

NOTAS

PREMIOS NOBEL 2007: QUÍMICA Y FÍSICA¹

MANUEL CASTILLO MARCOS

Universidad de Sevilla

El galardón con el que la Academia de Ciencias sueca premia los mejores hechos científicos no quiere decir que todos los que lo obtienen se distingan por ser personas que se preocupan por el bien del hombre, ni que defiendan las ideas de igualdad racial, ni que se abstengan de pronunciar comentarios científicos y sin ninguna base. Viene esto a cuento por las declaraciones que hizo en octubre de 2007, James Watson, Premio Nobel de Medicina de 1962 compartido con dos británicos, Maurice Wilkins y Francis Crick, por el desarrollo de la estructura molecular del ácido desoxirribonucleico (ADN). Watson proclamó la superioridad de la raza blanca sobre la negra, afirmando que aunque le gustaría que todos fuéramos iguales «toda la gente que ha tenido que emplear negros sabe que la igualdad de razas no es verdad», y expresó dudas acerca del futuro de África porque «todas nuestras políticas sociales están basadas en el hecho de que su inteligencia es la misma que la nuestra, cuando en realidad todas las pruebas señalan lo contrario»².

Como era de suponer, sólo el Partido Nacional Británico, abiertamente racista, lo defendió. La comunidad de hombres y mujeres de la ciencia y la política reaccionaron al día siguiente de las declaraciones con indignación y pidiéndole se disculpase con África y con la gente de origen africano. «Es triste ver a un reputado científico haciendo estos comentarios tan extremadamente ofensivos, científicos y sin ninguna base», comentó Keith Vaz, diputado laborista. Por su parte, Steven Rose, neurobiólogo de la Open University y miembro fundador de la Sociedad para la Responsabilidad Social en Ciencia, calificó los comentarios de «sinsentido genético» y acusó a Watson de estar buscando publicidad para su últi-

mo libro. En España, también suscitó el rechazo de los expertos. Después de estas declaraciones, Watson se ha visto obligado a dimitir del cargo de rector del instituto de investigación *Cold Spring Harbor*, en el que ha trabajado 43 años.

Espero y deseo que este sea un caso aislado.

Premio Nobel 2007: Química

Gerhard Ertl (Bad Canstatt, 1936), Doctor por la Universidad Técnica de Munich (1965), ha sido profesor de química y de física en las universidades de Alemania y los Estados Unidos. Desde 2004 es profesor emérito del Instituto Fritz Haber de la Sociedad Max-Planck de Berlín.

Su vida científica ha estado dedicada al estudio de las superficies sólidas con el objetivo de entender los mecanismos atómicos y moleculares que intervienen en una reacción de catálisis heterogénea, y la comprensión de los mismos ha sido su mayor éxito.



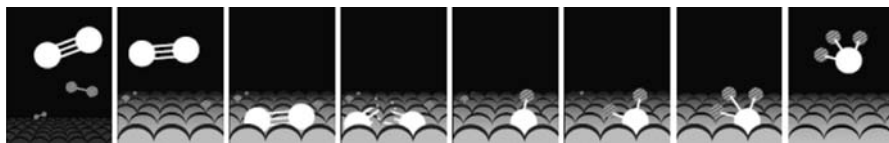
Con este premio la Academia de Ciencias ha enviado un mensaje no sólo a la comunidad científica, sino también a aquellas administraciones que de forma contumaz se empeñan en insistir en una investigación sólo aplicada. La investigación básica y la aplicada representan las dos caras de una misma moneda y por tanto indisoluble. ¿Llegará este mensaje a la administración española encargada de la investigación en las universidades y otros centros?

Los estudios teóricos realizados por Ertl sobre modelos catalíticos, han conseguido aclarar procesos químicos fundamentales, que después se han aprovechado en importantes campos industriales, muchos de ellos de importancia social, como por ejemplo en la automoción, explicando la reacción de catálisis para eliminar por oxidación los nocivos óxidos de carbono o nitrógeno en los tubos de escape de los automóviles.

Ertl es uno de los primeros químicos que aprovechó las tecnologías que se utilizan sobre todo en la industria de semiconductores, al desarrollar un método para la química de superficies que sentó las bases para posteriores avances en este campo. Descubrió cómo utilizar distintos métodos experimentales para obtener un cuadro completo de una reacción química sobre las superficies.

El conocimiento de las reacciones sobre superficies puede explicar de qué manera tiene lugar la oxidación del hierro, cómo producir fertilizantes artificiales, cómo funcionan los catalizadores de los tubos de escape y por qué se deteriora la capa de ozono. El conocimiento de las reacciones sobre superficies también puede ayudar a producir combustibles renovables más eficientes y crear nuevos materiales para equipos electrónicos.

