

En Física y Química, Biología y Biomedicina e Ingenierías

# El Programa Fundamentos impulsa 12 proyectos científicos de vanguardia que explorarán cuestiones centrales en tres grandes áreas de conocimiento

- **Los proyectos seleccionados explorarán aspectos fundamentales de cuestiones** como la estabilidad de la red eléctrica frente al riesgo de un 'gran apagón'; la reconstrucción de las ciudades tras episodios extremos como danas e incendios; el mecanismo que convierte una célula sana en leucemia infantil; la búsqueda de nuevas estrategias frente a la resistencia a los antibióticos; el desarrollo de una química más sostenible; y la creación de nuevos materiales para impulsar la computación cuántica
- **Las 12 investigaciones responden a la esencia del Programa Fundamentos: la generación de conocimiento básico** en cuestiones definitorias de cada campo disciplinar, así como a explorar intersecciones entre varios de ellos
- **Tres comisiones de expertos evaluadores en cada campo han concedido 12 ayudas, por un importe total de tres millones de euros,** a proyectos que tendrán un plazo de ejecución de 3 años en las áreas de Física y Química; Biología y Biomedicina; e Ingenierías

Una tecnología innovadora capaz de blindar la red eléctrica frente al riesgo de otro 'gran apagón'; una planificación urbana que proteja mejor las ciudades frente a danas, incendios y otros extremos climáticos; el estudio del mecanismo que lleva a que una célula sana derive en leucemia infantil; una estrategia novedosa para combatir la resistencia de las bacterias a los antibióticos; nuevos materiales superconductores que impulsan la construcción de ordenadores cuánticos; catalizadores que abren la puerta a una química más eficiente y sostenible; 'chips' de luz que optimizan tanto la potencia como la eficiencia de la computación... Estos son los principales objetivos de algunos de los 12 innovadores proyectos seleccionados por el Programa Fundamentos, diseñado por la Fundación BBVA para apoyar investigaciones exploratorias, de carácter fundamental e interdisciplinar, sobre cuestiones centrales de ciencia

básica. Tras valorar un total de 633 solicitudes, las comisiones de expertos evaluadores han concedido 12 ayudas de hasta 250.000 euros cada una en tres grandes áreas de conocimiento: Física y Química; Biología y Biomedicina; e Ingenierías.

Desde hace más de dos décadas, la actividad de la Fundación BBVA se ha centrado en impulsar la generación de conocimiento a través del apoyo a las diferentes facetas de la investigación científica, así como su proyección a la sociedad, como la mejor forma de abordar los principales retos del siglo XXI. El Programa Fundamentos, dotado con un total de 3.000.000 euros, constituye una apuesta diferencial por la ciencia básica, mediante el apoyo a proyectos exploratorios sobre cuestiones centrales o fundacionales de un campo o disciplina en su estadio actual de desarrollo, o cuestiones del mismo carácter fundamental resultado de la intersección de varias disciplinas. La Fundación BBVA complementa este esquema con el Programa Prismas y Problemas –que cuenta también con una dotación total de 3.000.000 euros–, concebido para impulsar la investigación aplicada a través de proyectos innovadores e interdisciplinares dirigidos específicamente hacia algunas de las cuestiones de la mayor relevancia social y medioambiental del siglo XXI.

“El Programa Fundamentos se orienta a equipos de investigación consolidados, con experiencia relevante, que abordan problemas fundamentales en su área de trabajo. El carácter de la convocatoria permite a los investigadores centrarse en temas exploratorios arriesgados que no serían financiados en convocatorias que exigen la aplicación directa”, resalta la profesora María Henar Miguélez Garrido, catedrática de Ingeniería Mecánica en la Universidad Carlos III de Madrid y presidenta de la comisión evaluadora de Ingenierías.

“Si no conocemos los fundamentos, las bases del conocimiento, no podemos diseñar ni aplicar ninguna tecnología realmente innovadora. Por eso es tan importante un programa como éste, cuya convocatoria ha sido un éxito, con proyectos muy competitivos que exploran cuestiones fundamentales, sobre todo en estos momentos en los que se tiende a buscar resultados rápidos y aplicaciones inmediatas”, destaca por su parte Avelino Corma, profesor de Investigación de Catálisis del Instituto de Tecnología Química (CSIC – Universitat Politècnica de València), Premio Fronteras del Conocimiento 2025 en Ciencias Básicas y presidente de la comisión evaluadora de Física y Química.

“Además de centrarse en cuestiones fundamentales, destacaría que la originalidad de los proyectos seleccionados viene de la mano de la interacción o la confluencia entre el mundo de la biología y la biomedicina con la física, las matemáticas, y desarrollos de la ingeniería y la ciencia

de datos. Los equipos que van a desarrollar los proyectos incorporan perfiles y conocimientos diversos con el objetivo común de dar respuesta a preguntas fundamentales", señala Isabel Varela-Nieto, profesora de investigación en el Instituto de Investigaciones Biomédicas Sols Morreale (CSIC – Universidad Autónoma de Madrid) y presidenta de la comisión evaluadora de Biología y Biomedicina.

