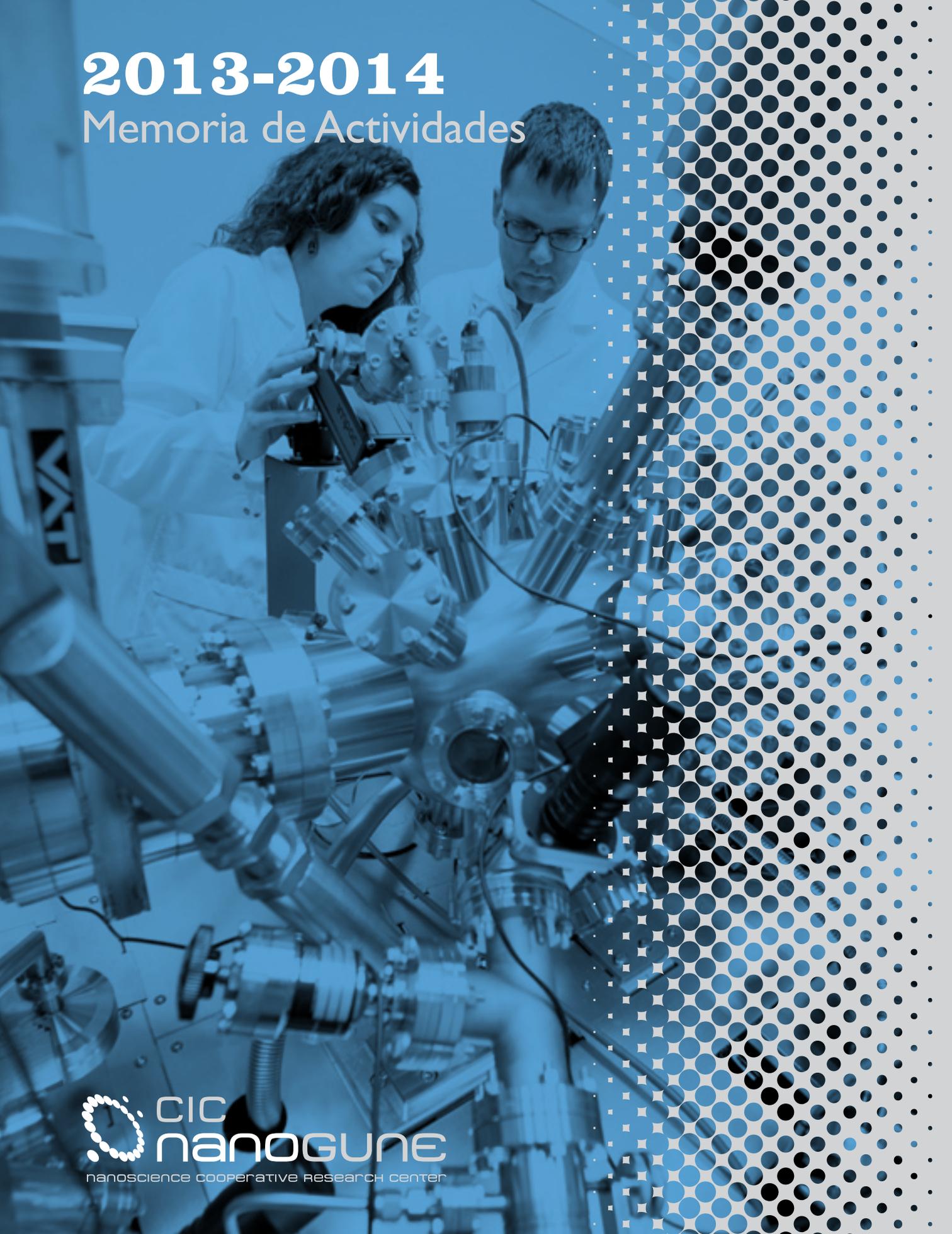


# 2013-2014

## Memoria de Actividades



CIC  
nanOGUNE

nanoscience cooperative RESEARCH center

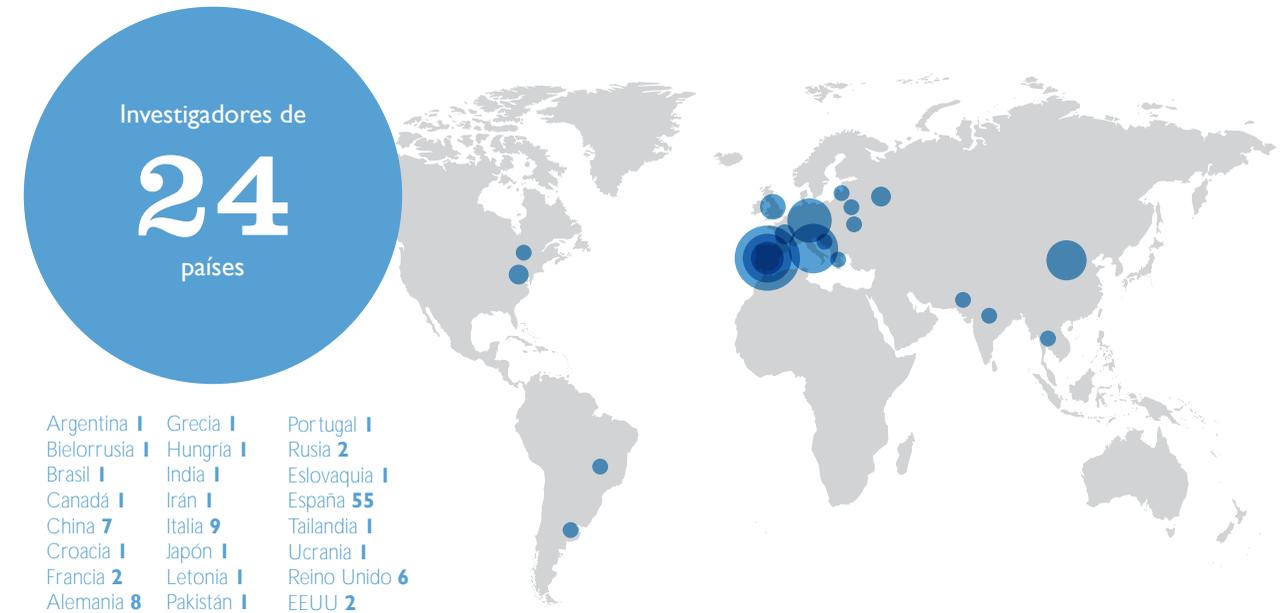
[www.nanogune.eu](http://www.nanogune.eu)  
Tolosa Hiribidea, 76  
E-20018 Donostia - San Sebastian  
+ 34 943 574 000

nanoGUNE en cifras	<b>4</b>
Mensaje del Director	<b>6</b>
<b>1</b> Investigadores en Acción	<b>8</b>
<b>Nanomagnetismo</b>	<b>9</b>
<b>Nanoóptica</b>	<b>10</b>
<b>Autoensamblado</b>	<b>11</b>
<b>Nanobiomecánica</b>	<b>12</b>
<b>Nanodispositivos</b>	<b>13</b>
<b>Microscopía electrónica</b>	<b>14</b>
<b>Teoría</b>	<b>15</b>
<b>Nanomateriales</b>	<b>16</b>
<b>Nanoimagen</b>	<b>17</b>
<b>3</b> Transferencia de Tecnología	<b>18</b>
<b>4</b> Servicios Externos	<b>20</b>
<b>5</b> Conectando con la Sociedad	<b>22</b>
<b>6</b> Organización y Financiación	<b>24</b>
nanoPeople	<b>28</b>

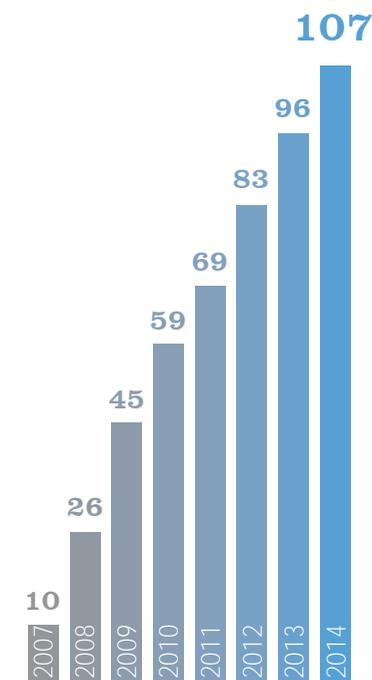
# nanoGUNE en cifras



Nuestra misión es llevar a cabo investigación de excelencia en nanociencia y nanotecnología con el objetivo de incrementar la competitividad empresarial y el desarrollo económico del País Vasco



## nanoPeople (incluyendo estudiantes y visitantes)



Personal de nanoGUNE a 31 de diciembre de 2014



“Aprovecharemos el extraordinario potencial que nos ofrece el nanomundo”

La nanociencia y la nanotecnología se han venido desarrollando durante más de dos décadas. Durante este tiempo el avance ha sido extraordinario; pero podemos asegurar, no obstante, que la nanotecnología se encuentra aún en su infancia. Desde el descubrimiento del microscopio de efecto túnel a principios de los años ochenta y el desarrollo de la química supramolecular, se ha llegado a controlar la materia átomo a átomo y se han creado nuevos materiales con propiedades inesperadas, dispositivos electrónicos que quizá algún día lleguen a ser *espintrónicos* y nanopartículas funcionalizadas que podrían actuar en nuestro cuerpo como verdaderos «caballos de Troya».

