

Premios Nobel de Química y Física, 2010

MANUEL CASTILLO MARTOS Y DOLORES PEÑA RUEDA

Universidad de Sevilla

1

Trabajar en lo que a uno le gusta y ganarse la vida con ello, dice con otras palabras Primo Levi, es la máxima aproximación a la felicidad en este mundo. Y añade, lacónico: privilegio de pocos. A veces la dedicación a las ciencias no está valorada por la sociedad, nos referimos a la española, y sólo le llega cuando se publicitan actos públicos como el que se celebra, cada 10 de diciembre, en Estocolmo para entregar los Premios Nobel. Salvo pocas excepciones, como la dicha, la prensa escrita, radio y televisión suministran poca información acerca de la ciencia y los científicos, sin embargo, suministran una dieta masiva de información deportiva, esencialmente de fútbol y lo que le rodea. ¿Cuánto valdrá una marca si mañana no se revalidan éxitos? Una valoración con tales excesos de las actividades deportivas puede implicar una menor valoración de las demás actividades sociales, entre las que se cuenta el trabajo, las ciencias y la creación artística.

La cultura entendida como manifestación en ciencia, técnica, literatura, medicina, economía, filosofía, historia, etc., ha de vivir una transformación evidente y profunda. La hipertrofia del deporte español invade el espacio social de la creación artística y cultural. Debía pues considerarse que, igual que se establecen cuotas para corregir situaciones injustas o dañinas, se establezca una cuota para la creación cultural expresada a través del texto escrito: pensamiento, literatura, ciencia, a la vez que debe ser protegida. No es mucho pedir para dar a conocer los resultados de la creación cultural e investigación científica un tercio del tiempo que se dedica en los medios de comunicación públicos y privados al deporte. No es ningún descubrimiento que los Premios Nobel de Química y Física es una herramienta política, en manos del influyente comité sueco, para llevar la ciencia y la técnica a la sociedad. Un ejemplo, entre muchos, es la noticia aparecida en la prensa del hecho que catorce premios Nobel de Química, Física y Medicina se han unido para defender los planes de Barack Obama para la exploración espacial en los próximos años por la NASA, en un intento de evitar un recorte en la financiación de tal proyecto, y recomiendan al Congreso y a la Casa Blanca que revitalicen la inversión en tecnología, naves comerciales, investigación y exploración espacial con robots. Y cómo no citar la movilización social, también en los EEUU, para evitar que se bloqueen las subvenciones públicas a los trabajos sobre las células madre.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la revolución digital está aquí, y que la creación de la sociedad en red abre el camino a una democratización de la información como nunca se pudo imaginar. Pero también hay un lado siniestro, oscuro: la utilización de todos estos mecanismos para evitar esa democratización.

Algunos de los premios Nobel de Física de los últimos años lo han sido por trabajos que conseguían mejorar los sistemas informáticos, incluso, como vemos en seguida, los descubrimientos que han supuesto los premios Nobel de Química y Física de este año han servido para conseguir dispositivos electrónicos de uso en ordenadores.

Hay que ser consciente de que la ciencia impregna cuanto nos rodea, pero sus manifestaciones nos parecen cada día más lejanas por menos comprensibles. Fenómeno histórico y colectivo, suma de los grandes descubrimientos y de la tenaz labor cotidiana de investigadores que casi desde el anonimato sostienen nuestro mundo, la ciencia española es aún una asignatura en la que ignorar que queda mucho por hacer es tan absurdo como obviar lo ya logrado.

