiados. "MacDonald, desde el punto de vista teórico, y Jarillo-Herrero, a través de la comprobación experimental, han sido los artífices de una nueva tecnología de vanguardia para crear configuraciones de materiales que hasta ahora no existían y pueden impulsar avances tanto en superconductividad como en la creación de nuevos dispositivos electrónicos y el desarrollo futuro de la computación cuántica".

La predicción de una propiedad inesperada del grafeno

La fascinación científica de Allan MacDonald por los materiales bidimensionales y sus extraordinarias propiedades físicas surgió durante su estancia en el Instituto Max Planck para la Investigación del Estado Sólido junto a Klaus von Klitzing (Premio Nobel de Física en 1985). En aquel momento, en el laboratorio del prestigioso físico alemán trataban de crear materiales que les permitieran profundizar en el estudio de fenómenos como la superconductividad. "Ellos tenían la visión de fabricar materiales artificiales y manipularlos a su gusto, pero resultó que, con los métodos disponibles entonces, no pudieron lograr el control suficiente, la estructura necesaria para observar los efectos más interesantes", según explica el propio premiado en una entrevista concedida tras la concesión del premio.

15 de enero de 2026

Esta visión guio su carrera científica para estudiar comportamientos inusuales de las láminas de grafeno superpuestas y, posteriormente, de otros materiales también formados por finísimas capas, buscando abrir vías de acceso a un nuevo mundo de propiedades con potenciales aplicaciones tecnológicas.

Aunque la investigación de MacDonald es puramente teórica, ha enfocado su carrera para encontrar resultados trasladables a la vida real y reconoce la gran importancia de la sinergia entre lo teórico y lo experimental en el estudio de materiales: “En el campo de la twistrónica, dentro de la física de la materia condensada, existe una relación entre la teoría y el experimento constante que recuerda a la del huevo y la gallina. La teoría es muy importante para los investigadores experimentales porque da indicaciones sobre qué fenómenos merece la pena comprobar. Y el experimento es una guía fundamental para buscar una forma de comprender las propiedades observadas”.

MacDonald anticipó en 2011 una propiedad inesperada del grafeno, un material compuesto por una capa de carbono de un solo átomo de grosor. El hallazgo predecía que, al rotar una capa de grafeno sobre otra a un ángulo muy preciso, los electrones (que, en materiales convencionales, se mueven a miles de kilómetros por segundo) frenaban su velocidad hasta quedarse casi quietos. Esta ralentización tan radical abría la puerta a enormes cambios en el comportamiento del grafeno, posibilidades casi inimaginables para MacDonald cuando publicó sus resultados en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*. El investigador galardonado llamó al ángulo de $1,1^\circ$ entre las capas de grafeno “ángulo mágico”.

Una verificación experimental que parecía “ciencia ficción”

Sin embargo, aquel descubrimiento no tuvo una gran repercusión inmediata, y hubo que esperar a que se verificara en el laboratorio para apreciar su valor real. “A la comunidad no le interesaría tanto mi área de investigación si no existiera un programa de experimentos que concretara aquella visión original”, apunta MacDonald, que insiste en que el logro de su cogalardonado es “casi ciencia ficción”.

Entretanto, Jarillo-Herrero se había interesado ya por la posibilidad de rotar capas de grafeno una sobre otra a ángulos concretos porque era algo que “nunca se había podido hacer en la historia de la física, era territorio inexplorado y por tanto tenía que dar lugar a algo interesante”. Pero el investigador no sabía cómo llevarlo a cabo en el laboratorio. Durante años, fue capaz de superponer capas de este finísimo material, pero no de elegir el ángulo entre ellas. Por fin,

15 de enero de 2026

consiguió diseñar una manera de controlar este ángulo y de hacerlo cada vez más pequeño hasta llegar al valor “mágico” de $1,1^\circ$, y fue entonces cuando comprobó el extraordinario comportamiento al que daba lugar en el grafeno.