La moderna química de superficies comenzó a emerger en los años sesenta gracias a las tecnologías de trabajo en vacío desarrolladas en la industria de los semiconductores. El laureado este año es uno de los primeros en comprender el potencial de esa nueva tecnología. Él es premiado con el Nobel por haber puesto los cimientos de la metodología usada en la investigación de este nuevo campo. La gran fiabilidad de los resultados de Ertl es debida a la meticulosa precisión de su trabajo combinada con una excepcional capacidad para analizar los problemas. Él ha buscado de forma cuidadosa y sistemática las mejores técnicas experimentales para investigar los problemas planteados.



En el proceso de Haber - Bosch el nitrógeno (N_2) reacciona con hidrógeno (H_2) sobre una superficie de hierro para luego formar moléculas de amoníaco que son liberadas desde la superficie. Esta reacción, en la que se utiliza nitrógeno extraído de la atmósfera, es un paso importante en la producción de fertilizantes artificiales.

Uno de sus estudios más importantes lo ha hecho sobre el proceso de Haber-Bosch, muy usado en la producción de fertilizantes artificiales capturando el nitrógeno del aire. En este proceso el nitrógeno reacciona con el hidrógeno para formar amoníaco. Es necesario utilizar un catalizador para que esta reacción tenga lugar y es aquí donde la química de superficies entra en juego. El catalizador utilizado en el proceso de Haber-Bosch consiste en hierro finamente dividido y la reacción tiene lugar en la superficie de las partículas de hierro. El nitró-

geno y el hidrógeno se unen a la superficie facilitando de esta manera la posterior reacción entre ellos. Una de las cuestiones cruciales que Ertl abordó es determinar cuál era el paso más lento de la reacción. Con el fin de mejorar el proceso en su conjunto es necesario lograr que el paso más lento transcurra con más facilidad (más rápido). Es lo que sucede con el tráfico en una ciudad donde un semáforo muy lento puede producir un verdadero colapso.

Sin embargo la empresa no es nada sencilla. Es necesario medir la concentración de nitrógeno fijada a la superficie del catalizador, distinguir entre átomos y moléculas, lograr que las impurezas que se adhieren a la superficie no alteren apreciablemente los resultados... etc. Todo ello requiere combinar diversas técnicas espectrográficas, marcar los átomos mediante el empleo de isótopos o hacer que la reacción transcurra en sentido inverso (el proceso Haber-Bosch es una reacción reversible).

El trabajo de Ertl con el proceso Haber-Bosch está considerado como un ejemplo de la sistemática que ha de ser aplicada para resolver los problemas que se plantean en las reacciones químicas en superficies.

Según la Academia, este estudio pionero en la caracterización de los procesos químicos elementales que tienen lugar en una reacción catalizada, se ha basado en el desarrollo de nuevas técnicas muy poderosas en el área de la física de superficies, así como en los avances teóricos en química computacional que las han acompañado. También resulta de especial relevancia en la industria química y ayuda a comprender procesos tan distintos como la oxidación del hierro, el funcionamiento de las células de combustión o el del catalizador en el automóvil. Mediante esta especialidad química se puede hasta explicar la destrucción de la capa de ozono, pues algunos de los procesos determinantes de esta reacción se producen en la superficie de los pequeños cristales de hielo en la estratosfera. También la industria de los semiconductores es un campo que depende de la química de las superficies.

Los catalizadores son sustancias capaces de acelerar (o retardar) las reacciones químicas, los cuales permiten obtener productos químicos en grandes cantidades, algo que de otro modo sería imposible. A pesar de que la mayoría de los procesos químicos industriales se realizan en presencia de catalizadores, con frecuencia se desconoce cuál es el mecanismo detallado del funcionamiento de un catalizador, lo cual no impide su aplicación, pero sí dificulta su mejora. Éste es el caso de una de las reacciones químicas catalizadas que más han contribuido a configurar el mundo moderno, el ya citado proceso Haber-Bosch para la síntesis del amoníaco (NH_3), que no debe confundirse con el amoníaco de los alquimistas (NH_4Cl), también nombrado «espíritu volátil». Proceso patentado en 1910 por Fritz Haber (premio Nobel en 1918) y Carl Bosch (premio Nobel en 1931).

A ningún químico en particular, y nadie menos familiarizado con la química ignora que el amoniaco es una materia prima fundamental para la fabricación de fertilizantes, así como por su uso en máquinas frigoríficas, colorantes y otras aplicaciones de interés social, lo que da idea de la trascendencia del proceso para su síntesis.