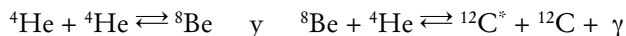
Los estudios de percepción social de la ciencia se ocupan de: Cómo percibe la sociedad la ciencia. Qué opiniones tienen los ciudadanos respecto a la investigación, el desarrollo y la innovación. Qué actitudes. Qué grado de cultura científica hay en cada país. El atraso español ha sido bien investigado y documentado –es decir sin retórica– por un destacado hijo espiritual de Vicens Vives, Jordi Nadal, en un texto *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913*, en el que narra la historia de una frustración, la del fiasco de un país que pugnó sin éxito por figurar entre los primeros europeos en llegar, estar en la vanguardia de la modernidad. Sólo emergió, en términos internacionalmente competitivos y significativos un sector, el textil algodónero; y ya después del arranque, la industria pesada del Norte. Faltaron los paradigmas en los que debería basarse, entre otros, en la interdependencia, el reto exportador, la configuración de nuevas multinacionales y en la apuesta por Europa. Y esa tónica, algo paliada desde los últimos veinte años del siglo pasado, continúa.

Se sabe que sólo tres españoles han obtenido un Premio Nobel en alguna ciencia: Cajal, Ochoa y el controvertido Echeagaray. Hay también un hombre de ciencia actual, que está fuera del ambiente español descrito, Antonio Barrero Ripoll (fallecido el pasado abril) que ha dejado una obra fecunda. Investigó en atomización fina de líquidos por medios mecánicos y electro-hidrodinámicos (electrospray). En esta línea investigadora puso a punto una nueva técnica para la creación de cápsulas microscópicas a partir de la rotura de chorros coaxiales electrificados de líquidos inmiscibles generados por campos eléctricos. Técnica aplicada con éxito a la encapsulación, a escala nanoscópica, de sustancias de interés en el campo alimentario y farmacéutico.

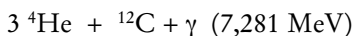
2

Siempre se ha discutido el valor específico o solamente mágico que tienen los distintos Premios Nobel: si en la concesión influyen toda clase de elementos externos, como lo político, lo geográfico, lo étnico, lo religioso, y un largo etcétera. En fin, con los Premios Nobel son siempre muchas las preguntas sin respuesta que quedan en el aire. Pero por este año esas dudas han quedado despejadas, al considerar la Academia de Ciencias de Suecia que trabajos con carbono son los merecedores de los Premios Nobel de Química y Física, al lograr unas herramientas claves de la química orgánica: las reacciones de acoplamiento cruzado catalizadas por paladio, con las que los científicos logran idear tres formas de unir átomos de carbono y formar así muchos de los medicamentos y plásticos que se usan actualmente (el de Química); y por conseguir arrancar la primera capa de grafeno de un trozo de grafito (el de Física).

Puesto que el carbono es el elemento protagonista veamos cómo surgió. De los alrededor de 92 elementos naturales que ordenamos para su comprensión y estudio en la Tabla Periódica de los elementos, y que pueden considerarse los pilares de la materia, el carbono es uno de los principales, es el cuarto más abundante en la naturaleza detrás de hidrógeno, helio y oxígeno, y junto con hidrógeno, nitrógeno y oxígeno forma el cuarteto de elementos que se permutan de incontables formas en las moléculas de la vida. El carbono, al igual que otros elementos, se forma por acción de diversas reacciones nucleares ocurridas en las estrellas; la combustión del hidrógeno origina en la estrella un núcleo central de helio. Al consumirse el hidrógeno de forma progresiva disminuye la temperatura de manera gradual y el corazón de la estrella comienza de nuevo a contraerse; la contracción gravitatoria hace que la temperatura del núcleo aumente de nuevo, y cuando se alcanzan unos 10^8 K (10 veces más que para la combustión del hidrógeno, 10^7 K) se inicia una nueva etapa de la nucleosíntesis que se denomina *combustión del helio*, cuyas principales reacciones son:



El núcleo de ${}^8\text{Be}$ es inestable respecto a la emisión de una partícula α , y tiene una vida media de tan sólo 2×10^{-16} s. Las condiciones de muy altas temperatura y presión que existen en las estrellas crean, sin embargo, una pequeña concentración de equilibrio de ${}^8\text{Be}$ que puede capturar otra partícula originando un estado excitado radioactivo del ${}^{12}\text{C}$ (${}^{12}\text{C}^*$) con energía 7,653 MeV mayor que la del estado fundamental (${}^{12}\text{C}$). En consecuencia, todo ello conduce a la reacción global



que se conoce como la *reacción triple alfa*, responsable de la existencia del elemento carbono en el Universo, y por tanto garante en última instancia de la vida.

