

SEBBM DIVULGACIÓN

ACÉRCATE A NUESTROS CIENTÍFICOS



Premio Nobel de Química 2016. Diseño y síntesis de máquinas moleculares

DOI: http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_ANC.2017.02.1

Elena Casero

Departamento de Química Analítica y Análisis Instrumental de la Universidad Autónoma de Madrid

Biografía *Resumen*

Elena Casero Junquera es licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid (1991). Inició su actividad investigadora en el Laboratoire de Photophysique Moléculaire (Orsay, Francia) donde obtuvo el título de Doctor en Ciencias por la Université de Paris Sud XI en 1996. Al año siguiente, se incorporó al Departamento de Química Analítica y Análisis Instrumental de la Universidad Autónoma de Madrid donde es profesora titular desde 2010. Su actividad investigadora se centra en el desarrollo, caracterización y aplicación de nuevos sensores y biosensores basados en nanomateriales, para la determinación de analitos de interés en campos como el clínico o el agroalimentario. Ha participado en 21 proyectos de investigación competitivos y es coautora de más de 40 artículos científicos en revistas internacionales y de dos libros divulgativos: "El nanomundo en tus manos" y "Nanociencia y Nanotecnología: entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro".

El premio Nobel de Química de 2016 ha sido otorgado a Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart y Bernard L. Feringa por "el diseño y síntesis de máquinas moleculares" (1).

Summary

The Nobel Prize in Chemistry 2016 was awarded to Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart and Bernard L. Feringa "for the design and synthesis of molecular machines" (1).

<http://www.sebbm.es/>

HEMEROTECA: http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/acercate-a-nuestros-cientificos_107

Una máquina molecular puede definirse como un dispositivo formado a partir del ensamblaje de diversos componentes moleculares que son capaces de realizar movimientos mecánicos como respuesta a un estímulo externo adecuado, permitiendo el desarrollo de una función específica (2). El fin último de este tipo de dispositivos consiste en la obtención de un efecto macroscópico a partir de un movimiento molecular concertado. Por ejemplo, lograr que una gota de agua se desplace 1 mm por una superficie inclinada, previamente modificada con motores moleculares, gracias a la acción de la luz (3). Un desplazamiento de 1 mm puede no parecer mucho, pero si tenemos en cuenta el tamaño de las partes involucradas (la gota es visible a simple vista, los motores moleculares que consiguen desplazarla son unas 80.000 veces más pequeños que el ancho de un cabello), nos damos cuenta de la enorme potencia conseguida. Hasta poder llegar a obtener este tipo de resultados, ha sido necesario recorrer un largo camino.

La idea de poder construir máquinas moleculares en un laboratorio fue sugerida por primera vez en el año 1959 por R. Feynman. En su ya mítica conferencia, "There is plenty of room at the bottom", Feynman planteaba la posibilidad de sintetizar moléculas mediante la manipulación y el ensamblaje de los correspondientes átomos (4). Esta idea, que en principio pudo parecer descabellada, supuso el origen no solo de la posibilidad de crear máquinas moleculares artificiales sino, de una manera más general, de la propia nanotecnología y su principal forma de funcionamiento, la construcción "bottom-up". Entre los diversos avances científicos que han impulsado la creación de máquinas moleculares ocupan un lugar fundamental los progresos relacionados con la comprensión y aplicación de las interacciones intermoleculares no covalentes, fundamento de la química supramolecular.

Una gran parte del progreso logrado en el diseño y fabricación de máquinas moleculares se ha debido a los estudios que permitieron desarrollar entidades químicas donde las moléculas se encuentran enlazadas mecánicamente, pudiendo las partes integrantes moverse libremente unas respecto a otras. Los ejemplos más representativos son los catenanos, donde macrociclos moleculares se encuentran entrelazados, y los rotaxanos

SEBBM
SEBBM

Sociedad Española
de Bioquímica y
Biología Molecular

SEBBM DIVULGACIÓN

donde una molécula lineal con grupos voluminosos en los extremos se encuentra "enhebrada" en un macrociclo (ver Figura). Aunque, anteriormente a 1980, se habían logrado sintetizar en varios laboratorios entidades moleculares que se mantenían unidas mediante enlaces no covalentes, los métodos utilizados para ello eran complejos y el rendimiento obtenido tan bajo, que la aplicación era muy limitada.

En 1983, en la Universidad Louis Pasteur, J.P. Sauvage y sus colaboradores, logran un enorme avance al proponer un método general de síntesis de catenanos basado en la coordinación con metales, gracias a los cuales el enhebrado de las correspondientes moléculas se lleva a cabo de una manera sencilla, lográndose altos rendimientos. En la Universidad de Sheffield, Sir J. Fraser Stoddart y sus colaboradores dan otro enorme paso en el campo al desarrollar un rotaxano donde el componente cíclico (un ciclofano tetracatiónico) es capaz de desplazarse entre dos puntos del componente lineal actuando como una lanzadera molecular.