La nanociencia es una disciplina transversal que está ya contribuyendo a grandes avances en diversas ramas de la industria, desde el sector de la producción al sector energético y al de la salud, y se espera, asimismo, que dé lugar a una nueva revolución social y económica. En nanoGUNE estamos comprometidos con el reto de situar el País Vasco a la vanguardia de esta revolución, mediante una investigación de excelencia en nanociencia y nanotecnología y la creación de un marco de cooperación eficaz que

permita a nuestras empresas acceder a múltiples aplicaciones de la nanotecnología, aumentando así su competitividad global.

Gracias al apoyo de numerosas personas e instituciones públicas, en especial del Gobierno Vasco y nuestro Comité Asesor Internacional, hemos alcanzado la velocidad de crucero. Hemos creado un equipo formado por nueve grupos de investigación de reconocido prestigio internacional que trabajan en una infraestructura puntera en estrecha colaboración con laboratorios de todo el mundo. Y es precisamente ese afán por investigar el que define nuestra misión, junto con el claro compromiso que hemos adquirido con nuestra sociedad y que se traduce en la transferencia de tecnología, la formación de alto nivel y la divulgación de nuestra actividad.

Durante los dos últimos años hemos realizado notables aportaciones a los campos del nanomagnetismo, la nanoóptica, el autoensamblado, la nanobiomecánica, los nanodispositivos, la microscopía electrónica, la teoría, los nanomateriales y la nanoimagen. Cabe destacar que hemos formado un nuevo

grupo de investigación, el grupo de nanobiomecánica, dirigido por el profesor Ikerbasque Raúl Pérez-Jiménez, y que hemos puesto en marcha el departamento de Servicios Externos con el fin de ofrecer servicios de caracterización y nanofabricación a usuarios tanto académicos como industriales. Actualmente, nuestro equipo está formado por más de 70 investigadores (incluyendo estudiantes de doctorado y post-docs) y técnicos provenientes de un total de 24 países, a los cuales hay que añadir un buen número de investigadores invitados que pasan cierto tiempo en nuestras instalaciones.

Asimismo, hemos respondido con éxito a nuestro compromiso de transferir conocimiento y tecnología a la industria y a la sociedad en general. Hemos puesto en marcha varias iniciativas de transferencia de tecnología a nuestro entorno industrial y hemos creado nuevas empresas de base tecnológica. Graphenea, nuestra primera start-up, fundada hace cuatro años, comercializa en todo el mundo obleas de grafeno de alta calidad. Asimismo, este último año hemos fundado tres nuevas empresas en los ámbitos de las simulaciones a escala

atómica (Simune), recubrimientos (Ctech-nano) y tecnologías relacionadas con la evolución y la genómica (Evolgene).

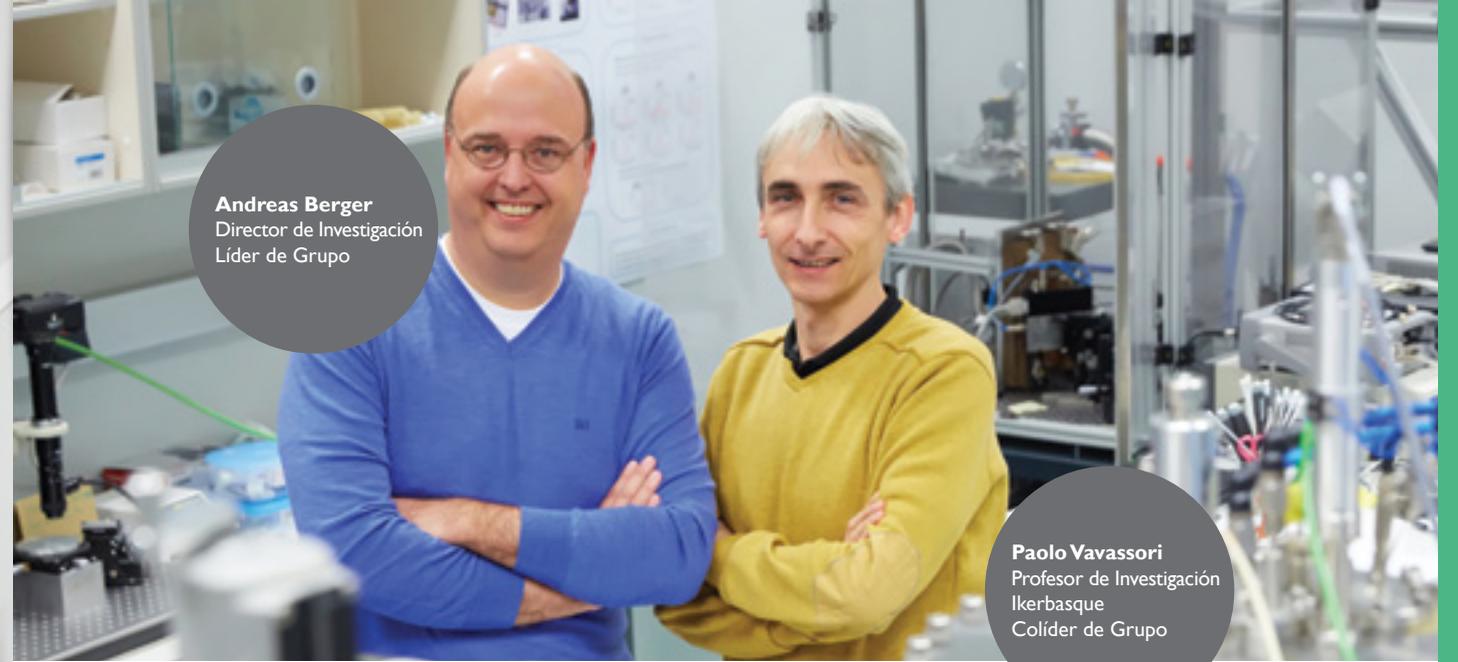
Estas páginas nos permiten echar un vistazo al pasado y representan, a su vez, la semilla para afrontar el futuro con optimismo y responsabilidad. Siendo, como somos, un centro pequeño en un país pequeño, continuaremos haciendo todo lo posible por aprovechar el extraordinario potencial que nos ofrece el nanomundo, convencidos de que siempre encontraremos un nicho en el que podamos ofrecer algo diferente. Ése es *el gran reto de lo pequeño*.

**José M. Pitarke**  
Director General

Donostia – San Sebastián, Diciembre de 2014

# 1

## Investigadores en Acción



**Andreas Berger**  
Director de Investigación  
Líder de Grupo

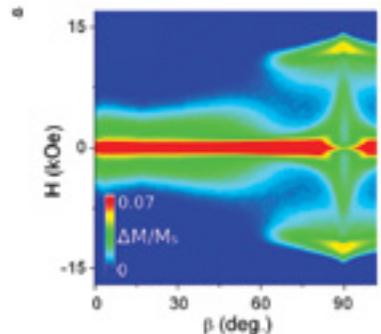
**Paolo Vavassori**  
Profesor de Investigación  
Ikerbasque  
Colíder de Grupo

## Nanomagnetismo

El grupo de nanomagnetismo lleva a cabo investigación básica y aplicada en nanomagnetismo y técnicas de caracterización magnética. Este grupo es líder mundial en el desarrollo de herramientas magneto-ópticas experimentales avanzadas, como por ejemplo magneto-óptica de dispersión/difracción, espectrometría magneto-óptica y elipsometría. El grupo posee una dilatada experiencia en campos relativos al crecimiento de películas delgadas y de estructuras multicapa, en el diseño de propiedades magnéticas, así como en el desarrollo de modelos teóricos y computacionales que permitan realizar descripciones cuantitativas de las propiedades magnéticas y ópticas a escala nanométrica.