El Programa Fundamentos está abierto a proyectos liderados por hasta dos investigadores principales (IPs) de una o más disciplinas, pudiendo incorporar también investigadores adscritos a centros de cualquier otro país. En la convocatoria que se acaba de fallar, los 12 proyectos seleccionados están liderados por IPs de 16 centros de investigación españoles con sedes en Cataluña (7), Madrid (5), País Vasco (2), Valencia (1) y Andalucía (1). En cuanto a la composición de los equipos, sus integrantes proceden de 24 centros, que incluyen tres centros internacionales de Alemania, Austria y Países Bajos.

A continuación, se presentan los objetivos principales de los doce proyectos seleccionados, así como a sus investigadores principales y los integrantes de cada equipo. La composición completa de las tres comisiones evaluadoras que han seleccionado los proyectos puede consultarse en la web de la Fundación BBVA.

## FÍSICA Y QUÍMICA

### Hacia una química más verde a través de catalizadores inspirados en la naturaleza

**Proyecto:** "Catálisis reticular mimética de enzimas" (RETICAT)

**Investigadores principales:** Miquel Costas Salgueiro (Universitat de Girona) y Daniel MasPOCH Comamala (Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia, ICN2).

**Miembros del equipo:** Arnau Call Quintana (Universitat de Girona) y Xavi Ribas Salamaña (Universitat de Girona).

El objetivo de este proyecto es lograr un avance fundamental hacia el desarrollo de una química más sostenible, a través de un nuevo tipo de catalizadores inspirado en las moléculas de la naturaleza. "La idea es disruptiva porque no se trata de mejorar técnicas que ya existen, sino de desarrollar nuevos procesos intrínsecamente más sostenibles que no son posibles con la química que tenemos hoy en día", explica Miquel Costas, catedrático de Química Inorgánica en la Universitat de Girona y uno de los investigadores principales del proyecto.

El equipo pretende simular artificialmente ciertas características de las enzimas, es decir, las moléculas que funcionan en los organismos como catalizadores biológicos, acelerando y facilitando las reacciones químicas necesarias para la vida. En concreto, la idea es “mimetizar” la estructura de las cavidades que existen en las enzimas, controlando la selectividad y la estabilidad de las reacciones químicas que se producen en su interior. Para lograr este objetivo, se utilizarán unas estructuras reticulares denominadas MOF y COF (siglas en inglés de *Metal Organic Frameworks* y *Covalent Organic Frameworks*) –concebidas originalmente por Omar Yaghi, Premio Fronteras del Conocimiento 2018 en Ciencias Básicas– compuestas del mismo tipo de metales que poseen las enzimas, imitando así la eficiencia de los catalizadores en la naturaleza.

“De esta manera, podemos conseguir una vía para la síntesis química mucho más directa, generando por lo tanto muchos menos residuos”, resalta Costas. “Así, desde el punto de vista de la sostenibilidad, se pueden conseguir reacciones mucho más eficientes de las que existen en la actualidad”.

A lo largo de los tres años que dure el proyecto, el equipo de investigadores espera poder demostrar la “prueba de concepto” con los primeros prototipos de estos nuevos catalizadores. Una vez demostrada su eficacia, Costas considera que esta tecnología puede tener un impacto transformador en la industria química, principalmente en el sector farmacéutico: “Creemos que se podrán modificar reacciones con compuestos como los esteroides, que son la base de muchos fármacos, y por tanto tener aplicaciones importantes en este ámbito”.

### En busca de simuladores cuánticos para predecir mejor el comportamiento de la materia

**Proyecto:** “Materia cuántica artificial: de materiales 2D a redes de espines” (NPhoQuSS)

**Investigadores principales:** Antonio Isaac Fernández Domínguez (Universidad Autónoma de Madrid) y Alejandro González Tudela (Instituto de Física Fundamental, CSIC).

**Miembros del equipo:** Johannes Feist (Universidad Autónoma de Madrid); Daniel González Cuadra (Instituto de Física Teórica, CSIC); Diego Martín Cano (Universidad Autónoma de Madrid); Alejandro Manjavacas Arévalo (Instituto de Física y Química, CSIC); Carlos Sánchez Muñoz (Instituto de Física Fundamental, CSIC) y Peter Zoller (Universidad de Innsbruck, Austria).

Este proyecto tiene por objetivo sentar las bases teóricas para dar el siguiente paso en dos aspectos clave de las tecnologías cuánticas: las mediciones ultraprecisas y la simulación de

sistemas de física o química hasta ahora difíciles de modelizar y, por tanto, de conocer en detalle.

Desde hace unas dos décadas, es posible controlar el comportamiento de la luz de manera muy precisa, a escala nanométrica. Pero en los últimos años este control se está afinando en gran medida hasta el punto de que las propiedades cuánticas de la luz también se pueden observar y manipular para medir o, incluso, aprovechar, los efectos cuánticos que se dan en la materia. “Queremos ver si podemos usar los nuevos sistemas de nanofotónica cuántica para sobrepasar algunas de las limitaciones que tienen las tecnologías cuánticas actualmente”, afirma Alejandro González Tudela, investigador científico en el Instituto de Física Fundamental (CSIC) y uno de los investigadores principales del proyecto, en el que también participa Peter Zoller, catedrático emérito de Física Teórica en la Universidad de Innsbruck (Austria) y Premio Fronteras del Conocimiento 2009 en Ciencias Básicas.

