

Premios Nobel de Química y Filatelia. Parte III: Polímeros, Coloides, Química Aplicada, Química Inorgánica y Premios Siglo XXI

*Nobel Prizes in Chemistry and Philately. Part III: Polymers, Colloids, Applied
Chemistry, Inorganic Chemistry and Prizes Century XXI*

MSc. Marlon Martínez-Reina¹, PhD. Eliseo Amado-González²
marlon.martinez@correounivalle.edu.co; eamado@unipamplona.edu.co



¹Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Colombia; ²Facultad de Ciencias, Universidad
de Pamplona, Colombia

● Resumen

En Premios Nobel de Química y Filatelia, Parte III, se hace una revisión de los sellos postales emitidos en diferentes países para conmemorar los Premios Nobel en polímeros, coloides, química aplicada, química inorgánica y premios siglo XXI. Con este artículo se complementan la parte I, primera década y fisicoquímica; y la parte II, química analítica, química orgánica, productos naturales y bioquímica. En los tres artículos se busca resaltar el valor pedagógico de la filatelia, aplicada a un tema en particular: Premios Nobel de Química (1901-2011); la historia desde su creación por Alfred Bernhard Nobel, las investigaciones científicas y la representación de los laureados en sellos postales.

Palabras clave: Filatelia, sellos postales, Premios Nobel de Química.

● Abstract

Nobel Prizes in Chemistry and Philately, Part III, is a review of the stamps issued in different countries to commemorate the Nobel Prizes in polymers, colloids, applied chemistry, inorganic chemistry and prizes century XXI. This article complements part I, first decade and physicochemical, and part II, analytical chemistry, organic chemistry, biochemistry and natural products. In the three articles is to underscore the pedagogical value of philately, applied to a particular topic: Nobel Prizes in Chemistry (1901-2011); history since it is creation by Alfred Bernhard Nobel, scientific research and representation of laureates on postage stamps.

Keyword: Philately, stamps postage, Nobel Prize in Chemistry.

● Introducción

Con este artículo se finaliza la revisión de sellos postales en diferentes países que hacen un aporte al estudio de los Premios Nobel de Química; se incluyen la química de polímeros y coloides, química aplicada, química inorgánica y Premios Nobel de Química otorgados en el siglo XXI (2001-2011).

Periodo 2, Premios Nobel de Química 1911-2000

Premios Nobel en polímeros y coloides

En la década de 1920 el alemán Hermann Staudinger (1881-1965) desarrolló el concepto de macromoléculas y trabajó en los fundamentos de la polimerización; demostró que los polímeros son

cadenas largas de unidades pequeñas unidas por enlaces covalentes /17/. En 1953 Staudinger recibió el Premio Nobel de Química "por sus descubrimientos en el campo de la química de macromoléculas"; el sello 124 de Antigua y Barbuda muestra a Staudinger, fue emitido en 1995 para conmemorar los 100 años del testamento de Alfred Nobel.

El Nobel de Química en 1963 fue compartido por el alemán Karl Ziegler (1898-1973) y el italiano Giulio Natta (1903-1979) "por sus descubrimientos en el campo de la química y tecnología de los polímeros de alto peso molecular", Ziegler demostró que ciertos compuestos organometálicos pueden ser utilizados para efectuar reacciones de polimerización y Natta (sello 125) trabajó en la producción de polímeros con una estructura espacial de gran regularidad /54/.

El sello 126 emitido por Suecia en 1988 conmemora el Premio Nobel de Ziegler y Natta, muestra una

araña hilando una red polimérica ordenada, y representa un modelo del polipropileno isotáctico con la orientación estereoespecífica de las moléculas de monómero /16/.

Otro Premio Nobel por sus contribuciones en la química de polímeros se entregó al estadounidense Paul Jhon Flory (1910-1985) en 1974 "por su trabajo fundamental, tanto teórico como experimental, en la fisicoquímica de las macromoléculas", Flory (sello 127) descubrió cómo se forman las moléculas que después se enlazan para formar los materiales plásticos /55/.

En 1977, el documento titulado "Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivates of Polyacetylene" fue publicado en el *Journal of the American Chemical Society, Chemical Communications* /56/.