Nuestros principales objetivos abarcan cuestiones claves en la investigación actual. Trabajamos sobre la comprensión del magnetismo y los fenómenos magnéticos a escalas de longitud y tiempo muy pequeñas en sistemas con interacciones competitivas, mediante la realización de experimentos, una aproximación teórica y la creación de modelos, con el objetivo a largo plazo de contribuir a hacer posible la creación de dispositivos nanomagnéticos innovadores. También estamos desarrollando metodologías avanzadas y herramientas para la caracterización de materiales magnéticos a escala nanométrica y en el límite temporal de los picosegundos, contribuyendo así al desarrollo de nuevos materiales. Asimismo, nos centramos en el diseño, fabricación y caracterización de nanoestructuras innovadoras, materiales meta-magnéticos, películas delgadas y estructuras multicapa, para mejorar las propiedades de los materiales o crear nuevos. Por último, estudiamos nuevos conceptos en el diseño de nanomateriales magnéticos, para su empleo en dispositivos novedosos.

En los dos últimos años hemos obtenido logros importantes, algunos de ellos en colaboración con grupos de investigación vascos e internacionales. Hemos desarrollado nanodispositivos magnéticos flexibles (p. ej. dispositivos de diagnóstico *lab-on-a-chip*) que permiten la manipulación magnética remota de nanopartículas en fluidos con potencial aplicación en biología y medicina. Nuestro grupo también ha demostrado la fenomenología magnetoplasmónica en dispositivos nanoópticos (óptica plana) y para aplicaciones de detección ultrasensible de potencial uso en aplicaciones medioambientales y en biosensores. Además, hemos fabricado y caracterizado materiales magnéticos innovadores (p. ej. óxidos magnéticos y aleaciones metálicas), con posibilidades de aplicación como sistemas de grabación magnéticos en unidades de discos duros de almacenamiento. Finalmente, hemos comprobado experimentalmente la existencia de transiciones de fase dinámicas y el solapamiento de rangos de estabilidad de fases dinámicas en sistemas magnéticos, lo cual supone un gran avance hacia la clasificación y descripción universal de patrones dinámicos fuera del equilibrio.



Histéresis magnética de un film epitaxial de cobalto de 200 nm de grosor.

9 Grupos de Investigación

59 Investigadores



**Rainer Hillenbrand**  
Profesor de Investigación  
Ikerbasque  
Líder de Grupo

## Nanoóptica

La principal línea de investigación del grupo de nanoóptica se basa en el desarrollo de la nanoscopía óptica de campo cercano (método de dispersión basado en la microscopía óptica de barrido de campo cercano, s-SNOM) y la nanoespectroscopia de infrarrojos (nanoespectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier, nano-FTIR). Ambas técnicas ofrecen una resolución espacial independiente de la longitud de onda, de unos 10–20 nm, para frecuencias visibles, infrarrojas y de terahercios, superando así el límite de resolución convencional (límite de difracción) en un factor de hasta 1 000.

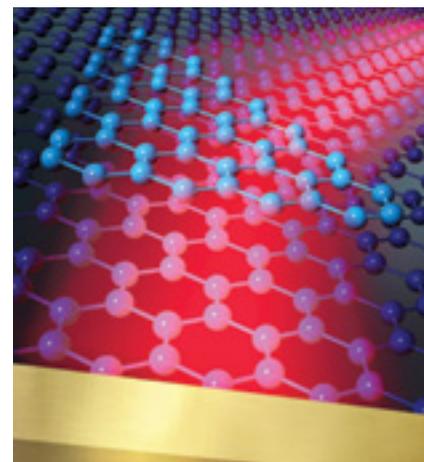
Durante estos dos últimos años, hemos continuado trabajando en el desarrollo de nuevas herramientas para alcanzar una resolución espacial a nivel de una única molécula y hacer posible la nanotomografía espectroscópica en tres dimensiones para frecuencias infrarrojas.

Paralelamente, utilizamos la tecnología s-SNOM y nano-FTIR para estudiar plasmones en nanoestructuras metálicas y en grafeno con el fin de desarrollar dispositivos nanofotónicos ultracompactos y sus aplicaciones; por ejemplo, en el ámbito de la optoelectrónica y la sensórica.

También aplicamos nuestras herramientas nanoscópicas a la biospectroscopia y a la obtención de imágenes infrarrojas de muestras biológicas a escala nanométrica, comprendiendo así mejor los procesos de plegamiento de proteínas.

Las aplicaciones en ciencias de materiales y en la física del estado sólido se centran en la obtención de las propiedades químicas, estructurales y optoelectrónicas. Así, por ejemplo, estudiamos la separación de fases a escala nanométrica e identificamos polímeros. También analizamos las estructuras poliméricas en la nanoescala o la distribución y generación de transportadores en materiales semiconductores.

Nuestras líneas de investigación cuentan con colaboradores (tanto del País Vasco como internacionales) de disciplinas diversas.



Representación gráfica de la refracción de plasmones de grafeno - creados por una pequeña antena de oro - al atravesar un prisma del grosor de un solo átomo.



**Alexander M. Bittner**  
Profesor de Investigación  
Ikerbasque  
Líder de Grupo

## Autoensamblado

El autoensamblado de moléculas es un método que se emplea para crear estructuras nanométricas complejas. Nuestro grupo de investigación analiza estructuras unidimensionales, tales como fibras y tubos, construidas a partir de proteínas. Empleamos como modelos virus filamentosos de plantas, ya que presentan la peculiaridad de contar con propiedades químicas y formas muy bien definidas.

Nuestras estructuras sirven de base para ensamblar y confinar líquidos con el objetivo, a largo plazo, de poder manipular cantidades realmente pequeñas. Con respecto al agua, por ejemplo, se sabe muy poco acerca de la humectación de las superficies de las proteínas, a pesar de tratarse de un proceso esencial para la vida. Además, las propiedades físicas del agua en nanoestructuras pueden variar notablemente con respecto a las propiedades del agua en cantidades masivas.

En nuestros proyectos de electrohilado combinamos ensamblados naturales con fuerzas electrostáticas para crear fibras a partir de proteínas y péptidos. En investigación básica, hemos alcanzado diámetros tan pequeños como los de una proteína individual. En el campo de las aplicaciones, estamos desarrollando herramientas que sean aplicables a una amplia variedad de sustancias, desde polímeros a alimentos.

Nuestro grupo combina los enfoques experimentales de la bioquímica, la química y la física. Por ello, nuestros colaboradores son esenciales: con el grupo de investigación en nanodispositivos nos centramos en el ensamblado bidimensional

de polímeros conductores. Este tipo de láminas puede entrar en contacto con guías magnéticas y podría abrir nuevas puertas a la espintrónica. Nuestras fibras de proteínas se están convirtiendo en sustratos estándares para el grupo de nanoóptica. Asimismo, estamos empezando a explorar enfoques teóricos del confinamiento del agua junto al grupo de teoría. Además, muchos de nuestros análisis los llevamos a cabo en colaboración con el grupo de microscopía electrónica.



Electrospraying (a la izquierda) y electrohilado (a la derecha).



**Raúl Pérez-Jiménez**  
 Profesor de Investigación  
 Ikerbasque  
 Líder de Grupo

## Nanobiomecánica

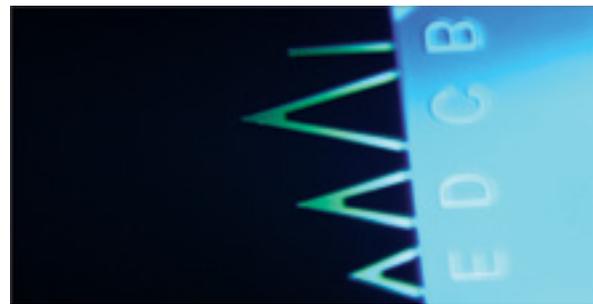
Todos los organismos vivos sienten la presencia de fuerzas mecánicas y reaccionan ante ellas. Nuestra piel, nuestros músculos y nuestros huesos están diseñados para actuar y resistir ante la fuerza. Prácticamente todos los procesos biológicos están relacionados, de uno u otro modo, con la existencia de interacciones mecánicas. Lamentablemente, ello lleva aparejada la presencia de enfermedades y trastornos tales como la inflamación, la diseminación de tumores, la insuficiencia cardíaca, la aparición de lesiones, la artritis, etc. Además, las infecciones bacterianas y víricas se producen como consecuencia de la presencia de fuerzas mecánicas a nivel molecular, a escala nanométrica.