El proyecto, liderado también por Antonio Fernández Domínguez (profesor titular de Física de la Materia Condensada en la Universidad Autónoma de Madrid), se centrará en buscar el potencial de los sistemas nanofotónicos para dos aplicaciones fundamentales: los sensores cuánticos y la simulación cuántica. En el primer caso, las propiedades cuánticas abren la puerta a tener sensores aún más precisos que los actuales y, en el segundo, el objetivo último es construir simuladores más versátiles que permitan modelizar la materia mucho mejor de lo que es posible con ordenadores tradicionales, y así predecir su comportamiento de manera más precisa.

Aunque la investigación será exclusivamente teórica, el equipo aspira a que sus avances se comprueben experimentalmente a medio plazo. Entretanto, el objetivo es desarrollar las técnicas matemáticas y computacionales que permitan describir estos nuevos sistemas de interés, y después predecir los límites de su comportamiento. “Estas predicciones podrán servir de guía a nuestro campo de investigación para marcar hacia dónde tienen que ir los experimentos”, concluye González Tudela.

## **Materiales superconductores para construir ordenadores cuánticos más potentes**

**Proyecto:** “Artificial Quantum Matter: From 2D Materials to Spin Lattice Systems” (AQM■2MSLS)

**Investigadores principales:** Francisco Guinea López (Donostia International Physics Center, DIPC) e Iván Brihuega Álvarez (Universidad Autónoma de Madrid).

**Miembros del equipo:** Dario Bercioux (Donostia International Physics Center, DIPC); Deung-Jang Choi (Centro de Física de Materiales y Donostia International Physics Center, DIPC); Mikhail I. Katsnelson (Radboud University, Países Bajos y Constructor

University, Alemania) y José Ángel Silva Guillén (IMDEA Nanociencia).

Este proyecto pretende crear materiales artificiales que tengan propiedades como la superconductividad, que sean útiles, por ejemplo, para construir ordenadores cuánticos. Aunque ya se exploran diversas plataformas para desarrollar este tipo de dispositivos, tanto desde la investigación académica como desde las grandes empresas tecnológicas, aún no hay una estrategia que domine sobre las demás. Por ello, este proyecto tiene por objetivo combinar la investigación teórica con la experimentación en el laboratorio para explorar el potencial de las redes de átomos individuales, en dos dimensiones, para controlar en un altísimo nivel de detalle las propiedades del material resultante.

“Si se pudieran fabricar materiales artificiales que combinaran las propiedades de varios materiales aparentemente muy diferentes, se conseguirían nuevas funcionalidades que irían más allá de lo que la naturaleza nos ofrece”, explica Francisco Guinea, investigador sénior en el Donostia International Physics Center y uno de los investigadores principales del proyecto.

Para ello, explorarán tres vías principales para construir las redes: átomos de hidrógeno empujados uno a uno sobre un sustrato que puede ser de grafeno o de otros materiales; puntos cuánticos fabricados a partir de pedazos de metal de tamaño nanométrico y ordenados para formar la red; o materiales bidimensionales ya existentes, como el grafeno, deformados.

Así, el equipo —coliderado por Iván Brihuega, profesor titular de Física de la Materia Condensada en la Universidad Autónoma de Madrid— aspira a construir una red bidimensional por la que la corriente eléctrica pueda pasar sin sufrir pérdidas, es decir, que sea superconductora. “Esta propiedad se ha observado en muchos materiales, pero sería muy interesante poder controlar a qué temperatura un material se vuelve superconductor”, argumenta Guinea. Esta red serviría de prueba de concepto, para, a medio plazo, perfeccionar la construcción de estas redes bidimensionales e incluso explorar cómo ampliarlas a tres dimensiones.

### Nanopartículas diseñadas para la producción segura de nuevos medicamentos

**Proyecto:** “Nanobarras metálicas quirales para (Amino)catálisis enantioselectiva” (CHIMERA)

**Investigadores principales:** Luis Manuel Liz Marzán (CIC biomaGUNE) y Maurizio Prato (CIC biomaGUNE).

**Miembros del equipo:** Lucía Borralló López (CIC biomaGUNE); Lucía Cardo (CIC biomaGUNE); Jinyi Dong (CIC biomaGUNE); Isabel García Martín (CIC

biomaGUNE); Elisa Sturabotti (CIC biomaGUNE) y Gail Vinnacombe-Willson (CIC biomaGUNE).

Muchos fármacos se componen de moléculas orgánicas con una propiedad denominada quiralidad, que puede resultar beneficiosa o tóxica en función de una pequeña diferencia en su estructura (se orientan hacia la derecha o hacia la izquierda). Esta fue precisamente la causa de los daños provocados en la década de los años 50 y 60 por la talidomida, un fármaco diseñado para aliviar las náuseas en mujeres embarazadas, que provocó malformaciones en miles de niños cuyas madres tomaron este medicamento. Por eso es tan fundamental garantizar la pureza en la composición de los fármacos desarrollados a partir de estas moléculas, y para lograrlo se necesitan catalizadores muy precisos. El objetivo del proyecto CHIMERA es desarrollar nanopartículas que puedan resultar de gran utilidad en este ámbito tan fundamental de la biomedicina.

