

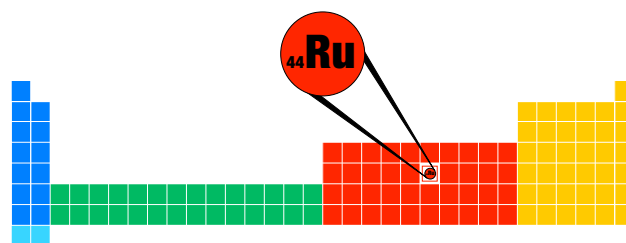
Z = 44, rutenio, Ru

Un elemento para “connoisseurs”
según Geoffrey Wilkinson (1921-1996)^[1]

CE: [Kr] 4d⁷5s¹; PAE: 101,07; PF: 2333 °C; PE: 4147 °C; densidad: 12,1 g/cm³; χ (Pauling): 2,2; EO: -4, -2, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7, +8; isótopos más estables: ⁹⁶Ru, ⁹⁸Ru, ⁹⁹Ru, ¹⁰⁰Ru, ¹⁰¹Ru, ¹⁰²Ru, ¹⁰⁴Ru; año de aislamiento: 1844 (Karl Karlovitch Klaus, Kazán, Rusia).

El rutenio fue aislado y sus propiedades descritas en 1844 por el químico ruso Karl Karlovitch Klaus (1796-1864), nacido en la ciudad de Dorpa (actualmente Tartu, Estonia, entonces parte del imperio ruso), a partir del residuo insoluble en agua regia que se originaba en el proceso de extracción de platino de los minerales de los montes Urales que lo contenían. Obtuvo 6 g de metal a partir de 8 kg de residuo,^[2] siendo el único elemento natural descubierto por un investigador de esa nacionalidad. Designó al nuevo elemento a partir del nombre en latín de Rusia, *Ruthenia*, en homenaje a su país natal, y también como reconocimiento a las investigaciones previas de Gottfried Osann, quien había sugerido en 1827 la existencia de tres nuevos elementos en esos residuos, a uno de los cuales denominó rutenio. Sin embargo, al no ser confirmados esos hallazgos por Berzelius ni aportar pruebas concluyentes de los mismos, se retractó de sus afirmaciones.^[3]

El rutenio pertenece al denominado grupo del platino, junto con Os, Rh, Ir, Pd y Pt, que tienen propiedades físicas y químicas similares y que se encuentran por ello invariablemente asociados en depósitos minerales. Es uno de los elementos menos abundantes (10⁻³ ppm) de la corteza terrestre, pero lo es mucho más en intrusiones de rocas ígneas, en las que llega alcanzar valores de varias ppm asociado a sulfuros metálicos, lo que hace posible su explotación comercial. Los yacimientos más ricos de este tipo se encuentran en Sudáfrica, que atesora la mayor parte de las reservas mundiales de este metal, seguida por Rusia y Canadá. La producción mundial de Ru en 2018 ascendió a 34,7 toneladas, de las que el 41 % se utilizó en la industria eléctrica, seguida por la química (24 %) y la electroquímica (18 %). Su precio ronda en la actualidad los 8 euros por gramo, y aunque se ha multiplicado por 6 en los últimos dos años, sigue siendo varias veces inferior al del platino. Su separación de los otros metales del grupo del platino es compleja. Para ello, los residuos de extracción de este último metal se funden a alta temperatura con compuestos básicos, se tratan con agua y se precipita el rutenio de la disolución bajo la forma de sales que se reducen con hidrógeno para obtener el metal. El rutenio es de color gris plateado (Figura 1)^[4] y solo se oxida a partir de 800 °C, es insoluble en ácidos concentrados y calientes, incluida el agua regia, pero se oxida de forma explosiva si a ésta se añade KClO₃. Es uno de los elementos con mayor rango de estados de oxidación y mayor valor de éste, siendo los más comunes en disolución acuosa +2, +3 y +4. Esa amplitud explica en buena parte la riqueza y peculiaridades de su química, a las que se debe la frase de Wilkinson que encabeza este artículo. Por su dureza y la de sus aleaciones con otros metales del grupo del platino, se utiliza en la industria eléctrica para recubrir contactos con una película delgada de este metal, siendo este su principal uso. Su



aplicación más destacada en química es como catalizador de diversas reacciones de síntesis orgánica, estudios que han sido reconocidos con dos premios Nobel en este siglo. Probablemente la más relevante de ellas sea la metátesis de olefinas, una de las reacciones que más impacto ha tenido en la síntesis orgánica en los últimos años. Aunque ya era conocida en los años 60 del siglo pasado, recibió un impulso decisivo para su aplicación industrial con la introducción de los catalizadores homogéneos de rutenio de composición bien definida y estables al agua y al aire desarrollados por Robert H. Grubbs,^[5] a quien se concedió junto a Yves Chavin y Richard Schrock el premio Nobel de Química en 2005 por el desarrollo del método de metátesis en síntesis orgánica. El otro premio Nobel (compartido) es el otorgado a Ryoji Noyori en 2001 por sus trabajos sobre hidrogenaciones enantioselectivas con catalizadores quirales de Ru. También se ha explorado como catalizador del proceso Fischer-Tropsch para la síntesis de hidrocarburos a partir de H₂ y CO, en la que presenta ventajas frente a los catalizadores de Co y Fe. Algunos de sus compuestos se están estudiando por su actividad antitumoral, en la que tiene beneficios respecto al cisplatino, y por sus propiedades fotoquímicas.



Figura 1. Barra de rutenio de alta pureza (99,99 %) obtenido mediante un procedimiento de fusión con haz de electrones^[4]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. L. H. Green, W. P. Griffith, Geoffrey Wilkinson and platinum metals chemistry, *Platinum Metals Rev.*, **1998**, *42*, 168–173.
- [2] V. N. Pitchkov, The discovery of ruthenium, *Platinum Metals Rev.*, **1996**, *40*, 181–188.
- [3] E. A. Seddon, K. R. Seddon, *The chemistry of Ruthenium*, Elsevier, Amsterdam, 1984.
- [4] Fotografía de Alchemist-hp, www.pse-mendeleejew.de, visitada el 20/03/2010.
- [5] R. H. Grubbs, Olefin metathesis, *Tetrahedron*, **2004**, *60*, 7117–7140.

JOAQUÍN PÉREZ PARIENTE
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (CSIC), Madrid
jperez@icp.csic.es