

El grafeno solo se ve a través de un microscopio. En un milímetro de grafito caben tres millones de capas de grafeno.



La revolución del grafeno

Casi por casualidad, dos científicos descubrieron hace diez años un material con propiedades extraordinarias: el grafeno. Ese hallazgo les valió el Nobel de Física en 2010 y, desde entonces, se ha creado mucha expectación en torno a este componente. Muchos lo consideran la gran revolución del futuro, pero ¿qué hay de cierto? ¿Y por qué Repsol se ha interesado en él?

FOTOGRAFÍAS: GUILSEY HOMET

El grafeno es un material muy peculiar porque posee un conjunto de propiedades que solamente se dan de manera individual en otros materiales: puede ser hasta 200 veces más resistente que el acero, tiene una dureza similar a la del diamante, es flexible como el plástico, conduce la electricidad mucho mejor que el cobre y, además, es extremadamente ligero y transparente. Estas son algunas de las cualidades del grafeno, descubierto en 2004 por Andre Geim y Konstantin Novoselov, investigadores rusos que trabajan en la Universidad de Manchester.

Experimentando con grafito (el componente de las minas de los lápices), y buscando cómo obtener el más puro, estos científicos

decidieron separar sus capas y descubrieron una lámina bidimensional (2D) compuesta por átomos de carbono ordenados en forma de panel de abeja: el grafeno.

Descubriendo sus aplicaciones

Hasta aquí todo parece un experimento normal. Lo extraordinario vino cuando evidenciaron las exóticas cualidades de este material, perteneciente al mundo de la nanotecnología –pues tiene unas dimensiones tan reducidas que no se mide en milímetros, sino en nanómetros– y solo se ve a través de un microscopio.

Para hacernos una idea de su forma y tamaño podemos imaginar que un paquete de folios es un trozo de grafito y cada una de las hojas, una capa de grafeno. Es tan pequeño que un milímetro de grafito está formado por tres millones de capas de grafeno, una encima de la otra. →

Chip de grafeno con 50 transistores.

Europa y Repsol apuestan por el grafeno

El principal proyecto científico sobre grafeno promovido por la Unión Europea se conoce como Graphene Flagship. Repsol es uno de los centros colaboradores en esta iniciativa.

Flagship se puso en marcha en octubre de 2013 y cuenta con un presupuesto de 74 millones de euros iniciales, que se están incrementando con la incorporación de nuevos grupos al proyecto. En ella participan 126 grupos de investigación y cuenta con cuatro premios Nobel.

Se pretende investigar todos los aspectos relevantes del grafeno: su fabricación, su aplicación en energía, en electrónica, en medicina, la mezcla con diferentes materiales, etc.

Desde el Centro de Tecnología Repsol vamos a colaborar en el ámbito de las baterías y supercondensadores de aplicación en el transporte, probando las baterías que desarrollen otros investigadores, analizándolas y simulando su comportamiento informáticamente: cómo envejecen, qué pasa con la carga y la descarga, etc.

¿Por qué nosotros? Porque contamos con expertos en automoción, química e ingeniería mecánica e industrial que pueden evaluar el desarrollo del grafeno en este campo. Además, nuestra participada, Graphenea, también participa en Flagship como proveedor de grafeno para el resto de miembros del consorcio.



1. Procesado químico del grafeno en una sala blanca del ISOM (Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología).
2. Espuma y oblea con grafeno.
3. Muestra de grafeno.
4. Colocación de una muestra en el microscopio electrónico de alta resolución.

Todos hablan de este material, aunque es importante señalar que, pese a sus prometedoras aplicaciones, todavía se encuentra en fase de desarrollo. Antonio Páez Dueñas, Consultor Sénior en el Centro de Tecnología Repsol (CTR), nos lo explica: "Desde que le dieron el Nobel a Von Lenard por su descubrimiento del tubo de rayos catódicos, hasta que comenzaron las emisiones regulares de televisión, pasaron 42 años. Lo mismo ocurrió con Barden Brattain y Shockley: tuvieron que transcurrir 28 años entre el premio a su investigación en semiconductores y la salida al mercado del primer ordenador personal. Es lo que está pasando con el grafeno: una vez que se ha descubierto el material, se necesita un tiempo

de desarrollo científico-tecnológico para que sus aplicaciones sean una realidad".

En nuestra vida cotidiana

En este proceso de trabajo en laboratorio que se está llevando a cabo, probablemente muchas de las aplicaciones se confirmarán, se descubrirán algunas que ni nos imaginamos y de otras se demostrará que solo eran un sueño inalcanzable.

Lo primero que se espera es que revolucione la industria electrónica. Si se confirma, el grafeno permitiría construir procesadores más rápidos y que no se calienten con el paso de las horas; pantallas y teléfonos flexibles y transparentes; baterías con más capacidad y mayor velocidad de carga (durarían una semana y se cargarían en solo 15 minutos); y cables de alta velocidad, pues es capaz de transportar información cien veces más rápido que la fibra óptica.