Los autores Alan Jay Heeger (1936, USA), el neozelandés Alan Graham MacDiarmid (1927-2007)



Fig. 14 Sellos postales, laureados con el Premio Nobel de Química: química de polímeros y coloides.

y Hideki Shirakawa (1936, Japón), fueron galardonados con el Premio Nobel de Química en el 2000 por el descubrimiento de los polímeros conductores, que actualmente se aplican como fotodiodos, diodos emisores de luz y microelectrónica basada en materiales plásticos

/17/. Los sellos 128 y 129 muestran a Heeger y a Shirakawa, dos de los ganadores del Nobel de Química en el 2000.

En fisicoquímica un coloide es un sistema formado por dos o más fases, una continua y

otra dispersa en forma de partículas; el Premio Nobel de Química en 1925 se entregó al austriaco

Richard Adolf Zsigmondy (1865-1929) "por su demostración de la naturaleza heterogénea de



Fig. 15 Sellos postales, laureados con el Premio Nobel de Química: Química Aplicada.

las disoluciones coloidales" /57/, el sello 130 emitido por Austria en 1979 conmemora los 50 años de la muerte de Zsigmondy. La figura 14 muestra los sellos utilizados para recordar los laureados en química de polímeros y coloides.

Premios Nobel en Química Aplicada

El Premio Nobel de Química en 1931 fue para los alemanes Carl Bosch (1874-1940) y Friedrich Bergius (1884-1949) "por sus contribuciones a la creación y desarrollo de los métodos químicos de alta presión". Bosch desarrolló el proceso Haber-Bosch de síntesis del amoníaco desde hidrógeno y nitrógeno sometidos a altas presiones, y después de la Segunda Guerra Mundial trabajó en síntesis de productos derivados del petróleo con procedimientos químicos de alta presión /58/;

Bergius creó un procedimiento para producir carburantes por hidrogenación del carbón a temperaturas y presiones elevadas /17/. Los sellos 131 y 132 de Granada muestran a Bosch y Bergius, los galardonados en 1931.

El trabajo en Química Agrícola y Nutricional dirigido por el finlandés Artturi Ilmari Virtanen (1895-1973) le mereció el Nobel de Química en 1945; Virtanen realizó por primera vez estudios bioquímicos de la fijación de nitrógeno por las plantas, con el objetivo de producir cultivos ricos en proteínas, desarrolló el método de la preservación del forraje (forraje de AIV) que mejoró el almacenaje del forraje verde, que es importante durante los inviernos largos /17/, los sellos 133 y 134 de Finlandia y Micronesia muestran a Virtanen.

El trabajo básico en química atmosférica y del medio ambiente fue reconocido en 1995 con el premio a Paul Jozef Crutzen (1933, Holanda), Mario José Molina (1943, México) y al estadounidense Frank Sherwood Rowland (1927-2012); estos tres investigadores han estudiado en detalle los procesos químicos que conducen a la formación y descomposición del ozono en la atmósfera. En particular, han demostrado que la capa de ozono es muy sensible a las sustancias químicas de emisiones producidas por la actividad humana /59/.

Los sellos 135-137 muestran a Crutzen, Molina y Rowland, el sello de México emitido en 1997 muestra una de las reacciones químicas que causan la disminución de la capa de ozono; los sellos 138-140 de Cuba, Colombia y Brasil tienen como tema central el Día Mundial de la Protección de la Capa de Ozono. La figura 15 muestra los sellos utilizados para recordar los laureados en química aplicada.

Premios Nobel en Química Inorgánica

Gran parte del progreso en la química inorgánica durante el siglo XX se asocia con las investigaciones de los compuestos de coordinación /17/; en 1893 el suizo Alfred Werner (1866-1919) enunció la teoría de la coordinación y en 1913 fue galardonado con el Premio Nobel de Química "por su trabajo en el enlace de átomos en moléculas, que ha abierto nuevas puertas en investigaciones anteriores y nuevos campos de investigación, especialmente en química inorgánica", Werner descubrió isómeros de muchas combinaciones metálicas, postuló explicaciones para complejos polinucleares y iones metálicos hidratados /60/.

El sello 141 emitido por Suecia conmemora los 60 años de los Premios Nobel de Química y Física de 1913: Alfred Werner y Heike Kamerlingh Onnes, respectivamente.