El grupo de nanobiomecánica, creado en febrero de 2013, utiliza técnicas vanguardistas para investigar el efecto que las fuerzas mecánicas tienen sobre las moléculas que forman las células vivas. Nos centramos en las proteínas desde un punto de vista multidisciplinar, capturándolas de forma individual y estudiándolas en detalle. Desde las bacterias hasta los animales y los virus, investigamos los procesos biológicos que tienen lugar ante la presencia de fuerzas, empleando la espectroscopia de molécula única. Ello nos permite observar cómo varía la conformación de las proteínas ante la aplicación de fuerzas y cómo las fuerzas pueden desencadenar reacciones bioquímicas.

En nuestra opinión, el estudio de la mecánica de las proteínas resulta fundamental para comprender el desarrollo de muchas enfermedades. Estudiamos, especialmente, proteínas implicadas en las infecciones bacterianas y víricas. Utilizamos, asimismo, técnicas para la obtención de imágenes como la microscopía confocal, para estudiar la interacción dinámica

de los virus y las bacterias con sus objetivos diana bajo la aplicación de una tensión mecánica. Nuestra investigación aporta una información que ninguna otra técnica puede revelar. Estamos descubriendo nuevos aspectos de las infecciones microbianas, los cuales podrían contribuir a la creación de nuevos métodos de tratamiento y prevención.

Entre otras cuestiones, hemos estudiado el impacto que las fuerzas mecánicas tienen sobre la infección por VIH-1. En un artículo publicado recientemente en *ACS Nano* especificamos, por primera vez, cómo pueden afectar las fuerzas a las moléculas implicadas en la interacción entre el virus del VIH y las células humanas. Empleando el microscopio AFM a nivel de molécula única, los nuevos datos proporcionan una información que hasta ahora se desconocía. Además, hemos desarrollado nuevas técnicas basadas en la evolución molecular, que mejoran la eficiencia de las enzimas y podrían emplearse en aplicaciones biotecnológicas.



Punta de un microscopio AFM. Las proteínas se adhieren a esta punta y se pueden estirar mecánicamente.



**Fèlix Casanova**  
 Profesor de Investigación  
 Ikerbasque

**Luis E. Hueso**  
 Profesor de Investigación  
 Ikerbasque  
 Líder de Grupo

## Nanodispositivos

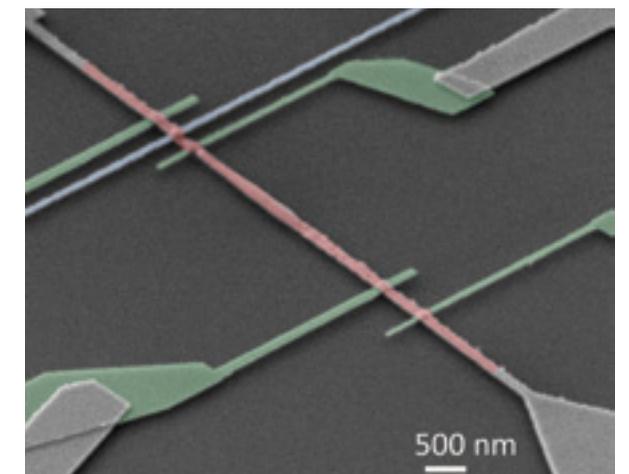
Un gran desafío al que tiene que hacer frente la industria electrónica es el de encontrar materiales adecuados para poder seguir reduciendo el tamaño de los transistores. En este contexto, nuestro grupo se centra en el estudio del comportamiento de los electrones en una amplia gama de materiales. Algunos de estos materiales podrían convertirse en la base de futuros transistores y también resultan de interés para memorias electrónicas, dispositivos emisores de luz o dispositivos fotovoltaicos, entre muchos otros.

Actualmente estamos trabajando en el marco de tres líneas principales de investigación relacionadas con posibles aplicaciones en varios sectores industriales. La primera, se basa en el empleo de métodos muy variados para la fabricación de estructuras a escala nanométrica. Nos centramos especialmente en el uso de la litografía por haz de electrones, entre otras técnicas, para producir estructuras electrónicas y fotónicas y, actualmente, somos capaces de alcanzar la escala de los 10 nm. Además, nuestra experiencia resulta útil en aquellos casos en los que las dimensiones de un dispositivo deben ser reducidas considerablemente.

La segunda línea de investigación se centra en la espintrónica. Este campo se basa en el uso del espín del electrón, una entidad puramente mecánico-cuántica, para transmitir información, del mismo modo que la carga electrónica es empleada en la electrónica estándar. Uno de nuestros enfoques consiste en combinar el transporte del espín en metales con estudios sobre el espín interfacial empleando distintas moléculas. En este ámbito, cabe destacar nuestra participación en el proyecto SPINOGRAPH, financiado por la Unión Europea,

que tiene como objetivo impulsar el grafeno como material para dispositivos de espintrónica de segunda generación.

La tercera línea de investigación busca potenciales sustitutos de los dispositivos de memoria flash. Por un lado, estamos estudiando memorias resistivas en óxidos para comprender los procesos básicos de este efecto y, por otro, estamos tratando de replicar procesos neuronales complejos, tales como el aprendizaje de información y la pérdida de la misma, en un dispositivo de estado sólido. En un proyecto de cooperación liderado por colegas argentinos, nuestros dispositivos de memoria están siendo probados en un satélite que orbita alrededor de la Tierra.



Una válvula de espín lateral (LSV, por sus siglas en inglés) permite la creación, el transporte, la manipulación y la detección de corrientes puras de espín.



**Andrey Chuvilin**  
Profesor de Investigación  
Ikerbasque

## Microscopía electrónica

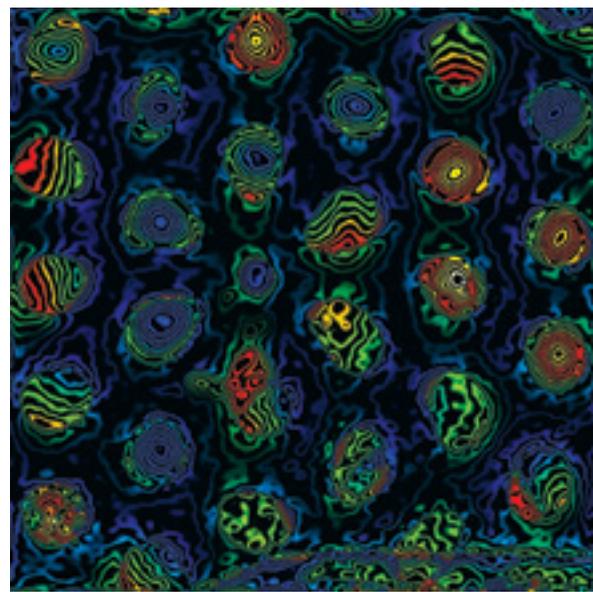
La información sobre la estructura y la composición de los materiales es de vital importancia para poder comprender sus propiedades y el funcionamiento de los nanodispositivos. Además, nuestra capacidad para caracterizar y entender estas estructuras es crítica para determinar la calidad de los productos ya existentes y aportar soluciones a los problemas que la industria tiene ante sí. El laboratorio de microscopía electrónica cuenta con un microscopio electrónico de vanguardia y con un equipo de nanofabricación por haces de iones focalizados, con el objetivo de ayudar en sus respectivos retos a los grupos de investigación de nanoGUNE, al colectivo del País Vasco dedicado a la I+D y a la industria en general.