“Debido a la interacción de estas moléculas con proteínas u otros componentes del cuerpo, su efecto puede variar de ser curativo a convertirse en un veneno peligroso”, resalta Luis Manuel Liz Marzán, profesor de investigación en el CIC biomaGUNE y uno de los investigadores principales del proyecto, junto con su colega Maurizio Prato del mismo centro. “La idea que proponemos se basa en la experiencia que hemos desarrollado en nuestro laboratorio para dirigir la fabricación de partículas a escala atómica o un poquito por encima de atómica, de forma que mantengan esa selectividad en el giro a la derecha o a la izquierda”.

Utilizando metales como el oro, el paladio y el platino, el objetivo del equipo es desarrollar esta nueva nanotecnología, de tal manera que se puedan “sintetizar moléculas orgánicas quirales con gran pureza, especialmente aquellas con interés farmacéutico”. Se trata de un proyecto exploratorio de vanguardia, ya que a día de hoy “no se sabe prácticamente nada sobre la complementariedad entre el giro de una partícula en esas escalas y el giro de la molécula que se quiere sintetizar”.

Durante los tres años que durará el proyecto, se realizarán ensayos con distintos tipos de reacciones catalíticas, con el objetivo de perfeccionar una técnica que en el futuro –augura Liz Marzán– se pueda aplicar a la producción de “moléculas de interés farmacéutico”.

## **BIOLOGÍA Y BIOMEDICINA**

### **Desentrañar la red de cambios moleculares que impulsan el envejecimiento**

**Proyecto:** “Métodos causales para entender y mejorar la salud” (CAUSALAGING)

**Investigador principal:** Nicholas Stroustrup (Centre de Regulació Genòmica, CRG)

**Miembro del equipo:** Jeremy Vicencio Gumarao (Centre de Regulació Genòmica, CRG).

El envejecimiento es el principal factor de riesgo para casi todas las enfermedades graves y resulta especialmente difícil de tratar porque origina deterioros muy diversos que interactúan entre sí. “Esta simultaneidad es lo que hace tan difícil estudiar el envejecimiento a nivel molecular. Cuando todo parece fallar a la vez, ¿cómo se puede determinar qué cambio molecular impulsa realmente el proceso y cuáles son tan solo síntomas secundarios?”, señala Nicholas Stroustrup. Y esta es precisamente la pregunta fundamental a la que se enfrenta el CAUSALAGING. “Para responder, se requieren métodos rigurosos que permitan separar las causas de las consecuencias. Si no, se corre el riesgo de invertir tiempo y recursos persiguiendo espejismos en lugar de atacar los problemas de raíz. Así resulta muy complejo desarrollar nuevas terapias”.

CAUSALAGING combinará la genética molecular con un potente enfoque estadístico —conocido como análisis causal— en *Caenorhabditis elegans*, un pequeño gusano que comparte con los humanos numerosos genes, tipos celulares y rutas endocrinas, pero cuya vida se desarrolla en apenas unas semanas. El grupo de Stroustrup desarrolló hace años la denominada *Lifespan Machine*, un sistema de imagen de alto rendimiento que permite seguir en paralelo a decenas de miles de gusanos y registrar así la dinámica del envejecimiento en poblaciones enteras. En CAUSALAGING se recopilarán datos de secuenciación de ARN a gran escala, para medir los efectos de miles de alteraciones genéticas sobre la expresión génica. “Esa información se procesará con técnicas de análisis causal para comprender la secuencia de acontecimientos que, a través de una red interconectada de cambios moleculares en el organismo, impulsan el envejecimiento. Esto permitirá entender mejor cómo surgen las alteraciones simultáneas y, al mismo tiempo, identificar los puntos más prometedores en los que se podría intervenir. Los resultados servirán, además, para desarrollar biomarcadores más precisos que faciliten observar en tiempo real cómo evolucionan moléculas, células y órganos a lo largo de la vida”, concluye.

## El mecanismo de las proteínas ‘desordenadas’ en las células neuronales

**Proyecto:** “Control del pH de las transiciones de fase en condensados biomoleculares y adaptación neuronal” (pHACETransition)

**Investigador principal:** Michael Krieg (Institut de Ciències Fotòniques, ICFO) y Xavier Salvatella Giralt (Institut d’Investigació Biomèdica, IRB Barcelona).

**Miembros del equipo:** Jesús García Arroyo (Institut d'Investigació Biomèdica, IRB Barcelona); Carla Garcia Cabau (Institut d'Investigació Biomèdica, IRB Barcelona); Montserrat Porta de la Riva (Institut de Ciències Fotòniques, ICFO) y Neus Sanfeliu Cerdán (Institut de Ciències Fotòniques, ICFO).