El Premio Nobel de Química en 1918 fue para el alemán Fritz Haber (1868-1934) "por la síntesis de amoníaco a partir de sus elementos"; la importancia de esta síntesis es su aplicación industrial en la forma del método de Haber-Bosch, que fue desarrollado por Carl Bosch (Premio Nobel de Química en 1931) como una mejora del procedimiento original de Haber; estas investigaciones permitieron la fabricación de amoníaco a gran escala, y la producción de diversos productos químicos que contienen nitrógeno /61/.

Los sellos 142 de Alemania y 143 de Guinea Bissau muestran a Haber; el sello de Guinea Bissau tiene una representación de una molécula de amoníaco.

Mucha de la química inorgánica del siglo XX es una consecuencia del descubrimiento de la radioactividad en 1896, por lo cual Antoine Henri Becquerel fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1903, junto con Pierre y Marie Curie. En 1911 la Polaca Marie Salomea Sklodowska Curie (1867-1934) recibió el Premio Nobel de Química "por el descubrimiento del radio y el polonio, el aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza de sus compuestos", Marie Curie fue la primera persona en recibir dos Premios Nobel /62/.

Los sellos 144 y 145 de Bosnia y Herzegovina muestran a Marie Curie en proceso de experimentación, se observa la medalla del Premio Nobel; el sello 146 de Polonia hace referencia al descubrimiento del radio.

El premio en 1921 fue para el inglés Frederick Soddy (1877-1956) "por su trabajo en la química de las sustancias radioactivas y sobre el origen de los isótopos", Soddy demostró que los elementos radioactivos pueden tener más de un peso atómico, a pesar de que sus propiedades químicas sean



Fig. 16 Sellos postales, laureados con el Premio Nobel de Química: Química Inorgánica.

idénticas; esto llevó al concepto de isótopo /63/. El sello 147 emitido por Suecia en 1981 conmemora los 60 años del Premio Nobel de Soddy.

En 1934, el francés Jean Frédéric Joliot-Curie (1900-1958) y su esposa, la también francesa Irène Joliot-Curie (1897-1956), hija de los esposos Curie, descubren la radioactividad artificial, es decir, los nuevos elementos radioactivos producidos por el bombardeo de elementos no radioactivos con partículas α o neutrones /17/.

Los esposos Joliot-Curie fueron galardonados con el Premio Nobel de Química en 1935 por "su síntesis de elementos radioactivos" /64/. El sello 148 emitido por Francia en 1982 muestra a los esposos Joliot-Curie con unos diagramas de radiación.

Muchos elementos son mezclas de isótopos no radioactivos, en 1934 el estadounidense Harold Clayton Urey (1893-1981) ganó el Premio Nobel de Química por el aislamiento del hidrógeno pesado (deuterio); Urey también separó los isótopos de Uranio, y su trabajo fue base importante para las investigaciones del alemán Otto Hahn (1879-1968) en su intento de hacer elementos transuránicos, es decir, elementos con un número atómico mayor que 92 (uranio), mediante la radiación de los átomos de uranio con neutrones.

Hahn descubrió que uno de los productos fue bario, un elemento más ligero /17/; y fue galardonado con el Premio Nobel de Química en 1944 "por su descubrimiento de la fisión de núcleos pesados", la fisión ocurre cuando un núcleo pesado se divide en dos o más núcleos pequeños, además de algunos subproductos como neutrones libres, fotones, y otros fragmentos del núcleo como partículas alfa y beta /64/.

La intención original de Hahn con sus experimentos se logró más tarde por los estadounidenses Edwin Mattison McMillan (1907-1991) y Glenn Theodore Seaborg (1912-1999), que recibieron el Premio Nobel en 1951 "por sus descubrimientos en la química de los elementos transuránicos", que son elementos químicos con número atómico mayor que 92, el número atómico del uranio /65/. El sello 149 de Guyana muestra a Urey, ganador en 1934; los sellos 150 y 151 de

Cuba y Alemania son en honor a Hahn, el sello alemán representa el proceso de fusión del uranio 92; los sellos 152 y 153 muestran a McMillan y a Seaborg, galardonados en 1951.