Después de más de setenta años de utilización industrial del proceso Haber-Bosch usando un catalizador formado por óxidos de hierro, de aluminio y de potasio, los trabajos de Gerhard Ertl demostraron en los años ochenta que la velocidad del proceso está limitada por la disociación de la molécula de nitrógeno y, además, que su fuerte enlace se debilita en la superficie de hierro debido a la intervención de los átomos de potasio. Finalmente, los átomos de aluminio facilitan que el hierro continúe activo. Todos estos elementos están presentes en el catalizador que descubrieron Haber y Bosch, y todos desempeñan un papel en algún paso de la reacción. La comprensión de los pasos atómicos de una reacción catalizada en una superficie es un logro extraordinario de Ertl.

Ertl pudo llegar a esta importante aclaración porque en vez de estudiar catalizadores reales con propiedades mal controladas, decidió investigar superficies sólidas cristalinas que poseen una configuración atómica única. Para llevar a cabo este estudio y poder disponer de superficies sólidas perfectamente caracterizadas, Ertl centró su trabajo en el desarrollo y perfeccionamiento de nuevas herramientas experimentales, un paso indispensable siempre que en la investigación científica se quiere llegar un poco más allá que los demás.

Sería largo explicar el ultra alto vacío que necesitó emplear para mantener la limpieza y estabilidad de las superficies a estudiar; y las nuevas técnicas espectroscópicas y microscópicas que tuvo necesariamente que desarrollar, sólo apuntamos que Ertl fue también pionero en la aplicación de la microscopía de barrido túnel al estudio de reacciones químicas mientras que se producen.

Cuando recibió la noticia de la concesión del Nobel de química, Ertl manifestó: «Mis investigaciones no se han dirigido a mejorar los procesos industriales, sino simplemente a comprender mejor cómo funciona la naturaleza. Pero es cierto que para mejorar las cosas hay que comprender cómo funcionan y en esto es en lo que han sido útiles mis trabajos». Palabras que ponen de manifiesto la importancia de la ciencia básica, y esto es lo que ha reconocido la Academia sueca, al decir que Ertl «ha sentado las bases de la moderna química de superficies». La importancia de las reacciones químicas de superficie controladas crece sin cesar; desde los procesos atómicos y moleculares de los materiales semiconductores hasta las reacciones que los científicos e ingenieros exploran para poner a punto las pilas de combustible, así pues, múltiples procesos industriales heredan los descubrimientos de Ertl.

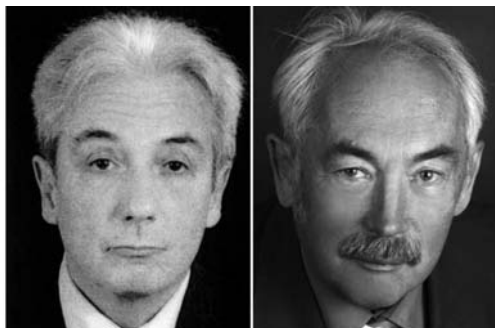
La ciencia de superficies es una ciencia frontera entre la física y la química, que pretende comprender los complejos procesos atómicos que tienen lugar en las superficies de los sólidos, muy particularmente en las reacciones química sobre ellas. No es obvio recordar que los átomos situados en las superficies de los sólidos desempeñan un papel esencial en aquellos fenómenos en que el sólido interactúa con el medio exterior, desde la corrosión a la catálisis, desde la fricción al crecimiento cristalino.

Hasta ahora, buena parte de nuestros conocimientos sobre catálisis estaban basados en el empirismo, siendo los trabajos de Ertl los que han proporcionado el deseable sustrato científico permitiendo vislumbrar los procesos atómicos que tienen lugar durante las reacciones catalíticas y abriendo perspectivas para la deseada, aunque todavía lejana, probabilidad de preparar catalizadores *a medida*.

En resumen, para la Academia estos métodos son de especial relevancia en la industria química y ayudan a comprender procesos tan distintos como la oxidación del hierro, el funcionamiento de las células de combustión, o el del catalizador en el automóvil, y la industria de los semiconductores es un campo que depende de la química de superficie.

Premio Nobel 2007: Física

Albert Fert (Carcassone, 1938) y **Peter Grünberg** (Pilsen, 1939), que comparten este año el premio Nobel de Física, son respectivamente director de la unidad mixta de física en el Centro Nacional de Investigación Científica CNRS/THALES en Orsay (Francia), y profesor del Instituto de Investigación de Cuerpos Sólidos de Jülich (Alemania). Ambos mantienen una cordial relación de colegas y juntos han recibido premios importantes, algunos en compañía de Stuart Parkin, científico del que nos ocuparemos en su lugar.