A lo largo de los años 90, ambos grupos de investigación desarrollan diversos sistemas, principalmente catenanos y rotaxanos, en los que logran controlar externamente el movimiento de traslación y de rotación de las entidades moleculares enlazadas mecánicamente, mediante la aplicación del estímulo externo adecuado (inducción electroquímica, fotoquímica, térmica). La integración de varios de estos componentes, de manera que el movimiento mecánico producido ocurra de manera concertada, ha dado lugar al desarrollo de diversas máquinas moleculares. Así, Stoddart y colaboradores construyen un *ascensor molecular* formado por 3 unidades de rotaxano enlazadas mecánicamente a una plataforma que permite desplazamientos de 0.7 nm. Sauvage y colaboradores logran simular un músculo a partir de dos rotaxanos entrelazados que mediante un estímulo químico se alargan/contraen en torno a 2 nm (2,5).

De manera complementaria a los avances logrados por Sauvage y Stoddart en el ámbito del desarrollo de entidades moleculares enlazadas mecánicamente, L. B.

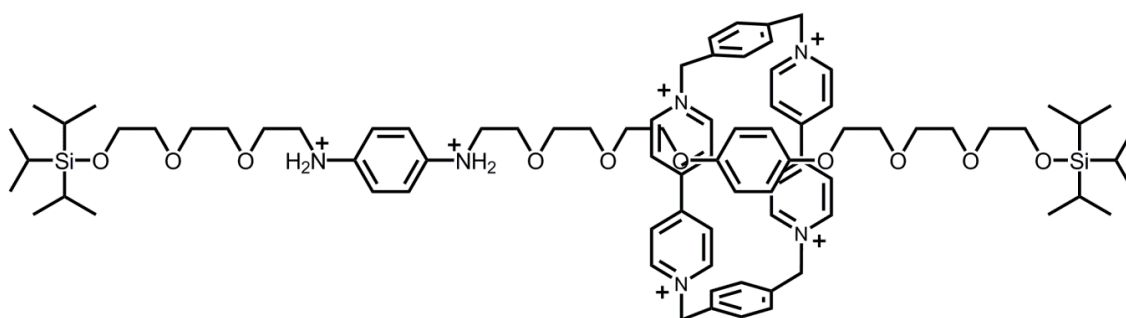
Feringa y colaboradores proporcionan un enorme impulso al campo al lograr controlar la dirección en la que se produce el movimiento de rotación en diversas estructuras moleculares. La unidireccionalidad del movimiento de rotación se consigue utilizando moléculas que contienen enlaces insaturados y mediante la irradiación con luz ultravioleta. A lo largo de los siguientes años, L. B. Feringa y colaboradores perfeccionan este tipo de motores alcanzando, en 2014, frecuencias de rotación en torno a 12 MHz. Con este tipo de dispositivos logran, por ejemplo, desplazar objetos micrométricos sobre un cristal líquido o propulsar un *nanocoche* sobre una superficie al ensamblar sobre un chasis molecular cuatro motores y lograr su adecuada rotación (6).

En definitiva, las investigaciones realizadas por Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart y Bernard L. Feringa han aportado un conocimiento fundamental sobre el control del movimiento a nivel molecular y su aplicación al desarrollo de máquinas moleculares.

Referencias

- (1) https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/
- (2) V. Balzani, A. Credi, F.M. Raymo, J.F. Stoddart, "Artificial Molecular Machines", *Angew. Chem. Int. Ed.* 2000, 39, 3348-3391.
- (3) J. Berná, D.A. Leigh, M.Lubomska, S.M. Mendoza, E.M. Pérez, P. Rudolf, G.Teobaldi, F.Zerbetto, "Macroscopic transport by synthetic molecular machines", *Nature Mater.* 2005, 4, 704-710.
- (4) R.P. Feynman, "There's Plenty of Room at the Bottom", *Caltech Eng. Sci.* 1960, 23:5, 22-36.
- (5) J.F. Stoddart, "The master of chemical topology", *Chem. Soc. Rev.* 2009, 38, 1521-1529. (published as a part of "2009 themed issue dedicated to Professor Jean-Pierre Sauvage")
- (6) W.R. Browne, B.L. Feringa, "Making molecular machines work", *Nature Nanotechnology*, 2006, 1, 25-35.

Figura. Rotaxano con 2 posiciones posibles para el macrociclo.



Posición 1

Posición 2