El uso de isótopos estables, así como radioactivos tiene aplicaciones importantes, no solo en la química, sino también en campos como la biología, la geología y la arqueología. En 1943 el húngaro George Hevesy (1885-1966) recibió el Premio Nobel de Química por su trabajo sobre el uso de los isótopos como



Fig. 17 Sellos postales, laureados con el Premio Nobel de Química: Química Inorgánica (continuación).

trazadores en el estudio de los procesos químicos, que incluirá estudios en química inorgánica, geoquímica y el metabolismo de los seres vivos /17/, los sellos 154 y 155 fueron emitidos en honor a Hevesy, el sello sueco de 1983 conmemora los 40 años de su Premio Nobel.

El premio en 1960 se entregó al estadounidense Willard Frank Libby (1908-1980), "por su método para usar carbono-14 para la datación de la edad en arqueología, geología, geofísica y otras ramas de la ciencia" /66/; los sellos 156 y 157 honran el Premio Nobel de Libby; ambos sellos muestran artefactos

arqueológicos que representan la datación por radiocarbono.

En el sello 156 también se observa una curva del decaimiento radioactivo del carbono-14; el sello rumano emitido en 2010 conmemora los 50 años del Premio Nobel de Química de 1960. Las figuras 16 y 17 muestran los sellos utilizados para recordar los laureados en química inorgánica.

Periodo 3, Premios Nobel de Química siglo XXI: 2001-2011

El primer Premio Nobel de Química del siglo XXI (2001) reconoce trabajos en síntesis asimétrica, fue otorgado a William Standish Knowles (1917, USA) y a Ryoji Noyori (1938, Japón) "por sus trabajos en reacciones de hidrogenación con catalizadores quirales"; ellos comparten el premio con Karl Barry Sharpless (1941, USA) que trabajó en reacciones de oxidación con catalizadores quirales /67/. En 2002 se reconocieron trabajos en identificación y análisis estructural de macromoléculas biológicas; el estadounidense John Bennett Fenn (1917-2010) y Koichi Tanaka (1959, Japón) desarrollaron los métodos de ionización por electrospray con desorción suave para el análisis por espectrometría de masas de moléculas biológicas; ellos comparten el premio con Kurt Wüthrich (1938, Suiza) que desarrolló métodos de resonancia magnética nuclear para la determinación de la estructura tridimensional de macromoléculas biológicas en disolución /68/.

Peter Agre (1949, USA) y Roderick MacKinnon (1956, USA) fueron premiados en 2003 por descubrimientos referentes a los canales en membranas celulares, Agre descubrió el canal de agua y MacKinnon estudió los mecanismos de los canales iónicos /69/.

El Premio Nobel de Química en 2004 se entregó a Irwin Rose (1926, USA), Aaron Ciechanover (1947, Israel) y Avram Hershko (1937, Israel) "por el descubrimiento de la degradación de las proteínas por medio de la ubiquitina"; la ubiquitina es una pequeña proteína

reguladora que ha sido encontrada en la mayoría de los tejidos de los organismos eucariotas, puede asociarse a otras proteínas y marcarlas para su destrucción.

El marcaje de ubiquitina dirige las proteínas al proteosoma, que es un gran complejo de proteínas que se encuentra en la célula y que degrada y recicla proteínas innecesarias /70/. La ubiquitina tiene 76 aminoácidos y una masa molecular de aproximadamente 8,5 kDa. El sello 158 emitido por Israel en 2011 con motivo del Año Internacional de la Química muestra la ubiquitina y hace mención al Premio Nobel de Química de 2004.

En 2005 el premio fue entregado a Yves Chauvin (1930, Francia), Robert Grubbs (1942, USA) y Richard Schrock (1945, USA) "por el desarrollo del método de la metátesis en síntesis orgánica", en las reacciones de metátesis se forman enlaces C-C que permiten unir fragmentos para sintetizar moléculas más complejas, como pueden ser esteroides /71/. El sello 159 muestra a Chauvin uno de los galardonados con el Nobel de Química en 2005.

Roger David Kornberg (1947, USA) ganó el Premio en 2006 "por sus estudios en las bases moleculares de la transcripción en eucariotes", Kornberg descubrió que existe un complejo proteico llamado mediador, que se encarga de transmitir señales reguladoras de expresión de genes al ARN polimerasa.