“Fue una sorpresa grande, porque la técnica que empleamos, que era conceptualmente sencilla, fue difícil de llevar a cabo en el laboratorio. Cogimos una lámina, como si fuera de plástico transparente de cocina pero hecha de un material que es cien mil veces más fino que un pelo. La partimos en dos trozos y, sin provocar ninguna arruga, pusimos un trozo encima de otro de manera que estuvieran perfectamente orientados”, explica el investigador.

En sendos artículos publicados en *Nature* en 2018, Jarillo-Herrero constató que el grafeno de ángulo mágico se vuelve o bien aislante o bien superconductor, y es posible además modificar su comportamiento con una precisión nunca vista. Su contribución se convirtió en la más citada del año en todas las áreas de conocimiento, no solo en *Nature* sino en todas las revistas de su grupo editorial. La técnica que desarrollaron permite hoy superponer capas de materiales bidimensionales a cualquier ángulo elegido, dando lugar a todo tipo de propiedades físicas novedosas.

El gran potencial de reproducir cualquier propiedad de la materia con grafeno

El impacto de este hallazgo, según explican los galardonados, no ha hecho más que empezar. Rotando capas de materiales bidimensionales una sobre otra a ángulos diferentes “podemos hacer realidad todos los comportamientos de la materia que existen: no solamente aislantes y superconductores, sino también magnetismo y muchísimos otros comportamientos complejos”, explica Jarillo-Herrero. Hasta ahora, precisa, se necesitaban diferentes elementos de la tabla periódica para observar toda esta gama de propiedades, mientras que el grafeno permite verlos todos en uno: el carbono. Este elemento se convierte en una “piedra filosofal inversa”, asegura el investigador, ya que, en lugar de convertir cualquier material en oro, es el grafeno el que adopta el comportamiento de cualquier otro material.

Sin embargo, para poder llevar todo este conocimiento a aplicaciones industriales, un primer paso esencial será diseñar mejores maneras de fabricar capas de grafeno con orientaciones preestablecidas. El proceso actual es tan artesanal que se tardan semanas o incluso meses en generar uno solo de estos dispositivos, y quienes se dedican a ello son “como monjes medievales haciendo un manuscrito”, a juicio de Jarillo-Herrero. “No tenemos una imprenta que nos permita

15 de enero de 2026

fabricar miles y millones de dispositivos iguales de una vez, y obtenerla requerirá mucho trabajo de investigación en ingeniería básica por el que ya hay un cierto interés en la comunidad”.

Los futuros avances que permitan entender mejor cómo se generan los diversos comportamientos de la materia a partir del grafeno ayudarán a diseñar nuevos materiales con propiedades nunca vistas. “Una de las aplicaciones más probables —afirma MacDonald— es un nuevo tipo de dispositivos, que controlan la transferencia de información entre los ordenadores y los cables de fibra óptica. Es una tecnología muy prometedora, y estos materiales son los mejores candidatos para lograr un control eléctrico de las propiedades ópticas”. Así, una “impresión” de láminas de grafeno rotadas a diferentes ángulos permitirá comprobar la prevista utilidad de estos materiales para las tecnologías cuánticas como la computación o los sensores, y ciertos tipos de inteligencia artificial, con un coste energético mucho menor que el actual.

Biografías de los premiados

Allan H. MacDonald (Antigonish, Nueva Escocia, Canadá, 1951) es licenciado en Física por la Universidad de San Francisco Javier (Nueva Escocia, Canadá) y realizó el máster y el doctorado en Física en la Universidad de Toronto entre 1973 y 1978. Fue investigador postdoctoral y científico investigador del Consejo Nacional de Investigación de Canadá, en Ottawa, entre 1978 y 1987, periodo en el que pasó un año como científico visitante en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (ETH Zurich), en Suiza. En 1988, fue asesor del Instituto Max Planck para la Investigación del Estado Sólido, Stuttgart, Alemania. Entre 1987 y 2000 fue catedrático de Física en la Universidad de Indiana (Estados Unidos) y desde entonces ha trabajado en la Universidad de Texas en Austin, donde es titular de la Cátedra de Física Sid W. Richardson. Su investigación se ha traducido en más de 1000 publicaciones que acumulan en torno a 110.000 citas, y en tres patentes. Ha impartido más de 500 conferencias y seminarios y ha sido miembro de los respectivos comités ejecutivos de la División de Materia Condensada tanto en la Sociedad Canadiense de Física como en la Sociedad Americana de Física. Entre los consejos asesores en los que ha participado figuran el del Instituto Canadiense de Investigación Avanzada y el del Instituto Kavli de Física Teórica.