3

Premio Nobel de Química 2010

Los premiados con el Nobel de Química son dos químicos japoneses, Ei-ichi Negishi y Akira Suzuki, y un norteamericano, Richard Heck, cuyos trabajos proponen el desarrollo de formas nuevas y más eficientes para unir entre sí átomos de carbono y construir moléculas complejas que están mejorando la vida cotidiana. La Academia elogió esas investigaciones como *arte en el tubo de ensayo. La humanidad quiere nuevos medicamentos para tratar el cáncer o frenar los efectos devastadores de virus mortal en el cuerpo humano; la industria electrónica busca sustancias emisoras de luz; y la agrícola quiere sustancias capaces de proteger las cosechas. Estamos premiando una herramienta que ha mejorado la capacidad de los químicos para satisfacer esos deseos de manera muy eficaz: el acoplamiento cruzado del paladio catalizado.*

El profesor Heck desarrolló, en 1968, una reacción que lleva su nombre, en la cual unía átomos de carbono por medio de paladio; y el Comité enfatizó que el paladio es una herramienta extremadamente útil para sintetizar moléculas orgánicas muy grandes, como las que están presentes en la naturaleza. Hasta ese momento era muy difícil poder unir átomos de carbono debido a lo estables que son. Por primera vez fue posible crear moléculas nuevas con ese elemento o imitar otras muy complejas que ya habían sido ideadas por la mejor química de la historia, la naturaleza.

En la década siguiente, sus colegas japoneses le siguieron los pasos. El profesor Suzuki ideó una reacción que lleva su nombre, mientras que su compañero, el profesor Negishi, creó el enlace que se conoce por su nombre. Lograron, pues, las reacciones químicas clave que permiten construir en el laboratorio moléculas de carbono grandes, superando las limitaciones de las técnicas precedentes, que no eran suficientemente precisas ni aptas para compuestos tan complejos como los que produce la naturaleza.

El alcance de estos trabajos se comprende con el ejemplo del compuesto *Discodermia dissoluta*, descubierto en una esponja del Caribe con óptimas propiedades como antibiótico, antiviral, antiinflamatorio e incluso como quimioterapia para el cáncer. Pero su recolección en cantidades mínimas a partir de esponjas naturales hacía inviable estas aplicaciones. Con las reacciones químicas propuestas y desarrolladas por los tres premiados fue posible producir artificialmente esa sustancia, hasta el punto de iniciarse ensayos clínicos con ella en pacientes de cáncer, y en hipertensos.

Las tres técnicas se usan hoy de forma generalizada no sólo para producir medicamentos, sino en procesos industriales para fabricar todo tipo de plásticos usados en la industria, dispositivos electrónicos como los diodos luminosos (LED), y en la síntesis orgánica, en particular en la producción de ciertos compuestos orgánicos en las fábricas.

A su vez estas experiencias han sentado las bases para una variedad de otras reacciones de acoplamiento catalizadas por paladio, incluidas las de haluros de arilo con derivados del ácido bórico (el acoplamiento de Suzuki-Miyaura), reactivos orgánicos de estaño (el acoplamiento de Stille), compuestos organomagnesio (el acoplamiento Kumada-Corriu), silanos (el acoplamiento Hiyama), y organozincos (el acoplamiento de Negishi), así como con los alcoholes y aminas orgánicas. Estas reacciones se han utilizado para los tintes fluorescentes de un par de bases del ADN, permitiendo la automatización de la secuenciación del ADN y el examen del genoma humano. Las contribuciones de Heck han sido pioneras en caracterizar un complejo metal π -alilo y en aclarar el mecanismo de hidroformilación de alquenos. Actualmente con esta última reacción se producen cerca de 15 millones de libras de alcoholes y aldehídos anuales.