Basándose en sus descubrimientos, Kornberg ha creado una versión de cómo funciona la transcripción a nivel molecular /72/. Roger es hijo de Arthur Kornberg, quien ganó con Severo Ochoa, el Premio Nobel de Medicina en 1959 por sus descubrimientos de los mecanismos de la síntesis biológica de los ácidos ribonucleico y desoxirribonucleico.

Gerhard Ertl (1936, Alemania) fue el ganador en 2007 "por sus estudios de los procesos químicos en superficies", los trabajos de Ertl han ayudado a explicar la oxidación del acero, la reacciones químicas en las pilas de combustible,

el funcionamiento de los convertidores catalíticos y el proceso de destrucción de la capa de ozono /73/.

El Premio Nobel de Química en 2008 se entregó a Osamu Shimomura (1928, Japón), Martin Chalfie (1947, USA) y Roger Yonchien Tsien (1952, USA) "por su descubrimiento y desarrollo de la proteína verde fluorescente, GFP", la GFP por sus siglas en inglés (Green Fluorescent Protein) es una proteína producida por la medusa *Aequorea victoria*, que emite bioluminiscencia en la zona verde del espectro visible; el gen que codifica esta proteína está aislado y se utiliza habitualmente en biología molecular como marcador /74/. El sello 160 muestra a Chalfie y la estructura de la GFP.

El Premio Nobel de Química en 2009 se otorgó a Venkatraman Ramakrishnan (1952, India), Thomas Arthur Steitz (1940, USA) y Ada Yonath (1939, Israel) "por sus estudios en la estructura y función del ribosoma", el mapeo realizado por estos científicos permite comprender uno de los mecanismos más complejos de la célula a escala atómica: el ribosoma lee la información del ARN mensajero y basándose en esta información produce las proteínas /75/.

Los sellos 161-163 muestran a Ramakrishnan, Steitz y Yonath en conmemoración del Premio Nobel de Química en 2009; el sello 164 emitido por Israel en 2011 con motivo del Año Internacional de la Química muestra la estructura del ribosoma–constructor de proteínas, y también hace mención al Premio Nobel de 2009.

En 2010 el Premio Nobel de Química reconoce trabajos en síntesis orgánica a Richard Fred Heck (1931, USA), Ei-ichi Negishi (1935, Japón) y Akira Suzuki (1930, Japón) "por las reacciones de acoplamiento cruzado catalizadas por paladio".

Heck en la década de 1960 experimentó el uso de paladio como catalizador para la formación de enlaces C-C, fue capaz de enlazar un anillo de átomos de carbono al carbono de una molécula pequeña, una olefina, con el fin de obtener estireno, un componente importante en la producción de poliestireno. Negishi desarrolló una variante del acoplamiento con paladio en 1977, cuando utilizó Zn como activador.

La reacción de Suzuki (1979) consiste en la formación de enlaces C-C catalizada por paladio mediante el uso de organoboranos. La principal aplicación de esta reacción es la preparación de biarilos y estructuras análogas, que son de gran importancia en la síntesis de moléculas biológicamente activas y materiales conjugados con aplicaciones tecnológicas /76/. Los sellos 165-167 muestran a Heck, Negishi y Suzuki, ganadores del Premio Nobel de Química en 2010.

Los cuasi cristales son materiales cristalinos ordenados que carecen de estructuras repetitivas. Dan Shechtman (1941, Israel) fue galardonado con el Premio Nobel de Química en 2011 por el descubrimiento de los cuasi cristales, materiales que tienen baja conductividad térmica y eléctrica, mientras que poseen alta estabilidad estructural, elevada dureza y alta resistencia a la deformación, por lo que se emplean para recubrimientos protectores antiadherentes /77/.

El sello 168 de Mozambique conmemora el Premio Nobel de Química en 2011, muestra a Shechtman y un patrón de difracción de electrones de un cuasi cristal.

