

## PREMIOS NÓBEL 2000: KILBY, ALFEROV Y KROEMER (FÍSICA), HEEGER, McDIARMID, SHIRAKAWA (QUÍMICA)

MANUEL CASTILLO MARTOS

### Introducción

La ciencia tiene ahora una atención del pueblo español como no la ha tenido antes. La mayoría de los medios de comunicación dedican tiempo o espacio a los descubrimientos que se van produciendo en las distintas áreas y contribuyen a que la investigación aplicada —la básica en menor grado— sea un poco popular. Asimismo, hay consenso de que un país moderno tiene que potenciar sus capacidades de innovación y homologarse con otros de mayor tradición científica y tecnológica.

Sin embargo, este Gobierno que ha creado un Ministerio de Ciencia y Tecnología, parece que lo ha hecho más pensando en dar un cargo a determinadas personas que por una convicción de potenciar la investigación. Cómo si no se explica el desinterés, mostrado hasta ahora, por la nueva ministra hacia las áreas que le competen. Y cómo explicar el divorcio entre éste Ministerio y el otro que tiene el apéndice de Deporte. ¿Se quiere unir Ciencia y Deporte? Quizás la respuesta pueda explicar las rasgaduras de vestiduras que ha hecho la clase política conservadora cuando en los últimos juegos olímpicos no se han conseguido las medallas esperadas. ¿Para cuándo mostrar decepción porque no haya ningún español en el *medallero* de los Nóbels de ciencia y tecnología?

El apoyo de los organismos públicos a la labor investigadora es escaso o nulo. Recientemente se han incumplido promesas y, por ello, investigadores punteros han tenido que irse —o volver— al extranjero, ya que ni el CSIC ni la Universidad han mostrado interés por sus investigaciones.

Tiene que ser el sector público el que ponga los medios materiales, humanos y económicos para que se pueda llevar a cabo una fructífera labor investigadora. ¿Cuándo van a tener los poderes públicos españoles el convencimiento de que hay que potenciar la investigación aumentando la dotación y el número de científicos?

Mientras tanto, la Academia de Ciencias de Suecia ha concedido, un año más, los Nóbels de Física y Química. Para los premios de 2000 el comité ha valorado las contribuciones de científicos de EEUU, Bielorrusia, Nueva Zelanda y Japón.

### El Nóbels de Física

El premio Nóbels de Física de 2000 ha sido compartido por tres investigadores: el estadounidense *Jack Kilby* inventor del *chip*, que ha supuesto la revolución

informática modificando nuestros hábitos de vida; *Zhores Alferov*, bielorruso, y *Herbert Kroemer*, alemán nacionalizado norteamericano, por sus trabajos sobre los semiconductores de alta velocidad que han posibilitado la divulgación de CD y lectores de código de barras. Además han concebido las heteroestructuras, dobles uniones de materiales, con las consecuencias prácticas que comentaremos.

Estos trabajos muestran cómo la investigación básica es imprescindible y crucial para el desarrollo tecnológico de la sociedad. Las contribuciones de los galardonados van desde aplicaciones tecnológicas hasta explicar conceptos teóricos.

A principio de los cincuenta, las radios funcionaban con válvulas. En esa década la industria desarrolló circuitos cada vez más complejos con transistores, diodos, rectificadores, pero estos elementos no estaban interconectados entre sí, y el problema fue solucionado por *Kilby* diseñando un circuito integrado, con las interconexiones incluidas en el propio sistema. El 12 de setiembre de 1958 dio a conocer el primer circuito que integraba todos los componentes ocupando un espacio muy pequeño. Posteriores reducciones de tamaño de los circuitos integrados han permitido desarrollar la microelectrónica, que tanto ha facilitado la vida actual llena de ordenador, radio, televisión, teléfono, etc.

Este desarrollo no puede entenderse sin los semiconductores que utilizaban silicio, este elemento, sin embargo, tenía limitaciones por su escasa capacidad de emitir o absorber luz. Lo cual se solucionó con las uniones de diferentes semiconductores formados por arseniuro de galio y arseniuro doble de galio y germanio. *Kalferov* y *Kroemer* contribuyeron creando dobles uniones y desarrollando el láser de semiconductores. Esta idea abrió la puerta a la optoelectrónica, omnipresente en la vida cotidiana.

Ello ha posibilitado la obtención de nanoestructuras para pozos, hilos y puntos cuánticos. Los últimos son auténticos átomos artificiales de diseño que permiten la obtención de nuevos láseres y diodos de alta potencia y bajo consumo, que permiten elegir el color de la luz emitida, y que supondrán una revolución ecológica por su ahorro energético.

La próxima meta, ya a nuestro alcance, es el manejo del spin del electrón. Las uniones de semiconductores magnéticos son la base de la spintrónica y la información cuántica. Las aportaciones de los premiados han resultado esenciales.