Albert Fert

Peter Grünberg

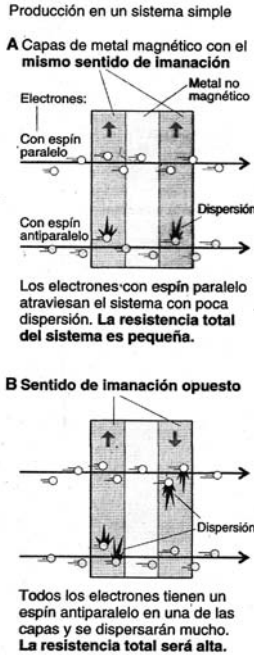
El galardón lo han obtenido por haber descubierto que unos mínimos cambios magnéticos generan grandes resistencias en la resistencia eléctrica, lo que se traduce en un incremento de la capacidad de almacenamiento de la información magnética y, por lo tanto, una minimización del tamaño de los soportes, revolucionando la memoria digital. La consecuencia más positiva que aporta a la ciencia, radica en que el aumento de la densidad de la información ha beneficiado a los discos duros informáticos, las cámaras o el iPod, así como a la ciencia médica que puede, por ejemplo, conseguir una mayor nitidez en las imágenes que proporciona un escáner.

El reconocimiento por parte de la Academia, a las increíbles prestaciones del iPod, se encuadra en el ignoto mundo de lo infinitamente pequeño, donde reside lo que nos crea, lo que nos mata y lo que nos entretiene en el breve lapso que media entre dos momentos. La informática es una tecnología de incalculable complejidad, cuyo constante y acelerado desarrollo se mantiene. Por una parte, la industria de los juguetes hace uso de las nuevas tecnologías, fusionando la electrónica avanzada con el concepto clásico del juguete, hasta trazar una línea difusa entre los juguetes de siempre y los que usan el ordenador, lanzando sin cesar al mercado una gama amplia de juguetes que incorporan esta tecnología. Por otra, cuando aparecieron las primeras computadoras, nadie pensó que saldrían de la NASA para convertirse en buzones de necesidad, publicidad y pornografía, y, de paso, en el mayor negocio de la historia del mundo.

Apenas diez años tardó en saltar del laboratorio a millones de dispositivos electrónicos en manos de los consumidores el fenómeno que descubrieron, en 1988, el francés Fert y el alemán Grünberg. Los cada vez más pequeños discos duros de los ordenadores o de dispositivos para almacenar grandes cantidades de datos, son hijos tecnológicos del fenómeno llamado magnetorresistencia gigante, que ellos fueron los primeros en ver.

Ambos han descubierto que la resistencia eléctrica de estructuras compuestas por capas alternas de hierro y cromo de unos pocos átomos de espesor podía variar hasta en un 80% al aplicar un campo magnético. El fenómeno llamado magnetorresistencia gigante (GMR) tuvo tan extraordinario impacto básico y tecnológico que tiene gran proyección en el futuro.

Ejemplo de la relevancia tecnológica de este descubrimiento es su aplicación en las cabezas lectoras de los discos duros de ordenadores, que utilizan sensores que detectan los minúsculos campos magnéticos que emanan de los bits de información escritos en el disco. Poder fabricar una cabeza lectora muchísimo más sensible implica poder leer bits más pequeños, por tanto, aumentar el número de bits que un disco duro alberga, y llegar a almacenar 10.000 veces la información que podía tener hace 20 años.



Esquema de la *magnetorresistencia gigante*.

Como ocurre casi siempre en ciencia y tecnología, el descubrimiento de la GMR ha sido posible por una serie de avances encadenados. En primer lugar fue preciso ser capaz de fabricar estructuras artificiales compuestas por capas alternadas de dos metales diferentes de unos pocos átomos de espesor —aquí entra en juego la nanociencia—, de una perfección estructural muy notable. Estas multicapas metálicas fueron desarrolladas a finales de los años setenta por Ivan K. Schuller, físico chileno afincado en EEUU.

Las multicapas comenzaron a dar sorpresas pronto, y a explicar que los átomos de materiales magnéticos, cuando forman un imán en volumen, alinean su imanación en el mismo sentido, pero una de las sorpresas de las multicapas fue el descubrimiento de que, cuando uno de los metales era magnético y el otro no magnético, la imanación de las capas consecutivas de material magnético estaba alineada en sentidos opuestos —lo que se conoce como acoplamiento antiferromagnético—. Además, al cambiar el espaciador no magnético, las capas magnéticas iban alternando su alineación de paralela a antiparalela con una periodicidad exacta de unas pocas capas atómicas.