Los sellos 169-172 emitidos por Israel en 2011 honran los cuatro científicos Israelitas

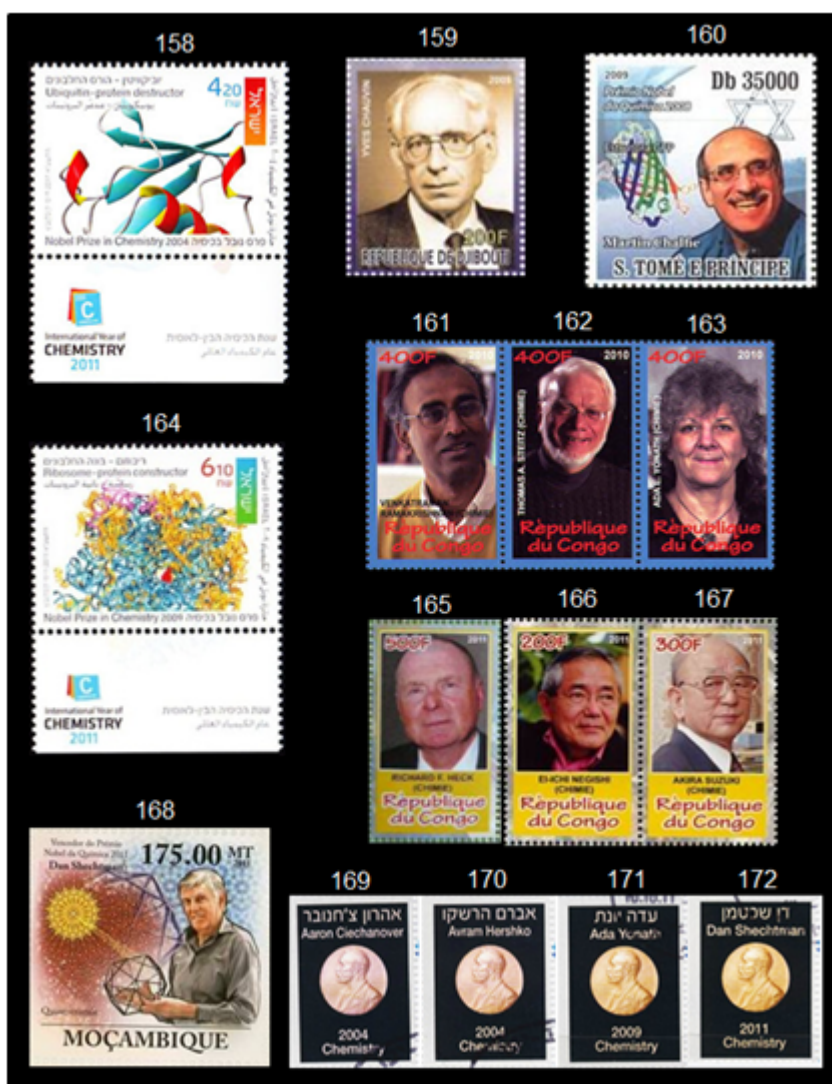


Fig. 18 Sellos postales, laureados con el Premio Nobel de Química: periodo 3, siglo XXI (2001-2011).

ganadores del Premio Nobel de Química: Ciechanover y Hershko (en 2004), Yonath (en 2009) y Shechtman (en 2011). La figura 18 muestra los sellos utilizados para recordar los laureados en el siglo XXI (2001-2011).



Conclusiones

En la parte III de Premios Nobel de Química y Filatelia se incluyen 49 sellos postales relacionados con 29 Premios Nobel; premios en Química de Polímeros y Coloides,

Química Aplicada, Química Inorgánica y Premios Nobel de Química, otorgados en el siglo XXI (2001-2011). Se hizo una descripción de cada Nobel en Química y de la forma cómo los científicos ganadores y sus trabajos han sido honrados en sellos postales.

En 2011 se conmemoraron los 110 años de la entrega de los Premios Nobel de Química, que dan una descripción de la evolución de la química moderna, los premios abarcan todo el espectro de las áreas básicas de la química (fisicoquímica, orgánica,

analítica e inorgánica), y también una serie de contribuciones en bioquímica, química de productos naturales, química de polímeros y química aplicada.

La clasificación aquí presentada de los Premios Nobel de Química tiene fronteras muy flexibles, un mismo Premio Nobel puede ser clasificado por los lectores en dos categorías diferentes.