En nuestro laboratorio estamos especializados en la microscopía electrónica de transmisión (TEM) de alta resolución y el análisis de estructuras, el análisis local de la composición de los materiales, el prototipado de estructuras plasmónicas metálicas, el estudio de resonancias plasmónicas mediante espectroscopia electrónica de pérdida de energía (EELS), la visualización de campos magnéticos mediante holografía electrónica y microscopía Lorentz, la nanofabricación mediante el empleo de haces de electrones e iones focalizados, así como la microscopía electrónica de materiales húmedos y líquidos.

Durante estos dos últimos años, hemos desarrollado una metodología para estudiar la dinámica de los defectos individuales en el grafeno, accediendo a datos cinéticos a nivel de un único átomo. Hemos estudiado de forma sistemática un método innovador y tecnológicamente valioso para la fabricación de nanoestructuras funcionales (deposición de cobalto inducida por haces de electrones) y hemos propuesto

varios enfoques nuevos para la fabricación de nanodispositivos magnéticos.

Colaboramos con múltiples agentes del País Vasco y de todo el mundo, entre los cuales destacamos la UPV/EHU, el CIC biomaGUNE, Mondragon Unibertsitatea y la empresa FEI. También participamos en diversos programas internacionales, junto con instituciones de Rusia, Italia, Suecia, Finlandia y Francia dedicadas a la investigación.



La imagen muestra líneas de campo magnético dentro de una matriz de nanocables de Co monocristalino.



**Emilio Artacho**  
Profesor de Investigación  
Ikerbasque  
Líder de Grupo

## Teoría

En el grupo de Teoría hacemos simulaciones de la materia a escala nanométrica. Tomando como punto de partida las ecuaciones fundamentales de la física cuántica, las cuales describen el comportamiento de los electrones y los núcleos, realizamos simulaciones de «realidad virtual» de materiales, nanopartículas, líquidos y sus interfaces a escala atómica, las cuales nos permiten obtener una visión muy detallada de su estructura y dinámica y, a la vez, predecir las propiedades de interés de estos sistemas.

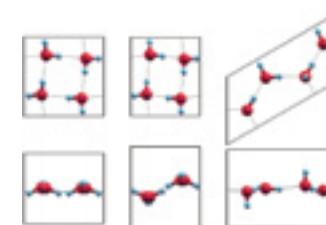
Parte de nuestro trabajo consiste en el desarrollo y mejora de los métodos de simulación, para poder así realizar simulaciones más eficaces en sistemas de mayor complejidad. Estos desarrollos se basan en el progreso de la física teórica de los sólidos y líquidos en un proyecto llamado SIESTA, en el cual intervienen científicos de España (Madrid, Barcelona, San Sebastián, Santander), EEUU (Stanford) y Australia (Perth). El método Siesta lo emplean miles de científicos de todo el mundo.

Utilizamos, además, otros métodos de gran interés para nanoGUNE y para la comunidad científica y tecnológica en general. Una línea de investigación de nuestro grupo estudia el comportamiento del agua y de los sistemas húmedos a escala atómica, como por ejemplo la humectación a la nanoescala y el agua nanoconfinada (en colaboración con el grupo de autoensamblado), así como biomoléculas en agua (en colaboración con el grupo de nanobiomecánica). También colaboramos con científicos de la Universidad Stony Brook (EEUU) y de la Universidad Autónoma de Madrid. Comprender el comportamiento del agua confinada a escala nanométrica es extremadamente importante para entender el funcionamiento interno de las células. Son cada vez más las pruebas que muestran que en estas condiciones el

agua es muy diferente del agua a nivel macroscópico y, al parecer, en muchos procesos biológicos desempeña un papel mucho más activo que el que se le ha venido atribuyendo hasta la fecha.

Otra importante línea de investigación se centra en el estudio de los daños producidos por la radiación en los materiales, lo cual es relevante en el tratamiento del cáncer con terapias iónicas, por ejemplo. Cuando una partícula cargada pasa a través de un material o un tejido biológico, se produce un proceso de excitación electrónica que tratamos de explicar mediante teorías que dependen del tiempo (fuera del equilibrio). Este estudio lo llevamos a cabo con los mejores equipos de investigación en este campo: DIPC y CFM (ambos situados en el mismo campus que nanoGUNE), Helsinki y diversos Laboratorios Federales Norteamericanos (Argonne, Los Alamos y Livermore).

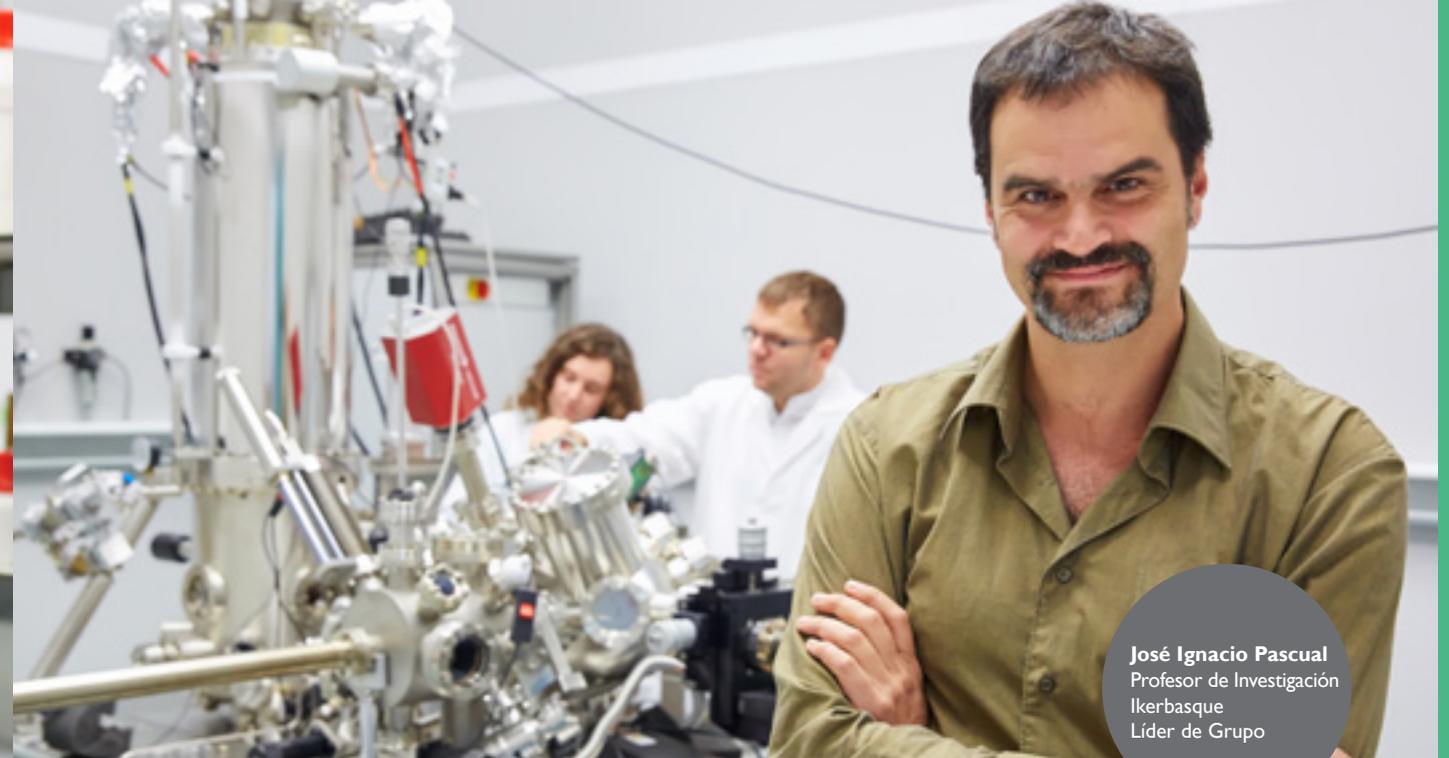
En otras líneas de investigación estudiamos estructuras de baja dimensionalidad, tales como películas delgadas de óxidos para dispositivos electrónicos o el grafeno. Para esto último contamos con la colaboración del grupo de microscopía electrónica y de Graphenea. Mantenemos, además, una estrecha relación con Simune, la empresa *spin-off* de nanoGUNE que ofrece servicios de simulación a la industria.



Monocapas de hielo nanoconfinado.