En 1988, casi simultáneamente, Fert en Orsay y Grünberg en Jülich, prepararon unas multicapas magnéticas/no magnéticas, hierro y cromo fueron los metales elegidos, y al medir la resistencia eléctrica de estas multicapas metálicas en ausencia de campo encontraron un valor alto, pero al colocarla en presencia de un campo magnético externo la resistencia de la película disminuyó: 6% en el caso de la muestra de Grünberg, pero 50% en la de Fert. En presencia del campo magnético externo, la orientación de las capas magnéticas se hacía paralela a la dirección del campo externo y la resistencia eléctrica disminuía.

El efecto se vio que podía ser útil para implementar un dispositivo capaz de detectar diminutos campos magnéticos; fue Stuart Parkin, físico inglés que trabajaba en los laboratorios de IBM, en San José de California, quien convirtió el descubrimiento en una cabeza lectora de GMR, después que consiguió convertir un fenómeno sólo observable a bajas temperaturas y altos campos magnéticos en materiales caros y lentos en un dispositivo que funciona a temperatura ambiente y bajos campos, barato de producir y fiable. La primera cabeza de lectura basada en GMR fue lanzada al mercado por IBM en 1977, y desde entonces se viene dando un aumento en la capacidad de almacenamiento de información y una minimización del tamaño de los soportes, lo que ha facilitado la aparición de reproductores de MP3, iPod y una variedad de sensores magnéticos.

En la actualidad, estas investigaciones están abriendo muchas posibles vías que incluso afectan al campo de la medicina y de las telecomunicaciones.

Poder controlar las propiedades electrónicas de un sistema mediante la aplicación de un campo magnético externo dio lugar a una nueva disciplina, la *spintrónica*, que según Fert «una ciencia bebé que está creciendo muy sana», y es la consecuencia más destacable de la magneto-resistencia gigante; en la que el empleo de la carga eléctrica del electrón que se hacía en los dispositivos electrónicos, se sumaba el poder explotar además su spin, lo que les hacía sensibles a los campos magnéticos. Además, a largo plazo, la *spintrónica* será aplicada a las telecomunicaciones, como la emisión de radio, o a un nuevo tipo de memoria para los ordenadores.

Para el Comité de la Academia sueca, Fert y Grünberg han sabido combinar la investigación básica y aplicada, lo que les ha llevado a conseguir una nueva generación de electrónica y una de las grandes aplicaciones de la nanotecnología: una lectura de los cambios electromagnéticos en los materiales mucho más fina. De esta manera es ahora posible que la información digital pueda archivar en un espacio menor y al mismo tiempo en mayor cantidad.

Pero no todo es de color rosa, ni todo es ventaja; recientemente la nanotecnología ha recibido un varapalo por una parte de la comunidad científica al haber

demostrado que los nanotubos de carbono, una de sus estructuras básicas, se comportan como el amianto y causan cáncer cuando se inspiran.

En pocos años se habrán manipulado las microondas radiofónicas, las memorias de los ordenadores serán diferentes, los teléfonos móviles funcionarán por un sistema que consumirá muchísima menos energía, e incluso se podrán ver películas de alta definición en el iPod, aseguró Fert. No obstante, no ha querido perder la ocasión brindada por la concesión del premio, para decir que a pesar del importante avance que supone en la nanotecnología la GMR, hay que reconocer que sus aplicaciones no siempre son positivas, y ha advertido de los usos negativos de la nanotecnología, pues los avances en la capacidad de almacenamiento podrían acarrear un exceso de datos en manos del Estado, y que éste recopile demasiados datos sobre los ciudadanos puede resultar peligroso en determinados países, momentos y circunstancias. «Somos también ciudadanos y tenemos la responsabilidad de expresar, con fines preventivos, cuáles son los peligros de nuestros descubrimientos», explicó, aunque «cada progreso tiene sus riesgos y de eso debe encargarse la ley».

El reconocimiento a los trabajos en procesos nanotécnicos, invisibles aunque muy presentes en la vida cotidiana del individuo, contrasta con la decisión que el año pasado tomó la Academia de las Ciencias de Suecia al premiar a dos astrofísicos estadounidenses por sus estudios sobre el nacimiento de las galaxias.

NOTAS

1. Trabajo subvencionado por el Proyecto de Investigación I+D: HUM2005-07069-C05-05.
2. Noticia aparecida en el *El País*.