Se han entregado un total de 103 Premios Nobel de Química a 161 investigadores. En ocho años el premio no se entregó: 1916, 1917, 1919, 1924, 1933, 1940, 1941 y 1942, en algunas ocasiones por declararse desierto, y en otras por la situación de guerra mundial.

Se han mostrado 172 sellos postales que contribuyen al estudio de la historia de los Premios Nobel de Química; en este caso, la combinación de un interés científico-profesional (la Química) con la Filatelia, proporciona una herramienta educativa y didáctica que permite la difusión de conocimiento en una temática específica: Nobel de Química en sellos postales.



Bibliografía

54. HUANG, J.; REMPEL, G. L. "Ziegler-Natta Catalysts for Olefin Polymerization: Mechanistic Insights from Metallocene Systems". *Prog. Polym. Sci.* 1995, 20(3), p. 459-526.
55. BROSTOW, W. "Paul John Flory: 19 June 1910 – 8 September 1985". *Mater. Chem. Phys.* 1986, 14(4), p. 305-309.
56. SHIRAKAWA, H.; LOUIS, E. J.; MacDIARMID, A. G.; CHIANG, C. K.; HEEGER, A. J. "Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivates of Polyacetylene, (CH)_x". *J. C. S. Chem. Comm.* 1975, p. 578-580.
57. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 1925*. [ref. de 8 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1925/>.
58. STRANGES, A. N. "The Conversion of Coal to Petroleum: its German Roots". *Fuel Process Technol.* 1987, 16(3), p. 205-225.
59. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 1995*. [ref. de 15 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1995/>.
60. KAUFFMAN, G. B. "Alfred Werner's Research on Geometrically Isomeric Coordination Compounds". *Coordin. Chem. Rev.* 1975, 15(1), p. 1-92.
61. MANCHESTER, K. L. "Man of Destiny: the Life and Work of Fritz Haber". *Endeavour.* 2002, 26(2), p. 64-69.
62. BUSZEWSKI, B.; MICHEL, M. "2011 – The year of Maria Sklodowska-Curie: A Woman for Eternity, But a Polish Woman of her Time". *Talanta.* 2011, 86, p. 2-7.
63. KUPPERS, G.; ULITZKA, N.; WEINGART, P. "Factors Determining the Award of Nobel Prizes in Physics and Chemistry 1901-1929". *Endeavour.* 1983, 7(4), p. 203-206.
64. AMALDI, E. "From the Discovery of the Neutron to the Discovery of Nuclear Fission". *Phys. Rep.* 1984, 111(1-4), p. 1-331.
65. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 1951*. [ref. de 11 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1951/>.
66. BROECKER, W. S. "Radiocarbon". *Treatise on Geochemistry*, 2007, 4, p. 1-18.
67. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 2001*. [ref. de 14 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2001/>.
68. PALMER, A. G.; PATEL, D. J. "Kurt Wüthrich and NMR of Biological Macromolecules". *Structure.* 2002, 10(12), p. 1603-1604.
69. CLAPHAM, D. E. "Symmetry, Selectivity, and the 2003 Nobel Prize". *Cell.* 2003, 115(6), p. 641-646.
70. GOLDBERG, A. L. "Nobel Committee Tags Ubiquitin for Distinction". *Neuron.* 2005, 45(3), p. 339-344.
71. MORZYCKI, J. W. "Application of Olefin Metathesis in the Synthesis of Steroids". *Steroids.* 2011, 76(10-11), p. 949-966.
72. LANDICK, R. "A long Time in the Making-The Nobel Prize for RNA Polymerase". *Cell.* 2006, 127(6), p. 1087-1090.
73. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 2007*. [ref. de 14 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2007/>.
74. COLEMAN, R. "Jellyfish, Fluorescent Proteins, Nobel Prizes and Pioneers in Histochemistry". *Acta Histochem.* 2010, 112(2), p. 113-117.
75. WILLIAMSON, J. R. "The Ribosome at Atomic Resolution". *Cell.* 2009, 139(6), p. 1041-1043.
76. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 2010 - Illustrated Information*. [ref. de 4 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2010/illpres.html>.
77. Nobelprize.org. *The Nobel Prize in Chemistry 2011*. [ref. de 19 de marzo de 2012]. Disponible en Web: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/>.