

El Premio Nobel de Química (2016)

Hay ocasiones en las que algunas previsiones, que parecen más ilusiones que posibilidades reales, se cumplen. Richard Feynman, premio Nobel de Física en 1965, considerado como quien primero vislumbró el desarrollo de la nanotecnología y de la informática cuántica en 1956 en su conocida frase “hay mucho espacio en el fondo” (“there’s plenty of room at bottom”) en el marco de una conferencia en la Sociedad Americana de Física, planteó -ahora en 1984- que sería posible fabricar máquinas tan pequeñas que se necesitara un microscopio electrónico para verlas; esto es, máquinas moleculares. El premio Nobel de 2016 es la constatación -sólo 32 años después- de que la visión de Feynman era correcta (<https://s3.eu-de.cloud-object-storage.appdomain.cloud/kva-image-pdf/2017/08/globalassets-priser-nobel-2016-kemi-pop-ke-en-16.pdf>).

Jean-Pierre Sauvage, Fraser Stoddart (sir) y Bernard Feringa, los laureados de este año han desarrollado distintas aproximaciones para hacer realidad aquello que Feynman intuyó: ¿Moléculas que actúan como máquinas?

Así es, un impulso que puede ser eléctrico o luminoso hace que una molécula se comporte como un ascensor -desplazándose arriba y abajo-, o como un músculo -provocando la deformación de una delgada lámina de oro-, o como un motor -que llega a girar a una velocidad de hasta 12 millones de revoluciones por segundo.

Los químicos tienen la capacidad, no sólo de estudiar las moléculas que la naturaleza crea, sino también de sintetizar nuevas moléculas. Fármacos, plásticos, tintes, aromas, y muchos productos o materiales de uso cotidiano son ejemplo de ello. Lo habitual es que en todos estos compuestos los átomos que constituyen las moléculas estén unidos por enlaces y que sean el resultado de un equilibrio; es decir, que se encuentren en un estado de energía bajo y que sean estables.

La aportación de estos tres investigadores europeos (en términos de la Academia sueca, “el diseño y síntesis de máquinas moleculares”) cambia radicalmente lo que resultaba una limitación en la capacidad para crear nuevas estructuras. Ahora es posible construir entidades químicas en las que moléculas distintas, que no poseen ningún enlace entre ellas, constituyen una especie única y, además, con capacidad de desplazarse entre ciertos límites. Es posible también, construir moléculas con capacidad de girar en un único sentido -esto es, sin recuperar la posición inicial al cesar la causa que provoca el primer movimiento- constituyendo así un motor molecular.

El primer trabajo de Jean Pierre Sauvage (1983), orientado a lo que después permitió el desarrollo de máquinas moleculares, consistió en la preparación de una entidad química, representativa de las que denominamos *catenanos*, en la que dos moléculas distintas se unen del modo en el que lo hacen dos eslabones de una cadena -sin enlace entre ellas-. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040403900940504?via%3Dihub>

Además, Sauvage verificó -ya en 1994- que con un cierto aporte de energía uno de los dos eslabones podía girar una vuelta completa alrededor del otro anillo. Era el inicio de una máquina molecular.

Fraser Stoddart (1991) construyó lo que se denomina un *rotaxano*, una entidad que consiste en una molécula circular engarzada en otra molécula lineal. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004040399180797A?via%3Dihub>

Tres años más tarde, en 1994, <https://doi.org/10.1038/369133a0> pudo controlar el movimiento de la molécula circular, hacia adelante o hacia atrás, incorporando en la molécula del eje dos subestructuras que actuaban como “paradas” en el movimiento de este “pequeño autobús”.

Estos desarrollos de Sauvage y Stoddart han posibilitado la construcción de entidades químicas que actúan como músculos (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja051088p>) con movimiento de extensión y contracción; como ascensores, con movimiento vertical controlado por el cambio de medio ácido a medio básico (<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ja0543954>), o como transistores moleculares -lo que supone una reducción de tamaño extraordinaria- formados por *rotaxanos* y grafeno, material éste constituido por una única lámina de átomos de carbono y que está muy presente en la ciencia actual desde que en 2010 el premio Nobel de Física recayó en Geim y Novoselov, por sus trabajos experimentales obre este material. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/adma.201302393>

¡Pero aún quedan los motores! Un motor siempre gira en la misma dirección y ese giro se transforma habitualmente en un desplazamiento. Cuando provocamos una distorsión en un objeto éste recupera su posición cuando la causa cesa. Ben Feringa diseñó una molécula constituida por dos fragmentos en la que, bajo la radiación ultravioleta, uno de ellos giraba 180 grados sobre el otro pero no se recuperaba la posición inicial al cesar la radiación. Una ingeniosa modificación en otra zona de la molécula bloqueaba el retroceso. Sucesivos pulsos de luz ultravioleta permiten el giro continuo. Después vino el diseño de un pequeño cochecito (<https://www.nature.com/articles/nature10587>) en el que cuatro motores funcionan a modo de ruedas.

Otros autores han conectado motores moleculares a polímeros. Cuando las moléculas que actúan como motores reciben luz reorganizan la estructura de los polímeros y se almacena energía (<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/SM/C4SM02294G>). Es el inicio de un nuevo tipo de pilas, si se encuentra cómo recuperar la energía almacenada. Como en muchas ocasiones, los avances importantes señalan nuevos retos.

Los premiados

Jean-Pierre Sauvage (1944, París, Francia). Doctor (1971, Universidad de Estrasburgo, Francia). *Professor Emeritus* en la Univerisidad de Estrasburgo y Director de Investigación *Emeritus* en el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS), Francia.

Sir J. Fraser Stoddart (1942, Edimburgo, Reino Unido). Doctor (1966, Universidad de Edimburgo). *Professor* de Química en la Universidad del Noroeste, Evanston, Illinois, E.E.U.U.

Bernard L. Feringa (1951, Barger-Compascuum, Países Bajos). Doctor (D.1978, Universidad de Groningen, Países Bajos). *Professor* de Química Orgánica en la Universidad de Groningen.