### *Los galardonados*

*Jack Kilby*, norteamericano, en julio de 1958 dio a conocer el primer circuito integrado de la historia, el precedente del chip. Kilby recién incorporado a Texas Instruments, en Dallas, no pudo tomar las vacaciones de verano y empleó tranquilamente ese tiempo para juntar en una misma lámina delgada varios transistores, resistencias y condensadores capaces de transmitir una señal eléctrica. Esta idea de Kilby sentó las bases del circuito integrado y su consecuencia lógica, el chip. Elaboró todos los componentes del circuito con el mismo material semiconductor, el germanio,

para así conectarlos in situ. Es decir, consiguió miniaturizar los circuitos formados por un transistor, un resistor y un diodo, que hacía las veces de capacitor, conectados entre sí con hilos de oro.

El experimento funcionó y fue presentado en marzo de 1959. *Al principio nos pareció un divertimento para especialistas*, escribió Kilby años después. Pero la realidad lo ha magnificado en su justa medida. Con el aporte de la industria militar —eran tiempos de la guerra fría— y la idea de Robert Noyce (fundador de Intel) de introducir la base de silicio, el artilugio de Kilby se constituyó en el antecedente del actual chip.

Kilby, hace años jubilado, posee más de sesenta patentes, entre ellas está la popular calculadora de bolsillo que Texas Instruments comercializó en los años setenta. Cuando recibió la noticia de la concesión del Nóbel de Física, dijo, *no me lo esperaba, de hecho pensaba que era muy improbable*. No nos extraña esta respuesta, la Academia de Ciencias sueca ha tardado en reconocer su mérito más de cuarenta años, y al final ha premiado a Kilby porque *El desarrollo fulminante de los ordenadores realmente arrancó con el de los circuitos integrados en los años sesenta y del microprocesador en 1970, cuando el número de componentes de un chip fue suficientemente grande como para crear toda una microcomputadora*.

*Zhores Alferov*, nacido en Bielorrusia, está todavía en activo en su laboratorio de San Petersburgo, perteneciente al Instituto Físico-Técnico Ioffe. Entre sus logros se cuentan, además del desarrollo de la tecnología láser, la puesta a punto de células solares o de dispositivos LED.

Al recibir la noticia de la concesión del Nóbel, dijo: *Indudablemente se trata de una prueba del reconocimiento internacional de nuestra física soviética y rusa*. Aunque la mayor parte del trabajo por el que ha sido premiado fue realizado a fines de los sesenta y durante los setenta, añadió, *continuamos las investigaciones y todavía somos líderes en este importantísimo campo de la ciencia moderna*.

Este el octavo Premio Nóbel de Física para Rusia, el último lo obtuvo Piotr Kapitsa en 1978.

Dos colegas de Alferov, Viacheslav Osipov y Igor Savaliev, están ahora en el Laboratorio de Nanotecnología del CSIC, en Madrid. Savaliev al enterarse que Alferov había conseguido el Nóbel de Física, recordaba los días que había trabajado en el equipo de más de 70 investigadores dirigido por Alferov. Y añadía que ahora el reciente premio Nóbel está ocupado en la educación universitaria, *creando nuevos métodos de educación científica*.

Por su parte Osipov recordó a su antiguo colega y maestro como un científico muy inteligente con el que trabajó más de 30 años, y *estaba muy interesado en literatura, teatro, historia, no sólo física*.

*Herbert Kroemer*, nació en Alemania, y después de investigar en la Universidad de Gotinga se nacionalizó en EEUU de América, y en la Universidad de California, en Santa Bárbara, fue pionero en láser de semiconductores y en el crecimiento por capas de este tipo de materiales.

Recordaba Kroemer que había quien creía que sus trabajos no tendrían aplicaciones prácticas. La equivocación es palpable, si se tiene en cuenta que aquellos avances son los cimientos de la poderosa tecnología de la comunicación actual. Kroemer trabajaba en los laboratorios de la empresa RCA en Princeton cuando hizo las investigaciones ahora premiadas.

Kroemer tenía ideas muy distintas de las de su época. En 1957 propuso un transistor bipolar de heteroestructuras, formado por dos o más materiales diferentes, y predecir, tras un análisis detallado, que estos nuevos transistores funcionarían a más velocidad que los convencionales de silicio. Seis años después hizo otra atrevida propuesta, usar heteroestructuras para construir láser de semiconductores capaz de funcionar a temperatura ambiente. Según Kroemer, en una doble heteroestructura, en las regiones donde se unen los dos materiales se crea un campo eléctrico que en el caso del transistor daría lugar a una mayor corriente y facilitaría una menor resistencia en la base. En el láser, el campo confinaría mejor los electrones y así cedería más eficientemente su energía en forma de luz, la cual sería guiada a lo largo del material central. Con estas propiedades serían posibles transistores más rápidos y láser con menor consumo de energía.

Los láseres inventados envían la señal por la fibra óptica. Los paneles solares de las estaciones espaciales usan los conductores que entonces se inventaron, y cuando hablamos por un teléfono celular estamos utilizando aquellas estructuras de transistores.

Kroemer y Alferov propusieron en 1963 el principio del láser de heteroestructura, que el bielorruso patentó ese año. Esas ideas y las tecnologías que las posibilitaron han logrado, entre otros, el desarrollo del ordenador cuántico.