**Mato Knez**  
 Profesor de Investigación  
 Ikerbasque  
 Líder de Grupo



**José Ignacio Pascual**  
 Profesor de Investigación  
 Ikerbasque  
 Líder de Grupo

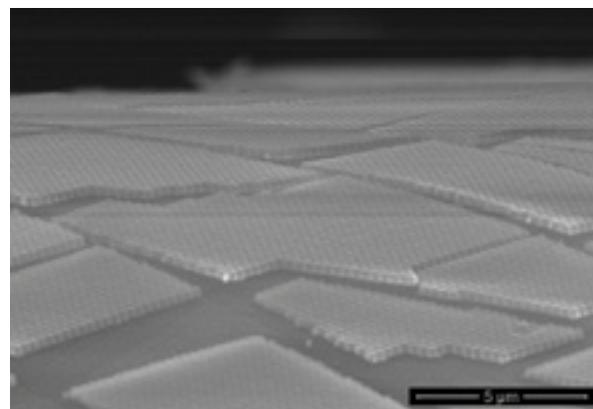
## Nanomateriales

El grupo de nanomateriales se dedica al desarrollo de materiales funcionales que tienen el potencial de convertirse en los componentes básicos de nuevas tecnologías o de tecnologías mejoradas. Trabajar con materiales a escala nanométrica permite aumentar las funcionalidades o incluso introducir funciones nuevas que no existen en los materiales macroscópicos y microscópicos.

Con el objetivo de mejorar el potencial de aplicación de diferentes materiales en la catálisis, electrónica, almacenamiento de energía y nanomedicina, estamos desarrollando materiales funcionales en forma de recubrimientos de película delgada, nanopartículas, nanotubos o nanohilos. Durante los dos últimos años, nuestro grupo ha hecho un gran esfuerzo en torno a la combinación de materiales inorgánicos con materiales bioorgánicos, ya que las composiciones finales deberían beneficiarse de las propiedades de ambos materiales constituyentes. Por ejemplo, hemos podido observar que los nanocompuestos bioorgánicos actúan en diferentes reacciones enzimáticas, a la vez que presentan la capacidad de distribuir fármacos a las células de forma controlada.

Muchos sectores industriales, desde los basados en nuevas tecnologías hasta los más tradicionales, reclaman nuevas composiciones de materiales y estructuras. En lo que a esto respecta, trabajamos junto con socios industriales, para así aprovechar al máximo las oportunidades tecnológicas que nuestra investi-

gación ofrece. En nuestra red de colaboraciones encontramos empresas como OSRAM (Alemania) y Sefar (Suiza), en el marco de un proyecto FP7, y Pirelli (Italia), en el marco de una red de formación internacional (ITN). También colaboramos con instituciones dedicadas a la investigación, tales como el Instituto Max-Planck de Coloides (Alemania), diversas instituciones de la sociedad Fraunhofer (Alemania) y EMPA (Suiza), entre muchas otras. A nivel local, colaboramos con la Universidad del País Vasco, instituciones de investigación tales como Tecnalia, el CIC microGUNE y Cidetec y con diversos socios industriales, como por ejemplo IKOR, AVS, Cadinox y Leartiker.



Plaquetas cerámicas nanoestructuradas depositadas en una plantilla polimérica mediante la técnica de deposición de capas atómicas.

## Nanoimagen

La naturaleza se comporta de forma especial a escala atómica. Nuestro grupo estudia la fenomenología cuántica de los objetos pequeños, formados tan solo por unos pocos átomos o moléculas, empleando para ello técnicas de microscopía de barrido por sonda. Nuestro objetivo consiste en obtener modelos de funciones que puedan convertir esos pequeños objetos en una base relevante de nuevos materiales.

Nuestro principal campo de investigación es el de la física a nivel de molécula única. Estudiamos la capacidad de una molécula para transportar la electricidad, emitir luz o comportarse como un nanomán. Estamos especialmente interesados en crear nanoestructuras moleculares híbridas con propiedades creadas a medida mediante la reacción entre moléculas y átomos de diferente tipo en una superficie de dos dimensiones. En estos sistemas híbridos es posible mejorar las propiedades fundamentales, tales como la movilidad electrónica, el ordenamiento magnético y la absorción de la luz.

Otra de nuestras líneas de investigación estudia cómo los electrones introducidos en una nanoestructura pueden generar luz y, al contrario, cómo la nanoestructura puede capturar la luz: los procesos básicos de los dispositivos optoelectrónicos. Se trata de estructuras que son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz, llegando a tener unas dimensiones en las que los efectos cuánticos pueden influir en la dispersión de la luz.

La superconductividad es un fenómeno cuántico a escalas macroscópicas. Poco se sabe de sus propiedades locales y, en especial, de cómo se ve afectada por la presencia de impurezas magnéticas. Nuestro grupo estudia diversos métodos mediante los cuales los efectos magnéticos pueden modificar el estado superconductor de un metal.

Desarrollamos estas líneas de investigación junto con diversos grupos de nanoGUNE y con grupos universitarios de Berlín, Zaragoza, Santiago de Compostela y el País Vasco, así como con institutos de investigación como el ICN2 de Barcelona.

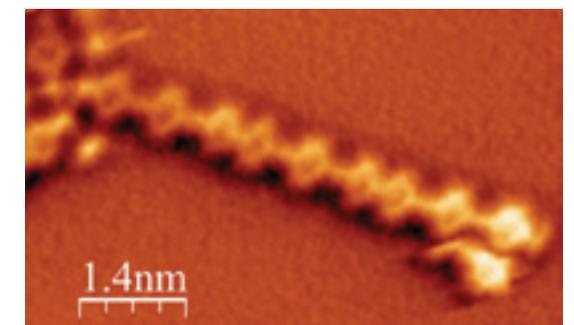


Imagen de un polímero oligophenyl construido sobre Ag(111), mediante un microscopio de fuerza atómica en modo de no contacto a 5K.

# 3

## Transferencia de Tecnología

## Transferencia de Tecnología

**Graphenea** ([www.graphenea.com](http://www.graphenea.com)), la primera *start-up* de nanoGUNE, se fundó en abril de 2010 en el marco de una iniciativa conjunta de un grupo de inversores privados y nanoGUNE. Esta *start-up* fue creada con el propósito de fabricar y comercializar obleas de grafeno de alta calidad y de desarrollar tecnologías basadas en el grafeno. En enero de 2012, Graphenea pasó a formar parte de la iniciativa *Graphene Flagship* de la Comisión Europea, en calidad de proveedora principal de grafeno del consorcio. En diciembre de 2013, la empresa petrolera Repsol y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) adquirieron la condición de accionistas de Graphenea.



**SIMUNE Atomistics** ([www.simune.eu](http://www.simune.eu)) se fundó en enero de 2014 como una iniciativa conjunta de cuatro investigadores de reconocido prestigio y nanoGUNE. La empresa fue creada con el objetivo de comercializar simulaciones a escala atómica. En julio de 2014 un grupo de inversores privados se convirtió en accionista de Simune.



**Ctech-nano** ([ctechnano.com](http://ctechnano.com)) fue creada en julio de 2014 por iniciativa de dos empresas locales (AVS y Cadinox) y nanoGUNE. Esta empresa explota la capacidad y experiencia de nanoGUNE en la tecnología de deposición de capas atómicas conocida como ALD (por sus siglas en inglés) en el ámbito de los recubrimientos de capa fina, con el objetivo de ofrecer servicios de recubrimiento personalizados y herramientas de recubrimiento específicas.



**Evolgene** ([www.evolgene.com](http://www.evolgene.com)) es la cuarta *spin-off* de nanoGUNE. Se creó en septiembre de 2014 como *Idea*, en el marco del Fondo de Emprendedores de la empresa petrolera Repsol. El objetivo de esta empresa está relacionado con la reconstrucción de enzimas ancestrales ultraeficientes de aplicación en varios sectores industriales, como por ejemplo los biocombustibles y la cosmética.

En el marco de la Estrategia de Especialización Inteligente en Investigación e Innovación o RIS3, impulsada por la Comisión Europea, el Gobierno Vasco se ha centrado en tres áreas de carácter estratégico para el País Vasco: la fabricación avanzada, la energía, y las biociencias y la salud. En este contexto, la nanotecnología se identifica como una tecnología facilitadora esencial (KET, por sus siglas en inglés), debido a su naturaleza horizontal y a su potencial de transformación.