Pablo Jarillo-Herrero (Valencia, España, 1976) se licenció en Ciencias Físicas por la Universidad de Valencia (1999), obtuvo el máster en Física en la Universidad de California en San Diego (2001) y se doctoró en la Universidad Tecnológica de Delft (Países Bajos) en 2005. Después de trabajar como Nano Research Initiative Fellow en la Universidad de Columbia (Estados Unidos), en 2008 se incorporó al Instituto Tecnológico de Massachusetts, donde hoy es titular de la

15 de enero de 2026

Cátedra de Física Cecil e Ida Green. El impacto de sus más de 160 publicaciones le han ganado la condición de Highly Cited Researcher (Clarivate Analytics-Web of Science) de manera ininterrumpida desde 2017. Ha impartido más de 300 conferencias, es titular de cuatro patentes y *Distinguished Visiting Professor* en el Instituto de Ciencias Fotónicas-ICFO (Barcelona, España). En el MIT es, entre otros cargos, codirector de la MIT Quantum Initiative, director asociado del Laboratorio de Investigación en Electrónica y miembro del Comité Ejecutivo del Centro para el Avance de los Semimetales Topológicos. Es fundador y organizador de Rising Stars in Physics Workshops, talleres para impulsar la carrera académica de jóvenes investigadoras celebradas en el MIT, Stanford, Princeton, Berkeley y Columbia.

Nominadores

En esta edición se recibieron 98 nominaciones que incluyen un total de 106 candidatos. Los investigadores premiados fueron nominados por Deepto Chakrabarty, catedrático y director del Departamento de Física en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos); Kees Eijkel, director general de QuTech (Universidad de Delft, Países Bajos), el Instituto de Ciencias Fotónicas-ICFO (Barcelona, España), a través de su director, Oriol Romero-Isart, y Robert Sewell, vicedirector de Personas, Educación y Cultura; Pablo Laguna, catedrático y director del Departamento de Física en la Universidad de Texas en Austin (Estados Unidos); y la Real Sociedad Española de Física, a través de su presidente Luis Viña.

Jurado y Comité Técnico de Ciencias Básicas

El jurado de esta categoría ha estado presidido por **Theodor W. Hänsch**, director emérito de la División de Espectroscopia Láser en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Alemania) y premio Nobel de Física; y ha contado como secretaria con **Aitziber López Cortajarena**, profesora de Investigación Ikerbasque, directora científica y líder del Grupo de Nanotecnología Biomolecular en CIC biomaGUNE, Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales (España).

Los vocales han sido **Emmanuel Candès**, titular de la Cátedra Barnum-Simons en Matemáticas y Estadística en la Universidad de Stanford (Estados Unidos); **María José García Borge**, profesora de Investigación en el Instituto de Estructura de la Materia (IEM), CSIC (España); **Nigel Hitchin**, catedrático emérito Savilian de Geometría en el Instituto Matemático de la Universidad de Oxford (Reino Unido); **Martin Quack**, catedrático y director del Grupo de Cinética y Espectroscopia Molecular en el ETH Zúrich (Suiza); y **Sandip Tiwari**, titular emérito de la Cátedra

15 de enero de 2026

Charles N. Mellowes de Ingeniería en la Universidad Cornell (Estados Unidos) y *Distinguished Visiting Professor* en el Instituto Indio de Tecnología en Kanpur (India).