Richard Heck (1931, Massachusetts, EEUU). Obtuvo los grados de licenciado (1952) y de doctor (1954) por la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), trabajando bajo la supervisión del Dr. Saúl Winstein. Después de tres años de investigación postdoctoral en la ETH de Zurich (Suiza) ingresó en la Corporación de Hércules en Wilmington, asociada a la Universidad de Delaware, y por la resonancia que alcanzaron sus trabajos fue contratado por esta Universidad para integrarse en el Departamento de Química y Bioquímica, en 1971, donde al jubilarse, en 1989, pasó a profesor emérito. Actualmente reside en Filipinas.

El profesor Heck ha recibido los siguientes premios: En 2005 el Wallace H. Carothers, que reconoce las aplicaciones creativas de la química que han tenido un impacto comercial importante. En 2006, el Herbert C. Brown de Investigación Creativa en Métodos Sintéticos, entre otros.

Ei-Ichi Negishi (1935, Changchun, capital del Imperio de Manchukuo, estuvo bajo control japonés, y ahora es la capital de la provincia de Jilin en la República Popular China).

Recién graduado por la Universidad de Tokio, 1958, realizó un internado, patrocinado por las Naciones Unidas, en la Empresa Química y Farmacéutica Teijin. Marchó a los EEUU y obtuvo su doctorado por la Universidad de Pensilvania, en 1963, trabajo que realizó bajo la supervisión del profesor Allan R. Day. En 1966, se convirtió en investigador posdoctoral en la Universidad de Purdue, donde dos años más tarde obtuvo plaza de



profesor Asistente, trabajando con el Premio Nobel Herbert C. Brown. En 1979, fue nombrado profesor en la Universidad de Siracusa; y a los pocos meses regresó a la Universidad de Purdue. En El Año 2000 fue galardonado con el Premio de la Real Sociedad de Química Sir Edward Frankland.



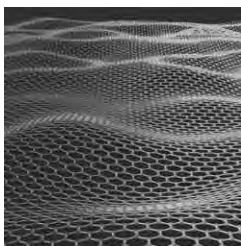
Akira Suzuki (1930, Mukawa, Hokkaido, Japón). Estudió en la Universidad de Hokkaido y después de recibir su doctorado, 1959, se convirtió en profesor asistente en el Departamento de Ingeniería de Procesos Químicos de la Facultad de Ingeniería, en 1961. Desde 1963 hasta 1965, Suzuki trabajó con Herbert Charles Brown en la Universidad de Purdue y después de regresar a la Universidad de Hokkaido obtuvo plaza de profesor de tiempo completo, en 1973, en el Departamento de Química Aplicada.

Al llegar la edad de su jubilación, en 1994, desempeñó actividades en otras universidades: en la University of Okayama, 1994. En la Universidad de Kurashiki, desde 1995 a 2002, donde hizo avances en la química del boro, además de progresos en las reacciones que le han valido el Premio Nobel.

4

Premio Nobel de Física 2010

Este año la Real Academia de las Ciencias de Suecia ha galardonado a **Andre Geim y Konstantin Novoselov** por sus trabajos pioneros en el desarrollo del grafeno, un nuevo material bidimensional, que posibilita avances decisivos en la Física cuántica, y es útil para el desarrollo de dispositivos electrónicos flexibles para ordenadores, pantallas táctiles y paneles solares.



El grafeno es una estructura laminar plana, de un átomo de grosor, compuesta por átomos de carbono densamente empaquetados en una red cristalina hexagonal.