Hace dos décadas, uno de los paradigmas de la biología, que las proteínas se estructuran en plegamientos que determinan sus funciones biológicas, cambió al comprobarse que existen proteínas “desordenadas”, sin plegamientos. Hace una década se comprobó, además, que esas proteínas desordenadas logran suplir la falta de estructura para cumplir con su actividad biológica, ensamblándose entre sí. Esos ensamblajes son altamente dinámicos, las proteínas pueden ensamblarse y dejar de hacerlo, o consolidar el ensamblaje, y en esos procesos intervienen interruptores, factores que desencadenan que se produzca o se acabe el ensamblaje, lo que complica comprender estos mecanismos.

Xavier Salvatella, un químico que trabaja en un centro de investigación biomédica (IRB), y Michael Krieg, un biólogo que trabaja en un centro dedicado a la física (ICFO), han unido sus experiencias para investigar en los últimos años los efectos en términos de actividad biológica de que las proteínas desordenadas se ensamblen o dejen de hacerlo. El resultado han sido varias publicaciones relevantes, la última, en *Nature*, centrada en el nivel de acidez, el pH de las proteínas como interruptor que influye en el equilibrio entre las formas ensambladas, y las no ensambladas, y su relación con el autismo.

Según Salvatella, sus proyectos anteriores les han llevado a la necesidad de entender el mecanismo físico que está detrás de la actividad biológica de las proteínas desordenadas. “Por eso este nuevo proyecto tiene todo el sentido en una convocatoria que incide en los fundamentos. Se trata de responder a preguntas fundamentales: ¿cómo se controla que un ensamblaje dinámico deje de serlo? ¿Cómo la secuencia de la proteína ha evolucionado para controlar esto? ¿cómo funcionan los interruptores? ¿Cómo se conecta esto con el pH y en concreto cómo funciona en las células neuronales?”

Para responder a estas preguntas, el laboratorio de Krieg aportará su experiencia en el estudio de las propiedades mecánicas de las proteínas. “La ciencia va evolucionando. Antes se consideraba que el comportamiento de una célula venía dado por la genética, luego por los estímulos químicos y ahora nos estamos dando cuenta de la influencia que tienen las fuerzas físicas”, explica Salvatella.

## 'Mecanómica': una nueva vía para entender cómo una célula sana se convierte en leucemia

**Proyecto:** "Descifrando el código epimecánico del cáncer: la red mecanómica del nicho leucémico" (LEUKONICHE-FBBVA)

**Investigador principal:** Manuel Ramírez Orellana (Hospital Infantil Universitario Niño Jesús).

**Miembro del equipo:** Francisco Monroy Muñoz (Universidad Complutense de Madrid).

Manuel Ramírez Orellana es un médico centrado en la investigación, y Francisco Monroy es un físico formado en la aplicación de la mecánica a la determinación de fuerzas en células y moléculas. Ambos llevan años colaborando con el objetivo de aplicar un campo naciente, la mecanómica, a la investigación sobre la leucemia infantil. El proyecto parte de que la predisposición genética a padecer un cáncer se desarrolla por la influencia de variables físicas, mecánicas, por lo que intentarán identificar y entender esas variables y el proceso que desencadenan para que una célula sana se convierta en cancerígena. Entender ese proceso físico permitiría, en última instancia, intervenir en su biología. Y dado que se trata de un proceso dinámico, en la investigación utilizarán un modelo vivo, animal, de aparición de la leucemia.

Para ello, disponen de tecnología de microscopía óptica, microfluídica e informática que les permitirá analizar múltiples parámetros en diferentes regiones de la célula y de la médula ósea donde se manifiesta la leucemia. "Partimos de la base de que en biología solo sucede lo que la física permite, por lo que buscaremos las cuestiones físicas que inciden, modulan y finalmente permiten que una célula sana de un niño se convierta en una leucemia", explica Ramírez.

Monroy añade que en el proyecto confluyen tres dimensiones: "la biológica, la física y la ingeniería aplicada a tecnologías de vanguardia, que permitirán procesar toda la información mecánica como la epigenómica y transcriptómica generada en el laboratorio de Manuel". "Contamos con un modelo animal para seguir la evolución desde la salud hasta la leucemia, obtener muestras y analizar su mecanoma; y una vez descifrado, validaremos este "código" en muestras primarias de niños con la enfermedad", desarrolla Ramírez.

Ambos insisten en que, en línea con el espíritu de la convocatoria, el objetivo es entender los fundamentos físicos de desarrollo de la enfermedad, y que, al tratarse de un modelo dinámico, será importante entender no sólo dónde sino también cuándo actuar de lo que, posteriormente, confían en que pueda llegarse a intervenir en ese proceso, lo que tendría aplicaciones en la prevención, diagnóstico y tratamiento.

## Interferir en la evolución de las bacterias para combatir la resistencia a los antibióticos

**Proyecto:** “Descubrir actividades de resistencia antimicrobiana más allá de la resistencia” (Beyond-AMR)

**Investigadores principales:** José Antonio Escudero García-Calderón (Universidad Complutense de Madrid) y Álvaro San Millán Cruz (Instituto de Biotecnología Microbiana, CNB-CSIC).