En el campo de la medicina también sería muy útil. Se piensa que dispositivos basados en grafeno podrían implantarse en la piel para medir los contenidos de glucosa. Además, con grafeno se podrían crear implantes neuronales que sustituyeran a tejidos nerviosos dañados. Como las células nerviosas funcionan por medio de corriente eléctrica, cuando alguno de esos circuitos eléctricos estuviera dañado, el grafeno lo reemplazaría.



2

De alguna de las aplicaciones anteriores ya existen prototipos, por lo que su llegada al mercado está muy cerca.

Usos sorprendentes

En el sector energético producirá cambios importantes, aunque tardarán más en llegar. Por ejemplo, la energía solar se verá muy beneficiada. Las placas solares recubiertas de este material doblarán su eficiencia, pues el grafeno al ser transparente y conductor de electricidad absorbe mejor la luz y multiplica la cantidad de electricidad que se obtiene de ella. Repasando sus aplicaciones, encontraríamos avances en industrias como la del automóvil (vehículos eléctricos con unas baterías que

duren hasta el doble); el blindaje (chalecos, cascos y otros elementos de protección fabricados con grafeno serían también más duros y livianos); o el tratamiento de aguas (por su alta densidad, el grafeno es permeable y podría utilizarse para desalinizar agua). Y todo esto no es nada. Afirman los expertos que las aplicaciones más interesantes, innovadoras y rupturistas del grafeno están todavía por llegar.

Uno de los mayores esfuerzos: su fabricación

En la actualidad, los investigadores coinciden en que, para que se desarrollen las múltiples aplicaciones del grafeno, es necesario producirlo en grandes cantidades. Ahora el máximo tamaño que se puede sintetizar es de unos 10 centímetros nada más.

De entre todas las líneas de investigación que están llevándose a cabo, hay una gran parte dedicada a buscar sistemas más rápidos e industriales de fabricar grafeno, es decir, de separar el grafito en capas. Uno de los retos más importantes está en impedir que esas capas vuelvan a juntarse. Si esto no se logra y el grafeno no puede producirse a gran escala, será inviable utilizar este material para todos los usos que se han pensado.

Interesados en el grafeno

Ya presentado el nuevo material, preguntamos a Antonio Páez y Jesús García San Luis, responsables de los dos proyectos con grafeno en los que está inmersa nuestra Compañía, por qué Repsol se ha interesado por él. "Hemos decidido apostar por el grafeno y colaborar en dos proyectos de investigación desde el Centro →

Se espera que el grafeno revolucione industrias como la electrónica y la energética.



3



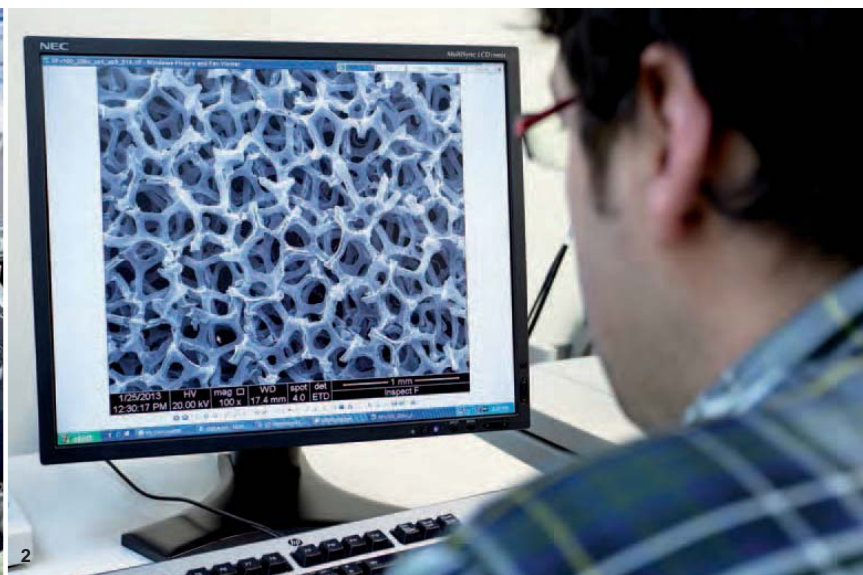
4

INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

En Repsol sabemos que innovación y tecnología son dos pilares básicos para afrontar el futuro de una manera sostenible. Por eso, hace dos años pusimos en marcha la iniciativa Inspire, dirigida a investigadores universitarios con inquietudes e ideas para resolver los desafíos planteados desde Repsol. De la primera convocatoria surgió un interesante proyecto sobre grafeno, el proyecto SAVE.

Desde el Centro de Tecnología Repsol cinco investigadores participan en el proyecto. Actualmente SAVE tiene abiertas cinco líneas de investigación sobre el uso del grafeno en las baterías de litio.





1. Equipo de caracterización eléctrica de grafeno en vacío y a baja temperatura.
2. Vista del grafeno en 3D a través de un microscopio electrónico.
3. Encapsulado de los dispositivos hechos a base de grafeno.