Andre Geim (1958, Sochi, Rusia, nacionalizado holandés), se doctoró en Ciencias Físicas, en 1987, en el Instituto de Física del Estado Sólido, perteneciente a la Academia Rusa de Ciencias de Chernogolovka; después de alcanzar el grado de doctor, en 1987, por ese Instituto, trabajó como investigador científico en el Instituto de Microelectrónica y Tecnología de dicha Academia, y luego como becario post-doctoral en la Universidad de Nottingham, la Universidad de Bath y la Universidad de Copenhague, antes de convertirse en profesor asociado en la Universidad de Radboud, en Nijmegen (Países Bajos). En 2001, fue nombrado profesor de Física en la Universidad de Manchester (UK) donde fue director del Centro para Mesociencia y Nanotecnología. Desde 2007, es “Senior Research Fellow”. También es profesor de materiales innovadores y nanociencia en la citada Universidad de Radboud, desde principios de este año 2010. Ostenta los títulos de Profesor Langworthy y el de Profesor de Investigación de la Royal Society.



Entre otros premios destacan el concedido por el Instituto de Física (Reino Unido), 2007 *por su descubrimiento de una nueva clase de materiales -cristales de dos dimensiones independientes- el grafeno en particular*. Compartió el Premio Europhysics con Konstantin Novoselov por descubrir y aislar una sola capa atómica independiente de carbono (grafeno) y elucidar sus notables propiedades electrónicas. Los trabajos de Geim en esa área de trabajo también han sido reconocidos, en 2009, con el Premio Europeo de la Ciencia Körber y, en 2010, la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU le concedió la medalla de honor y el Premio John J. Carty. Geim es doctor “*honoris causa*” por la Universidad de Delft, la ETH de Zürich y la Universidad de Amberes.

Konstantin Novoselov (1974, Nizhny Tagil, Rusia, tiene doble nacionalidad, británico-rusa). Comenzó a trabajar con Geim, en Holanda, para realizar su doctorado y después lo acompañó en su traslado a la Universidad de Manchester, 2004, formando un equipo muy estrecho.

Novoselov ha publicado más de 60 trabajos de investigación sobre el grafeno y en temas de superconductividad (Efecto Hall), movimientos sub-atómicos de las paredes de dominio magnético, invención de la Cinta de Geco, etc. Es miembro del grupo de trabajo de mesoscópica de la Universidad de Mánchester como investigador de la Royal Society. Por sus trabajos ha obtenido diversos premios, entre ellos el europeo de física, en 2008, *por descubrir y aislar libremente una capa atómica de carbón (grafeno) y describir sus notables propiedades eléctricas*.



Novoselov ha estado en España invitado por el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón y en estos días ha recordado con afecto y respeto a sus colegas españoles Francisco Guinea, María Vozmediano y Elsa Prada, del CSIC, con los que tiene una estrecha colaboración sobre grafeno.

Un material revolucionario

El hallazgo surgió en lo que estos dos científicos llaman los experimentos de los viernes, cuando, una vez que dejan atrás las actividades normales de la semana, se meten en el laboratorio a jugar con la ciencia, a ensayar ideas y ponerlas en práctica con sus propias manos y los medios que tienen a su alrededor, *para probar cosas locas y divertirse un poco en el laboratorio antes de ir a tomar unas cervezas*, cuenta Novoselov.

Obtuvieron el grafeno a partir del grafito, con una feliz idea: usar una cinta adhesiva convencional para arrancar la primera capa de grafeno de un trozo de aquél, que no es otro que el material del que está hecha la mina de un lápiz, que contiene trillones de capas de grafeno pegadas unas con otras. El conjunto no es muy resistente, porque la unión entre lámina y lámina es débil. Pero cuando lograron aislar la primera capa individual formada por estructuras hexagonales de átomos de carbono, con un grosor de un átomo y que en 1 cm cabrían 10 000 000 de láminas, comprobaron que este nuevo material se caracteriza por ser 100 veces más duro que el acero, propiedad que lo situaba como el material más resistente del mundo, con una alta elasticidad y ligereza. Era transparente, por él pasaba la electricidad casi sin resistencia y poseía una alta conductividad térmica. Además, puede reaccionar químicamente con otros elementos y compuestos químicos, por lo que es el gran favorito para la próxima revolución tecnológica con un gran potencial de desarrollo.