**Miembros del equipo:** Lucía García Pastor (Universidad Complutense de Madrid) y Laura Ortiz Miravalles (Universidad Complutense de Madrid).

El uso de los antibióticos ha provocado que las bacterias evolucionen y se adapten, volviéndose resistentes a la acción de este grupo de fármacos. Como resultado, la resistencia bacteriana a los antibióticos se ha convertido en un problema crítico en biomedicina. Asumimos que, en ausencia de antibióticos, a las bacterias les cuesta ser resistentes, y que solo en presencia de antibióticos la resistencia les favorece. Es por esto que evitamos a toda costa el uso de antibióticos si no es estrictamente necesario (como en el caso de infecciones causadas por virus). Además, se buscan vías alternativas para luchar contra la resistencia bacteriana, como, por ejemplo, usar moléculas que inhiben los propios mecanismos de resistencia. A pesar de estos esfuerzos, la resistencia a antibióticos sigue aumentando cada año. La vía que va a explorar el equipo liderado por José Antonio Escudero, investigador de la Universidad Complutense, es, a juicio de la comisión evaluadora, realmente innovadora y va al origen mismo del problema. Se trata de intentar interferir en el proceso evolutivo de las bacterias y hacer que “no les compense” volverse resistentes a antibióticos.

“Cada paso en la evolución hacia la multiresistencia tiene un coste. Es decir, cuando las bacterias captan un nuevo gen de resistencia, esto trae consecuencias o efectos en el organismo, que pueden ser positivos, negativos o una mezcla de ambos tipos”, explica Escudero. “El riesgo que supondrá ese organismo para nosotros va a depender del balance final entre las consecuencias positivas y negativas. Lo que nosotros queremos hacer es identificar esas consecuencias para una colección extensa de genes de resistencia. Esto nos permitirá diseñar intervenciones para disminuir las positivas y aumentar las negativas. Así, la resistencia dejará de ser para la bacteria una ventaja evolutiva, es decir, que no le compensará incorporar esa resistencia”. Para conseguirlo los dos investigadores principales van a sumar esfuerzos y recursos, ya que uno de ellos tiene una importante colección de genes de resistencia antimicrobiana y el otro es experto en biología de plásmidos y evolución.

La comisión evaluadora ha valorado positivamente el perfil de los dos investigadores principales del proyecto, que aportan una experiencia considerable en el campo de la resistencia a antibióticos y visiones complementarias de evolución experimental y de biología molecular.

## INGENIERÍAS

### ‘Chips’ de luz para aumentar tanto la potencia como la eficiencia de la computación

**Proyecto:** “Información fotónica analógica” (API)

**Investigadores principales:** José Capmany Franco (Universitat Politècnica de València) y Andrés Macho Ortiz (Universitat Politècnica de València).

**Miembros del equipo:** Cristina Català Lahoz (Universitat Politècnica de València) y Pablo Martínez-Carrasco Romero (Universitat Politècnica de València).

La ciencia computacional combina la teoría de la información, la teoría de la computación y la tecnología para crear sistemas que procesan información de forma autónoma. Si bien la electrónica digital ha sido la piedra angular de este campo, se acerca hoy a sus límites físicos y tecnológicos. El equipo liderado por José Capmany y Andrés Macho ha desarrollado, dentro de la fotónica integrada programable (PIP, por sus siglas en inglés), “una manera de hacer computación con circuitos integrados fotónicos, es decir, con chips fotónicos o chips de luz”, según explica Capmany. El principal objetivo del proyecto es hacer computación utilizando la luz como fuente, para así aumentar significativamente la potencia de computación y procesar el máximo de información en los circuitos.

Esta nueva teoría de la información, que han denominado como información fotónica analógica (API, por sus siglas en inglés), busca crear sistemas de información basados en una nueva unidad de información: el bit analógico o anbit. “Cuando trasladamos información compleja, por ejemplo, el contenido de una pantalla de ordenador o de una imagen, necesitamos ser capaces de comprimir la, de manera que no haga falta enviar una gran capacidad de información u obstruir el canal. Gracias a la tecnología que desarrollamos, tenemos la posibilidad de transmitir de diez a cien veces más información utilizando los mismos recursos”, ilustra Andrés Macho. Además, subraya, utilizar luz como fuente de energía supone un ahorro considerable respecto al procesamiento electrónico de datos.

Para poder explotar directamente, de manera completa, esta forma de hacer computación, el equipo desarrollará toda una parte de conocimientos relativos a cómo se codifica y cómo se

recupera la información que va a ser computada con los chips ópticos. Capmany precisa: “Se trata, primero, de una labor de adaptación: adaptamos la información a un formato que pueda transportarse por luz. Y luego, una vez realizada la computación, extraemos la información de manera fiable, es decir, sin errores”. Complementariamente, han propuesto una teoría computacional, denominada computación fotónica analógica (APC, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es aprovechar la PIP como plataforma computacional óptica independiente.