En Repsol estamos colaborando en dos proyectos de investigación sobre grafeno.

de Tecnología Repsol porque tenemos claro que este material tiene muchas posibilidades. Nos interesa investigar y poder patentar lo que descubramos. Teniendo la propiedad intelectual sobre algo, en el futuro podemos usarla", explican abiertamente nuestros investigadores. Los dos proyectos a los que hace referencia son el proyecto Graphene Flagship, puesto en marcha por la Unión Europea para investigar todos los aspectos relevantes del grafeno y en el

que participan 126 grupos de investigación entre los que se encuentra Repsol; y el proyecto SAVE, una colaboración entre Repsol y la Universidad Politécnica de Madrid para desarrollar con grafeno dispositivos de almacenamiento de energía, baterías y supercondensadores. Sin duda, la única manera de afirmar que el grafeno es el material revolucionario del futuro es demostrándolo científicamente. Y, para ello, la investigación es la única vía. Ojalá podamos escribir otro reportaje dentro de unos años contando que todos estos proyectos han dado resultados positivos y nuestra vida va a ser mejor gracias al grafeno. **C**

Nuestro agradecimiento a los investigadores del ISOM (Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología), donde realizamos estas fotografías.



Graphenea, un fabricante español

En paralelo a las actividades que desarrolla el Centro de Tecnología, el área de Negocios Emergentes de nuestra Compañía materializó a finales del pasado año una operación de *venture capital*. Repsol ha invertido junto con el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) un millón de

euros en la compañía Graphenea, una empresa española que ha desarrollado una innovadora tecnología para la producción de grafeno de alta calidad, el cual está comercializando en 40 países. Graphenea ha logrado una posición de liderazgo en la producción y comercialización de obleas de grafeno CVD (el método más

avanzado de producción de grafeno) y óxidos de grafeno, convirtiéndose en proveedor de los centros de investigación de las más prestigiosas universidades (Cambridge, Ohio, Trinity, Harvard, MIT) y empresas (Nokia, Philips, Intel, Canon, Nissan). Cabe destacar que Graphenea es proveedor exclusivo de grafeno

para la compañía Sigma Aldrich, el mayor distribuidor mundial de material de laboratorio. Aunque estamos aún en fase de I+D, son indudables las potenciales sinergias entre Graphenea y Repsol, a la vista de la variedad de aplicaciones del grafeno a nuestra industria.

Grafeno: ¿el silicio del siglo XXI?

Tomás Palacios

Director del Centro para investigaciones del grafeno y otros materiales bidimensionales del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), en Estados Unidos.

Cada cierto tiempo, la humanidad descubre un nuevo material que cambia de manera radical nuestro mundo. Así ocurrió con el bronce, el acero, el plástico o, más recientemente, el silicio, responsable de la electrónica actual. Desde hace diez años, científicos e ingenieros de todo el mundo están intentando desentrañar los secretos de un nuevo material que pronto podría añadirse a la lista anterior, el grafeno.

Material asombroso

El grafeno es un material asombroso compuesto por una única capa de átomos de carbono que le confieren propiedades únicas. Por una parte, es el material más delgado que existe, pero también el más resistente. Además, conduce la electricidad mejor que la gran mayoría de metales y, a semejanza del silicio, esta conductividad se puede controlar de manera externa para fabricar componentes electrónicos. La reactividad química del grafeno también es única. Gracias a que todos sus átomos se encuentran en la superficie, sus propiedades se pueden controlar externamente, en función de sobre qué superficie se coloque o del campo eléctrico que se aplique. Así, una única capa atómica de grafeno puede adquirir muchas de las propiedades químicas de los materiales sobre los que se deposita, al tiempo que su gran resistencia mecánica y a la corrosión permite su uso en situaciones extremas.

Estas propiedades están permitiendo el uso del grafeno en la mejora de una infinidad de aplicaciones. Por ejemplo, las baterías del futuro, hechas de grafeno, serán flexibles, ligeras y con diez veces más capacidad que las actuales. El grafeno se usará también para recubrir tuberías, donde dos o tres capas de grafeno serán suficientes para protegerlas de la corrosión. A la vez, membranas de grafeno permitirán la purificación y desalinización del agua, gases y un sinfín de otros compuestos.

No está solo

Aunque son muchas las propiedades asombrosas de este material casi salido de la ciencia ficción, lo más increíble de todo es que no está solo. En los pocos años que han transcurrido desde los primeros estudios del grafeno, se han descubierto decenas de nuevos materiales que, como el grafeno, son bidimensionales y compuestos de unas pocas capas atómicas de espesor. Las propiedades de estos materiales son tan variadas como su composición química. Los hay aislantes como el nitruro de boro hexagonal (h-BN), semiconductores como el disulfuro de molibdeno (MoS_2), e incluso superconductores, como en el caso del dióxido de cobre (CuO_2). Además, estos materiales se pueden apilar unos encima de otros para crear nuevos materiales de propiedades inimaginables. El reto para los próximos años es, sin

“El siglo XXI puede que pase a la historia como el inicio de la era del grafeno.”

duda, conseguir asimilar las tremendas oportunidades que estos nuevos compuestos nos brindan. Si somos capaces de hacerlo, el siglo XXI puede que pase a la historia como el inicio de la era del grafeno, de la misma manera que el silicio marcó el siglo XX. **C**



ILUSTRACIÓN: SANDRA SILVA