Del grafeno dice Novoselov: *Imagine un material que tiene todas las mejores propiedades posibles que pueda esperar: el material más fino, más fuerte, más conductor de electricidad, transparente [...] es el grafeno. En términos físicos es una única capa de un átomo de grosor, pero muy resistente y más duro que el diamante. Este material tiene unas propiedades realmente sorprendentes y es lo que ahora seguimos estudiando. Tal vez lo más extraño es que solo tiene un átomo de grosor y puedes hacer láminas de centímetros e incluso de metros que mantienen esas propiedades.*

El panorama de las aplicaciones potenciales es muy amplio. Los expertos consideran que los dispositivos de grafeno van a ser sustancialmente más rápidos que los de silicio, elemento empleado en la actualidad en la mayoría de aparatos electrónicos, con lo que se podrán fabricar dispositivos y ordenadores mucho más flexibles y eficientes, placas solares más dúctiles, y una posible nueva generación de chips de ordenador. También de grafeno serán los recubrimientos transparentes de los conductores de electricidad para pantallas táctiles o teléfonos móviles y otros dispositivos electrónicos, apunta Novoselov. De hecho un grupo de investigadores de

Samsung y de la Universidad de Sungkyunkwan, en Corea del Sur, han conseguido fabricar láminas flexibles de grafeno de 30 pulgadas. Además ya hay grupos de investigadores en el MIT trabajando con él.

El método por el que obtuvieron el grafeno parecía casi una broma en el comunicado de la Fundación Nobel que describía el trabajo de Geim y Novoselov al manifestar que no siempre la ciencia actual exige grandes y avanzadísimas instalaciones para lograr resultados que merezcan la pena. *La idea de intentar algo con el grafeno fue de Andre y la forma de lograrlo fue mía*, explica Novoselov. Esa forma de lograrlo era tan simple como ir sacando láminas del grafito del que están hechas las minas de los lapiceros, mediante una cinta adhesiva corriente. Eso sí, jugó el factor suerte en esos experimentos de los viernes, cuando eligieron como soporte de la lámina bidimensional de carbono un trozo de silicio con el espesor de un óxido que resultó ser apropiado. Ese material estaba por allí, pero no hubiera servido cualquier soporte. Eso sí, que nadie se engañe, en ciencia uno tiene que saber donde está, saber lo que busca, entender lo que ha descubierto y, como dice Novoselov, *trabajar mucho y que te divierta*.

Cuando le preguntaron a Novoselov si se puede sintetizar el grafeno, respondió *Sí, ya se ha hecho. Se está trabajando mucho para hacer grandes láminas de grafeno sintético porque impulsará las aplicaciones. Pero el sintético no es tan bueno como el natural, aunque suficiente para muchos usos [...] La verdad es que la naturaleza lo hace mejor que nosotros*.

5

Andre Geim, es el primero en ganar el Nobel real y el alternativo (Ig Nobel de la Revista *Annals of Improbable Research*), que premia *hallazgos que primero hacen reír y luego pensar*. El Premio Ig lo obtuvo, en 2000, por hacer levitar a una rana al aplicar un campo magnético con suficiente intensidad sobre el animal, cada electrón en cada átomo de sus células modificó ligeramente su rumbo para contrarrestar la fuerza de los imanes. El resultado fue que la rana flotaba en la ingravidez, algo que hasta entonces sólo era posible en el espacio. Un año después, amplió la aplicación de sus imanes de levitación para demostrar la rotación de la Tierra. *Creo que soy el primero que ha obtenido ambos Nobel y estoy muy orgulloso de los dos premios*, ha comentado.