### Urbanismo complejo frente a extremos climáticos como danas, inundaciones e incendios

**Proyecto:** “Estrategias de recuperación post-catastrófica. La integración de la simulación de fenómenos climáticos extremos en el diseño urbanístico para la mejora de la resiliencia y la complejidad urbana” (URBAN-RECOVERY)

**Investigadores principales:** Roger Joan Sauquet Llonch (Universitat Politècnica de Catalunya) e Inés Aquilué Junyent (Universitat Politècnica de Catalunya).

**Miembros del equipo:** Álvaro Ardura Urquiaga (Universidad Politécnica de Madrid); Ernest Bladé Castellet (Universitat Politècnica de Catalunya); Antoni Grau Saldes (Universitat Politècnica de Catalunya); Pepa Morán Núñez (Universitat Politècnica de Catalunya); José Sergio Palencia Jiménez (Universitat Politècnica de València); Elsa Pastor Ferrer (Universitat Politècnica de Catalunya); Javier Ruiz Sánchez (Universidad Politécnica de Madrid); Beniamino Russo (Universitat Politècnica de Catalunya) y Pascale Vacca (Universitat Politècnica de Catalunya).

El proyecto URBAN-RECOVERY, liderado por los arquitectos e investigadores de la Universitat Politècnica de Catalunya Roger Sauquet e Inés Aquilué, se propone cambiar la manera en que las ciudades responden a catástrofes climáticas como inundaciones o incendios. La iniciativa parte de una idea: la reconstrucción tras estos episodios extremos no debe limitarse a levantar lo que había, sino plantear la necesidad de diseñar ciudades más complejas, resilientes y seguras.

Inundaciones torrenciales e incendios forestales han aumentado en frecuencia y severidad por el cambio climático y representan enormes costes humanos y económicos. Sauquet explica que la innovación de su proyecto reside en integrar directamente los modelos de simulación en la planificación urbana. “Hasta ahora —señala— el planeamiento se quedaba en un ejercicio urbanístico con comprobaciones puntuales, pero sin integrar de verdad los riesgos en el diseño”. Entre estos modelos de simulación se encuentran el programa Iber —simulador de inundaciones— desarrollado por la UPC, que permite modelar el comportamiento de caudales torrenciales; el simulador de incendios FDS (Fire Dynamic Simulator), que reproduce la dinámica de los

incendios forestales, y las plataformas GIS (Geographic Information Systems) y Gemelo Digital Urbano, capaces de recrear en 3D barrios enteros y probar virtualmente estrategias de recuperación. “Un gemelo digital permite evaluar simuladamente cualquier efecto, desde el tráfico hasta el viento o una inundación. Con estas herramientas podemos anticipar escenarios y diseñar ciudades más complejas, en lugar de simplificarlas tras un desastre”, explica el investigador principal del proyecto.

Lo harán, entre otros casos, con el municipio de Paiporta, uno de los más afectados por la dana de 2024: un caso paradigmático para la investigación. Aporta datos de impacto humano y económico sin precedentes que permiten calibrar las simulaciones de inundabilidad y poner a prueba la eficacia de las estrategias de mitigación y adaptación. URBAN-RECOVERY experimentará con escenarios que incluyen rediseño de cauces, regeneración urbana adaptativa y estrategias de contención, generando aprendizajes extrapolables a otras ciudades mediterráneas con vulnerabilidad similar. También estudiarán el incendio de Pont de Vilomara, uno de los que más casas devastó en España en 2022: “lo incorporamos como caso de estudio porque demuestra hasta qué punto una catástrofe puede convertirse en laboratorio para introducir cambios profundos”.

“Uno de los objetivos principales del proyecto es evaluar las reconstrucciones ya emprendidas, detectar si hay formas de mejora y ofrecer recomendaciones concretas”, explica Sauquet: “Una catástrofe provoca que la sociedad esté más concienciada y que se dediquen recursos extraordinarios para actuar”, concluye.

## Blindar la red eléctrica con inversores inteligentes para prevenir un gran apagón

**Proyecto:** “Arquitecturas y control para aumentar la estabilidad en dispositivos integrados en la red” (ACES-GRID)

**Investigadores principales:** Carlos Olalla Martínez (Universitat Rovira i Virgili) y Àngel Cid Pastor (Universitat Rovira i Virgili).

**Miembros del equipo:** Francesc Guinjoan Gispert (Universitat Politècnica de Catalunya) y Oswaldo López Santos (Universitat Rovira i Virgili).

**Importe de la ayuda:** 249.625 euros.

Un gran apagón dejó España a oscuras en abril de 2025; en apenas unos segundos se perdió más de la mitad de la electricidad que consumía el país y el sistema se desplomó. Aunque la

investigación oficial aún no ha identificado una causa definitiva, los expertos coinciden en algo: la red eléctrica es hoy más vulnerable porque no se ha adaptado a la presencia cada vez mayor de la energía renovable y de la electrónica que la hace posible.

Un mes antes de ese fallo, un grupo de investigadores liderado por Carlos Olalla y Ángel Cid – ambos de la Universitat Rovira i Virgili – presentaron a la convocatoria Fundamentos el proyecto ACES-GRID, cuyo objetivo es reforzar la red con inversores inteligentes capaces de evitar un determinado tipo de fallo eléctrico antes de que se convierta en un apagón.

