

# Z = 79, oro, Au

## El elemento metálico más conocido

CE: [Xe] 4f<sup>14</sup>5d<sup>10</sup>6s<sup>1</sup>; PAE: 196,97; PF: 1064,2 °C; PE: 2970 °C; densidad: 19,3 g/cm<sup>3</sup>;  $\chi$  (Pauling): 2,54; EO: -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +5, isótopo estable: <sup>197</sup>Au.

El oro es el metal más conocido. Las primeras joyas de oro datan del neolítico y las primeras monedas se acuñaron en el siglo VII a. C.<sup>[1]</sup> Su producción mundial en el año 2000 fue de unas 2500 t, de las cuales 4,3 t correspondieron a España, encontrándose fundamentalmente en el distrito minero del Narcea (Asturias) y, en menor medida, en Río Tinto y Filón Sur (Huelva). Aún tratándose de un elemento relativamente escaso en la corteza terrestre (ca. 10<sup>-3</sup> ppm), es bastante más abundante que otros metales químicamente tan relevantes como el paladio, el rutenio, el iridio o el rodio.

El oro, como el platino y otros elementos pesados, se origina por las explosiones o colisiones de estrellas. Las colisiones de estrellas de neutrones no son tan infrecuentes: en nuestra galaxia tienen lugar aproximadamente cada 100.000 años, una frecuencia alta a escala cósmica. En una colisión de dos estrellas de neutrones cuya masa combinada era de unas tres veces la de nuestro sol, se generó una cantidad de oro de entre 3 y 13 veces la masa de la tierra.<sup>[2]</sup>

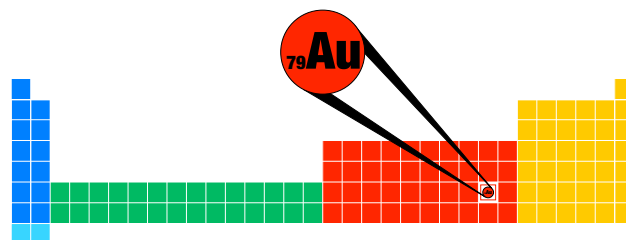
La codicia por el oro queda ilustrada por la búsqueda desesperada de ciudades imaginarias como El Dorado o por los muchos intentos llevados a cabo por alquimistas de transmutar plomo u otros metales en oro. Baste una cita de Francis Bacon, en un hermoso inglés antiguo, que sirve, además, para glosar las propiedades de este metal.<sup>[3]</sup>

For Gold (as we see) is the Closest (and therefore the Heaviest) of Metals: And is likewise the most Flexible and Tensible. Note, that to think to make Gold of Quick-silver, because it is the heaviest, is a Thing not to be hoped; for Quick-silver will not endure the Manage of the Fire. Next to Silver, I thinke Copper were fittest to bee the Materiall.

Gold hath these Natures: Greatnesse of Weight; Closeness of Parts; Fixation; Pliantnesse, or softnesse; Immunitie from Rust; Colour or Tincture of Yellow. Therefore the Sure Way, (though most about), to make Gold, is to know the Causes of the Severall Natures before rehearsed, and the Axiomes concerning the same. For if a man can make a Metall, that hath all these Properties, Let men dispute, whether it be Gold, or no?



Figura 1. Pepita de oro del río Sil (Museo Geominero)<sup>[1]</sup> (fotografía del autor)



Muchas de las propiedades de los complejos de oro, así como de sus agrupaciones polinucleares como cúmulos y nanopartículas, se deben a los efectos relativistas.<sup>[4]</sup> Estos se manifiestan por la velocidad que alcanzan los electrones más próximos al núcleo, cercana a la velocidad de la luz, lo que provoca una contracción de los orbitales atómicos *s* y *p*, que apantallan la carga nuclear ejercida sobre los electrones *d* y *f*, cuyos orbitales se expanden. La contracción del orbital 6*s* del oro alcanza un máximo de entre todos los elementos, provocando una expansión de los orbitales 5*d*. Esta contracción relativista es responsable de la alta electronegatividad del oro ( $\chi = 2,54$ ), que es prácticamente la misma que la del carbono ( $\chi = 2,55$ ), de su absorción de luz azul, causa de su especial color dorado (Figura 1) y de las interacciones oro-oro (aurofilia).

Al no sufrir oxidación al aire y ser relativamente inerte químicamente, el potencial catalítico del oro fue prácticamente ignorado durante muchos años, siendo así el último metal de transición en ocupar un puesto relevante en el arsenal de los métodos sintéticos.

La explosión de la actividad en química del oro tuvo su origen en los años 80 en el ámbito de la catálisis heterogénea cuando el grupo de Hutchings descubrió que es el mejor catalizador para la hidroclicación del acetileno para formar el cloruro de vinilo, mientras que el grupo de Haruta encontró que este metal es capaz de oxidar al CO para dar lugar a CO<sub>2</sub> a temperatura ambiente.<sup>[5]</sup> Por otra parte, tras el trabajo pionero de Teles, varios grupos descubrieron prácticamente de forma simultánea que los complejos de oro(I) son los más activos en la catálisis selectiva de enlaces triples carbono-carbono (alquinos) en presencia de cualquier otro grupo funcional.<sup>[6]</sup> Estos trabajos marcaron el comienzo de una segunda fase en esta “fiebre del oro” en catálisis homogénea, que ha dado lugar al descubrimiento de un buen número de transformaciones de enorme utilidad en síntesis orgánica de moléculas complejas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Museo Geominero, calle Ríos Rosas 23, 28003, Madrid.
- [2] D. Kasen, B. Metzger, J. Barnes, E. Quataert, E. Ramirez-Ruiz, Origin of the heavy elements in binary neutron-star mergers from a gravitational-wave event, *Nature*, **2017**, *551*, 80–84.
- [3] F. Bacon, *Sylva Sylvarum, or a naturall history in ten centuries*, Londres, 1627. (Debo esta cita a mi amigo Pablo Espinet, Universidad de Valladolid).
- [4] P. Pykkö, Theoretical chemistry of gold, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2004**, *43*, 4412–4456.
- [5] G. J. Hutchings, Heterogeneous gold catalysis, *ACS Cent. Sci.*, **2018**, *4*, 1095–1101.
- [6] C. Obradors, A. M. Echavarren, Gold-catalyzed rearrangements and beyond, *Acc. Chem. Res.*, **2014**, *47*, 902–912.

ANTONIO M. ECHAVARREN  
Presidente de la Real Sociedad Española de Química  
Institut Català d'Investigació Química (ICIQ), Tarragona  
aechavarren@iciq.es