El **Comité Técnico de Apoyo**, encargado de la preevaluación de las nominaciones, ha estado coordinado por la **Dra. Elena Cartea**, vicepresidenta adjunta de Áreas Científico-Técnicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y se ha estructurado en tres comisiones. La Comisión de Física ha estado coordinada por **María Soledad Martín González**, profesora de Investigación en el Instituto de Micro y Nanotecnología de Madrid (IMN-CNM, CSIC); e integrada por **Alberto Casas González**, profesor de Investigación en el Instituto de Física Teórica (IFT, CSIC-UAM); **Lourdes Fábrega Sánchez**, científica titular en el Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona (ICMAB, CSIC); **Carmen García García**, profesora de Investigación en el Instituto de Física Corpuscular (CSIC-UV); y **Alejandro Luque Estepa**, científico titular en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA, CSIC). La Comisión de Química ha estado coordinada por **José M. Mato**, director general de CIC bioGUNE y de CIC biomaGUNE, e integrada por **Miguel Ángel Bañares González**, profesor de Investigación en el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP, CSIC); **Antonio Chica Lara**, coordinador del Área Global Materia del CSIC e investigador Científico en el Instituto de Tecnología Química (ITQ, CSIC-UPV); **Ethel Eljarrat Essebag**, investigadora Científica y directora del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA, CSIC); **Jesús Jiménez-Barbero**, director científico de CIC bioGUNE y profesor de Investigación Ikerbasque en el Área de Glicobiología Química; **Gonzalo Jiménez-Osés**, investigador principal en el Área de Química Computacional de CIC bioGUNE; **Luis Liz-Marzán**, investigador principal en el Área de Bio-nanoplasmónica de CIC biomaGUNE; **Aitziber López Cortajarena**, profesora de Investigación Ikerbasque, directora científica e investigadora principal en el Área de Nanotecnología Biomolecular de CIC biomaGUNE; y **María Luz Sanz Murias**, investigadora Científica y vicedirectora en el Instituto de Química Orgánica General (IQOG, CSIC). La Comisión de Matemáticas ha estado coordinada por **José María Martell Berrocal**, profesor de Investigación y vicepresidente de Investigación Científica y Técnica del CSIC, e integrada por **María Jesús Carro Rossell**, catedrática de Análisis Matemático en la Universidad Complutense de Madrid; **Alberto Enciso Carrasco**, profesor de Investigación en el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT, CSIC); **Francisco Martín Serrano**, catedrático de Geometría Diferencial en la Universidad de Granada; y **Rosa María Miró Roig**, catedrática de Álgebra en la Universidad de Barcelona.

15 de enero de 2026

Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

La Fundación BBVA tiene entre sus focos de actividad el fomento de la investigación científica y la creación cultural de excelencia, así como el reconocimiento del talento.

Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, dotados con 400.000 euros en cada una de sus ocho categorías, reconocen e incentivan contribuciones de singular impacto en las ciencias básicas, la biomedicina, las ciencias del medio ambiente y el cambio climático, las tecnologías de la información y la comunicación, las ciencias sociales, la economía, las humanidades y la música. El objetivo de los galardones, desde su creación en 2008, es celebrar y promover el valor del conocimiento como un bien público sin fronteras, que beneficia a toda la humanidad, siendo la mejor herramienta para afrontar los grandes desafíos globales de nuestro tiempo y ampliar la visión del mundo de cada persona. Sus ocho categorías se corresponden con el mapa del conocimiento del siglo XXI.

En esta familia de premios la Fundación BBVA cuenta con la colaboración de la principal organización pública española de investigación, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que designa Comités Técnicos de Apoyo, integrados por destacados especialistas del correspondiente ámbito de conocimiento, que llevan a cabo la primera valoración de las candidaturas, elevando al jurado una propuesta razonada de finalistas. El CSIC designa, además, la presidencia de cada uno de los ocho jurados en las ocho categorías de los premios y colabora en la designación de todos sus integrantes, contribuyendo así a garantizar la objetividad en el reconocimiento de la innovación y excelencia científica. La Presidencia del CSIC participa también de manera destacada en la ceremonia de entrega de los galardones que cada año se celebra en Bilbao, sede permanente de los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento.

CONTACTO:

Departamento de Comunicación y Relaciones Institucionales

Tel. 91 374 52 10 / 91 374 81 73 / 91 537 37 69

comunicacion@fbbva.es

Para información adicional sobre la Fundación BBVA, puede visitar: www.fbbva.es