NanoGUNE, cuya actividad se centra en la nanociencia y la nanotecnología, tiene como objetivo trabajar mano a mano con las empresas, acortando así distancias entre la ciencia y la industria, con el fin de proporcionar soluciones innovadoras que contribuyan al crecimiento competitivo de nuestra economía. Con ese objetivo, colaboramos con diversas empresas locales y extranjeras. En particular, hemos estado trabajando en lo que llamamos proyectos semilla como primer paso para establecer colaboraciones en marcos de investigación impulsados por el mercado.

Asimismo, hemos generado un ambiente emprendedor y buscamos constantemente ideas innovadoras que podrían conducir a nuevos descubrimientos científicos y desarrollos basados en la nanotecnología. Hasta la fecha hemos fundado cuatro empresas: Graphenea, Simune, Ctech-nano y Evolgene, todas ellas ubicadas en las instalaciones de nanoGUNE.

## Acortando distancias entre la ciencia y la industria

# 4

## Servicios Externos

NanoGUNE ofrece una amplia variedad de servicios de caracterización y nanofabricación a usuarios externos, tanto académicos como industriales. Para ello, nanoGUNE pone a su disposición una infraestructura de vanguardia y equipos de última generación, tales como un laboratorio de microscopía electrónica, una sala blanca y diversos laboratorios de caracterización y nanofabricación que garantizan las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de la nanotecnología.

Nuestros servicios se dividen en dos plataformas: preparación de muestras y caracterización. Todos los servicios pueden llevarse a cabo contando con la ayuda del personal cualificado de nanoGUNE o en régimen de autoservicio.

Nuestro Departamento de Servicios Externos ofrece, además, en colaboración con los investigadores de nanoGUNE, diversos cursos de formación relacionados con el uso de diferentes técnicas de microscopía avanzada.

## Servicios Externos

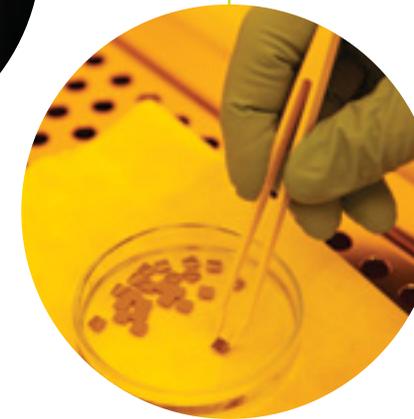


Crecimiento de películas delgadas

### PLATAFORMA DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS



Fabricación de nanoestructuras



Tratamiento de muestras



Caracterización de estructuras

### PLATAFORMA DE CARACTERIZACIÓN



Caracterización eléctrica y magnética



Caracterización química

# 5

## Conectando con la Sociedad

El papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en la sociedad nunca ha sido tan importante como ahora. Es bien sabido que la ciencia y la tecnología están directamente relacionadas con el desarrollo económico y social; en este sentido, la nanotecnología, en particular, se ha convertido en una tecnología facilitadora esencial. El número de empleos en el campo de la nanociencia y la nanoingeniería ha aumentado considerablemente en todo el mundo y se espera que se multiplique por 10 para el año 2020.

Tras unas dos décadas de grandes progresos en la investigación en nanociencia, la nanotecnología cumple hoy un destacado papel en el desarrollo tecnológico. Es indudable que, poco a poco, la nanotecnología se irá incorporando a una amplia variedad de mercados, así como a los «supermercados». Por tal motivo, resulta fundamental compartir los retos científicos de la nanociencia y la nanotecnología con la sociedad, informando sobre el esfuerzo científico que se realiza en centros como el nuestro y se promueve desde nuestras instituciones, y comunicar las ventajas y los riesgos de los últimos avances tecnológicos obtenidos, para así contribuir a la creación de una sociedad capaz de construir un futuro sostenible.

Con este objetivo, hemos participado en diversas iniciativas dirigidas a los estudiantes universitarios y de educación secundaria, así como al gran público.

## Conectando con la Sociedad

### Actividades educativas

#### *Estudiantes universitarios: programa de prácticas de verano y proyecto fin de carrera*

Los estudiantes universitarios pueden realizar en nanoGUNE prácticas de hasta dos meses, en el marco de un programa de prácticas de verano. Si así lo desean, también pueden realizar su proyecto fin de carrera bajo la supervisión de uno de nuestros investigadores principales.

#### *Máster*

Colaboramos con el *Máster en Nanociencia* y con el *Máster en Nuevos Materiales*, ambos ofertados por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), en los cuales brindamos a los estudiantes la oportunidad de realizar su tesis de máster bajo la supervisión de uno de nuestros investigadores principales.

#### *Doctorado*

Ofrecemos proyectos de tesis doctoral a licenciados en física, química, biología, ingeniería y ciencia de materiales. En especial, colaboramos con el programa de doctorado *Física de Nanoestructuras y Materiales Avanzados (PNAM)* que ofrece la UPV/EHU.

#### *Curso de nanotecnología para el profesorado de educación secundaria*

Ofrecemos un curso introductorio a la nanotecnología, el cual está dirigido al profesorado que imparte asignaturas de ciencias en los centros de secundaria, en el marco del programa Prest Gara promovido por el Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura del Gobierno Vasco.

#### *Visitas programadas para centros educativos*

Siguiendo nuestra política de puertas abiertas, llevamos a cabo un programa que permite a los estudiantes universitarios y de los centros de enseñanza secundaria visitar nuestras instalaciones, ofreciéndoles de este modo la oportunidad de conocer de cerca el día a día de un centro de investigación como el nuestro. En el periodo 2013-2014 nanoGUNE ha recibido la visita de 830 estudiantes.

### Eventos para todos los públicos

#### *Semana de la Ciencia y Playnano*

Desde el año 2013 nanoGUNE ha venido colaborando, junto con el Donostia International Physics Center (DIPC) y el Centro de Física de Materiales (CFM), en la Semana de la Ciencia organizada por la UPV/EHU con un espacio dedicado a la nanociencia. En 2013 organizamos, además, en colaboración con la Agencia nanoBasque, la denominada Iniciativa Playnano, en la que 50 personas participaron en un juego interactivo basado en una iniciativa de la Unión Europea para aprender y debatir acerca de los retos que plantea la nanotecnología.

#### *Passion for Knowledge - Quantum I3*

NanoGUNE colaboró en la organización de «Passion for Knowledge - Quantum I3», un festival organizado por el DIPC, cuyo objetivo era (i) promocionar la ciencia como actividad clave para contribuir al bienestar de las futuras generaciones y (ii) subrayar la importancia que la sed de conocimiento tiene como motor del progreso científico, tecnológico y cultural.

#### *OpenLab*

En enero de 2014, coincidiendo con el 5º aniversario de nanoGUNE, más de 200 personas participaron en nuestro primer OpenLab, donde el profesor Félix Yndurain ofreció una charla sobre «La nanociencia y las tecnologías energéticas del futuro» y posteriormente se invitó a los allí congregados a visitar nuestros punteros laboratorios.

#### *Presencia en los medios de comunicación*

Nuestros esfuerzos no habrían tenido semejante repercusión sin la colaboración de los medios de comunicación, los cuales han dado cobertura a nuestras actividades con la publicación de más de 300 noticias durante el periodo 2013-2014. Además, nanoGUNE participa de forma muy activa, junto con otros centros de investigación, en la edición de la revista *CIC Network*. Es de agradecer el interés, incluso entusiasmo, de los periodistas por condensar nuestros complejos resultados científicos en sencillos mensajes, tarea ciertamente complicada. Gracias a su trabajo, ¡la distancia entre ciencia y sociedad es cada día más pequeña!



# 6

## Organización y Financiación

## Organización y Financiación

66 becas activas  
2 ERC  
1 Graphene Flagship  
2 Cooperation & Capacities  
11 Marie Curie

NanoGUNE es una asociación sin ánimo de lucro creada por iniciativa del Gobierno Vasco en el año 2006 y oficialmente inaugurada en el año 2009. Durante el periodo 2013-2014 se han cumplido los objetivos principales recogidos en nuestro Plan Estratégico correspondiente al periodo 2011-2014.

Nada de esto habría sido posible sin el apoyo estratégico del Gobierno Vasco y de la Fundación Vasca para la Ciencia (Ikerbasque) con su programa relativo a la atracción de prestigiosos investigadores de todo el mundo. Este esfuerzo ha contribuido a la construcción de un proyecto sólido para el desarrollo fundamental y tecnológico de la nanociencia y la nanotecnología, y ha servido, asimismo, para otorgar a nanoGUNE un reconocimiento internacional. El decisivo apoyo del Gobierno Vasco se ha combinado con nuestra capacidad para atraer una sustancial financiación competitiva externa del Gobierno Español, de la Comisión Europea y de iniciativas privadas, avanzando así hacia una estructura de financiación equilibrada y sostenible.