## El Nóbel de Química

Los últimos cincuenta años han conocido un desarrollo espectacular de los plásticos como polímeros conductores. Las propiedades eléctricas y ópticas de estos polímeros, de origen orgánico, han generado una dedicación intensa de químicos y tecnólogos en los últimos años con el fin de sintetizar este tipo de materiales, estudiar sus propiedades y aplicarlos a la industria. Las aplicaciones son múltiples: pantallas de ordenador que amortiguan las radiaciones, películas fotográficas sin electricidad estática, ventanas inteligentes que filtran a voluntad la luz solar, células solares, diodos emisores de luz (LED), pantallas de teléfonos móviles, televisores de pequeño formato, etc.

La superposición de semiconductores y microelectrónica será, con toda probabilidad, uno de los soportes básicos sobre los que se asiente la tecnología más avanzada del siglo que comienza.

La Academia de Ciencias sueca, sensible a los derroteros de la nueva química, ha concedido el premio Nóbel de Química a Alan Heeger (EEUU), Alan McDiarmid (Nueva Zelanda) y Hideki Shirakawa (Japón) porque han conseguido *componentes electrónicos formados por moléculas individuales que aumentarán de forma extra-ordinaria la velocidad de los ordenadores*.

Debemos mencionar también los trabajos de Fred Wudl, actualmente en la Universidad de California, en Los Ángeles, por su participación destacada en la preparación de plásticos conductores, en estrecha relación con la investigación de los premiados.

### *El trabajo de los galardonados*

Se da el caso este año que los tres Premio Nóbel de Química han mantenido relaciones científicas entre ellos trabajando cada uno en centros diferentes: *Mc Diarmid* enseña Química en la Universidad de Pensilvania, *Heeger* dirige el Instituto de Polímeros de la Universidad de California en Santa Bárbara y *Shirakawa* es profesor en el Instituto de Ciencias de Materiales de la Universidad de Tsukuba.

En 1976 McDiarmid fue a Tokio a hablar sobre un polímero de aspecto metálico, *polímero plateado*, en el que estaba trabajando con Heeger, y en una pausa se encontró con Shirakawa quien le comentó que uno de sus estudiantes confundió las concentraciones de sus reactivos y añadió en un recipiente una cantidad de catalizador mil veces mayor que el correcto y obtuvo un plástico con un insólito color plateado.

De vuelta a Pensilvania, Heeger midió la conductividad del *plástico plateado* de Shirakawa y comprobó que conducía la electricidad diez millones de veces más que un plástico normal. Una vez más la casualidad se ha aliado con un descubrimiento decisivo.

Este resultado sorprende tanto en cuanto los plásticos son polímeros que generalmente no conducen la electricidad, y se usan como aislantes en los cables eléctricos. Pero Heeger, McDiarmid y Shirakawa descubrieron a finales de los setenta que los plásticos sometidos a ciertas modificaciones, como doparlos con vapores de yodo, se van oxidando progresivamente y la conductividad aumenta, de forma continua, hasta alcanzar los valores de otros semiconductores inorgánicos conocidos, llegando a conducir como los metales.

Con estos polímeros ha aparecido un nuevo material blando, flexible, y manejable capaz de sustituir a los cientos de semiconductores inorgánicos rígidos, que sólo pueden ser manipulados a elevadas temperaturas y en el vacío.

### *Aplicaciones de los polímeros*

Se piensa que una microelectrónica desarrollada con materiales blandos sería barata. Los polímeros se pueden disolver y las disoluciones se aplican por técnicas económicas de escritura (impresoras de chorro de tinta) sobre el sustrato.

Los plásticos conductores forman actualmente una pujante área de investigación con aplicación inmediata en la industria. Y más desde que la introducción de nuevos grupos de investigación en la electroquímica han permitido, en los primeros años de los ochenta, sintetizar nuevos polímeros conductores y controlar el proceso dopado/desdopado, con lo que aparecen nuevas propiedades y aplicaciones que tienen como base la estructura molecular de los polímeros.

La posibilidad de producir componentes electrónicos formados por moléculas orgánicas individuales permitirá no sólo la reducción de los tamaños de los ordenadores y otros sistemas electrónicos sino también aumentar la velocidad de transmisión de la información, abaratar los costes de innumerables productos electrónicos y ser una de las bases de los ordenadores moleculares.

En medicina se han utilizado recientemente unos polímeros conductores biocompatibles con las neuronas, y la investigación que se está desarrollando en este campo va orientada a conseguir usarlos como muelles de conexión entre equipos electrónicos y el sistema nervioso.

La investigación de McDiarmid, Heeger y Shirakawa nos muestra cómo, en la ciencia actual, las ideas pueden transformarse en puestos de trabajo. Heeger ha fundado la empresa Uniax Corporatio que produce ese tipo de polímeros y desarrolla sus aplicaciones. ¿Se impondrá pronto esta conexión entre investigación y empresa, muy extendido en Norteamérica, en España?

## **EN RECUERDO DE DIRK STRUIK (1894-2000)**

El distinguido historiador de la matemática Dirk Struik, profesor emérito del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), falleció el 21 de octubre de 2000, a la edad de 106 años.