Una de las hipótesis del estudio es que existe un problema de fondo: que los inversores fotovoltaicos —dispositivos que transforman la energía solar para inyectarla en la red— se han diseñado pensando sobre todo en maximizar la eficiencia. Cuando se multiplican por miles, esas etapas de conversión pueden interactuar entre sí y generar armónicos y resonancias: fenómenos, imperceptibles a pequeña escala, que pueden propagarse y amplificarse hasta provocar reacciones en cadena. El proyecto busca analizar con precisión esas resonancias que, en ocasiones, desencadenan inestabilidades y hacen que los equipos se protejan apagándose.

Una de las claves está en dotar a los inversores de “inercia virtual”, algo parecido a tener un colchón de energía extra que se libera en milésimas de segundo para estabilizar el sistema. En las centrales hidráulicas, la masa de agua embalsada actúa como amortiguador natural frente a cambios bruscos. Las placas solares no tienen esa ventaja, pero los supercondensadores que propone ACES-GRID pueden imitarla a pequeña escala. “Queremos que los inversores dejen de ser simples convertidores de energía y pasen a ser estabilizadores activos”, explica Cid. Si lo consiguen, España y Europa podrían avanzar hacia un futuro mucho más renovable, con la tranquilidad de que la red será más robusta, incluso frente a tormentas técnicas como la que pudo haber originado el gran apagón de abril.

El plan de investigación incluye simulaciones avanzadas capaces de reproducir escenarios de inestabilidad similares a los que desembocan en un apagón; diseño de prototipos de inversores mejorados, probados en laboratorio con perturbaciones controladas; y colaboración con operadores eléctricos y fabricantes, para contrastar modelos con datos reales y validar hipótesis en entornos seguros.

## Algas para regenerar las aguas urbanas y mejorar los cultivos del ‘huerto de Europa’

**Proyecto:** “Soluciones basadas en microalgas para una agricultura resiliente y circular” (ALBOR)

**Investigadores principales:** Francisco Gabriel Acién Fernández (Universidad de Almería) y Miguel Urrestarazu Gavilán (Universidad de Almería).

**Miembros del equipo:** Fernando Marcelo Chiamolera Gallon (Universidad de Almería); Cintia Gómez Serrano (Universidad de Almería); José Luis Guzmán Sánchez (Universidad de Almería); Ainoa Morillas España (Universidad de Almería) y Tatiana Pagan Loeiro da Cunha (Universidad de Almería).

Dos grupos de investigación en la Universidad de Almería –uno de perfil más químico, con Francisco Gabriel Acién Fernández a la cabeza, y otro especializado en ingeniería agrónoma, dirigido por Miguel Urrestarazu Gavilán– han unido sus fuerzas para afrontar el desafío de la escasez hídrica en regiones mediterráneas a través de la innovación de la regeneración de las aguas. Durante los últimos dos años, en vez de considerar tecnologías convencionales de depuración, exploraron soluciones biológicas, que implican a las microalgas, para tratar aguas residuales urbanas y transformarlas en aptas para uso agrícola. Acién sintetiza el propósito de ALBOR: “Queremos dar un empuje a estas tecnologías para que se conviertan en realidad. Esta solución natural ahorraría costes y equipararía los estándares de seguridad y limpieza del agua tratada en depuradoras convencionales”.

Ambos investigadores subrayan la importancia del arraigo hortícola de Almería, la provincia en la que trabajan, considerada el “huerto de Europa”, y en la que el componente del agua es fundamental. Urrestarazu apunta que un manejo técnico adecuado de estas aguas puede incluso beneficiar la producción de algunos cultivos: “Estamos demostrando que, en las ocho grandes hortalizas que se cultivan en Almería (tomate, pimiento, berenjena, calabacín, judía verde, melón y sandía), está aumentando su calidad nutracéutica, es decir, que proporcionan beneficios adicionales a la salud al ser más ricos en anticancerígenos, vitaminas, y antioxidantes”.

El proyecto incluye una estrategia de transferencia de conocimiento y difusión, dirigida a agricultores, administraciones y actores clave del territorio. “Queremos que estas tecnologías sean muy fáciles de implantar, y que los propios agricultores, sin necesidad de ingenieros, puedan hacerlas funcionar”, informa Acién. Para ello, están implementando herramientas de vanguardia como microscopía digital, citometría de flujo, espectroscopía NIR, HPLC-MS, ICP-MS y análisis ómicos, que permitirán medir parámetros de cultivo y hacer que los sistemas sean autosuficientes. Así, pequeñas y medianas poblaciones de 10.000 a 50.000 habitantes, en las que sería muy costoso instalar una depuradora convencional, serían capaces de transformar todos los días miles de metros cúbicos de agua residual en la misma cantidad de agua limpia para soportar la agricultura local.

**CONTACTO:**

**Departamento de Comunicación y Relaciones Institucionales**

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

[comunicacion@fbbva.es](mailto:comunicacion@fbbva.es)

Para información adicional sobre la Fundación BBVA, puede visitar:

<https://www.fbbva.es/>