Con el año 2020 en el horizonte, los importantes avances que hemos hecho durante estos dos últimos años sitúan al País Vasco a la vanguardia de la nanociencia y la nanotecnología. Nuestro compromiso siempre ha consistido en aprovechar este posicionamiento para contribuir a la competitividad de la economía vasca y al bienestar de nuestra sociedad.

En la imagen, de izquierda a derecha, Itziar Otegui (Responsable de Comunicación), Carlos Garbayo (Técnico de Mantenimiento), Ralph Gay (Responsable de la Sala Blanca), María Rezola (Secretaria de Dirección), Miguel Odriozola (Director Financiero), Gorka Arregui (Responsable de Infraestructuras), Eider García (Secretaría), Julene Lure (Secretaría), Yurdana Castelruiz (Responsable de Proyectos).

### Personal a 31 de diciembre de 2014

	Planificado	Ejecutado
Investigador (incluye estudiantes, técnicos y visitantes)	80	97
Gestión y servicios	10	10
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>107</b>

	Ejecutado
Nuevos empleos en empresas spin-off (2013-2014)	8

### Origen (M€) 2013-2014

	Planificado	Ejecutado
Europa	2.2	2.3
Gobierno de España	0.2	0.6
Gobierno Vasco – DDEC	8.2	8.4
Gobierno Vasco – DEPLC*	1.9	2.0
Industria y Otros	0.4	0.2
<b>TOTAL</b>	<b>12.9</b>	<b>13.5</b>

### Destino (M€) 2013-2014

	Planificado	Ejecutado
Infraestructura	1.1	2.0
Gasto corriente	11.8	11.5
<b>TOTAL</b>	<b>12.9</b>	<b>13.5</b>

\* Incluye la aportación de la Fundación Ikerbasque a través de la asignación a nanoGUNE de 10 Profesores de Investigación y 4 Research Fellows.  
DDEC, Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad  
DEPLC, Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura

## JUNTA DIRECTIVA



nanoGUNE ha cumplido con su objetivo de posicionar al País Vasco a la vanguardia de la investigación en nanociencia. Su extremadamente creativo equipo está impulsando importantes avances en nanociencia e innovadoras empresas de base nanotecnológica que están ya compitiendo en el mercado global. Ahora, la sociedad vasca se puede beneficiar del conocimiento y liderazgo de nanoGUNE con el objetivo de impulsar una nueva generación de industria competitiva.



### Presidente

Donostia International Physics Center  
Pedro Miguel Echenique

### Vicepresidente

Corporación Tecnalia  
Joseba Jaureguizar

### Secretario – Tesorero

Alianza IK4  
Jose Miguel Erdozain

### Vocales

Universidad del País Vasco (UPV/EHU)  
Iñaki Goirizelaia (hasta el 18/06/2013)  
Fernando Plazaola (desde el 18/06/2013)

Diputación Foral de Gipuzkoa  
Oscar Usetxi

### Miembros invitados, en representación del Gobierno Vasco

Departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo  
Edorta Larrauri (hasta el 08/01/2013)

Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad  
Leire Bilbao (desde el 08/01/2013)

Departamento de Educación, Universidades e Investigación  
Pedro Luis Arias (hasta el 16/01/2013)

Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura  
Itziar Alkorta (desde el 16/01/2013)



## COMITÉ ASESOR INTERNACIONAL

El comité Asesor Internacional asesora sobre la orientación científica y tecnológica del centro

Prof. Sir John B. Pendry (Presidente), *Imperial College, Londres (Reino Unido)*

Prof. Anne Dell, *Imperial College, Londres (Reino Unido)*

Dr. José Maiz, *Intel Fellow, Intel, Oregón (EE.UU.)*

Prof. Emilio Mendez, *Center for Functional Nanomaterials, Brookhaven Nat. Lab., Nueva York (EE.UU.)*

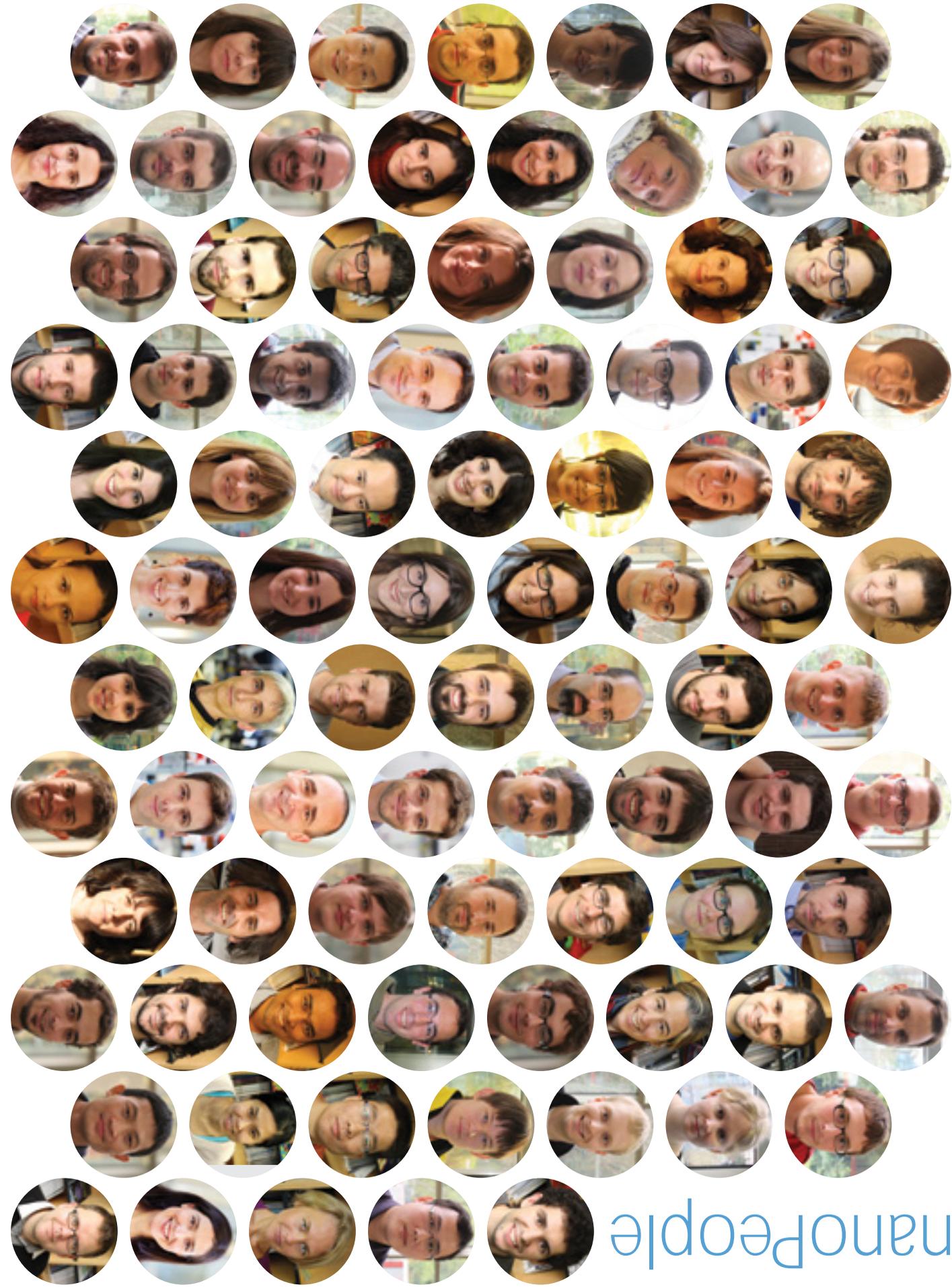
Prof. John Pethica, *CRANN, Dublin (Irlanda) y Universidad de Oxford, Oxford (Reino Unido)*

Prof. Jean Marie Lehn (Premio Nobel de Química, 1987), *Université Louis Pasteur, Estrasburgo (Francia)*

## ORGANISMOS FINANCIADORES



nanoPeople



nanoPeople