

Z = 15, fósforo, P

El fósforo: ángel o demonio

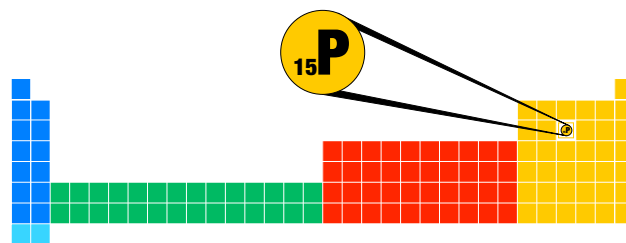
CE: [Ne] 3s²3p³; PAE: 30,974; PF: 44,2 °C; PE: 277 °C; densidad (P blanco): 1,82 g/cm³; χ (Pauling): 2,19; EO: -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5; isótopo natural más estable: ³¹P; fue descubierto por el alquimista alemán Hennig Brandt en 1669 en Hamburgo al destilar una mezcla de orina y arena para buscar la piedra filosofal.^[1]

El fósforo es un elemento no metálico, tiene diversas formas alotrópicas con fuerte contraste de propiedades. Se distinguen tres variedades fundamentales: fósforo blanco, fósforo negro y fósforo rojo. El fósforo blanco está constituido por moléculas tetraatómicas, P₄. Es un sólido por debajo de 44,1°C; si se somete a una presión de 12.000 kg/cm² a una temperatura de 200 °C se forma el fósforo negro. El fósforo rojo es la forma de mayor uso comercial del fósforo. Se obtiene calentando fósforo blanco en atmósfera inerte y al someter a éste a la acción de radiaciones. El fósforo blanco se inflama fácilmente (a unos 60 °C) en contacto con el aire. En la oscuridad, en contacto con aire húmedo, produce una luminosidad característica llamada fosforescencia. Es muy tóxico. Su calor de combustión es muy elevado. Por su alta afinidad para el oxígeno, el fósforo es un reductor enérgico. Las reacciones químicas del fósforo suelen referirse al fósforo blanco y al rojo, que son las formas comerciales. El mineral más abundante es el apatito Ca₅(F,Cl,OH)(PO₄)₃. A partir de los apatitos, por erosión se forman yacimientos sedimentarios de fosforita, Ca₃(PO₄)₂. Ambos son materias primas para la obtención del fósforo y sus compuestos. El fósforo es un elemento fundamental en la nutrición vegetal, por lo que la mayor producción de compuestos de fósforo está destinada a abonos.² También existe fósforo en los organismos animales, siendo vital para su buen funcionamiento. Está presente en todas las células del organismo, en mayor proporción en la dentadura y en los huesos. Los fosfolípidos constituyen las membranas celulares, el trifosfato de adenosina se halla en el centro del sistema energético de los organismos y los ácidos nucleicos son poliésteres del ácido fosfórico (H₃PO₄). La aplicación industrial más importante del fósforo en estado elemental es, en su variedad roja, la fabricación de la superficie de frotamiento de las cerillas ordinarias (cerillas de seguridad).^[2]

La toxicidad e inflamabilidad espontánea del P₄ le confiere una característica bélica. Durante la Segunda Guerra Mundial su uso fue masivo.^[1] La investigación realizada an-



Figura 1. Uso de fósforo en la cabeza de una cerilla



tes, durante y después de este conflicto bélico sobre compuestos organofosforados, puso de manifiesto su capacidad de inhibir la acción de la acetilcolinesterasa.^[1] Ejemplos de este tipo de compuestos son los agentes nerviosos como el sarín, somán, tabún y VX. En la década de los 60 del pasado siglo, otros compuestos organofosforados, menos tóxicos para el organismo que los citados anteriormente, lideraron la llamada "revolución verde" ya que permitieron controlar plagas y mejorar la productividad de las cosechas.^[1]

En 1997, tras décadas de difíciles negociaciones, entró en vigor la Convención sobre las Armas Químicas (CAQ). Actualmente, está ratificada por 192 Estados Parte, entre los que se encuentra España. La CAQ estableció por primera vez en la historia la destrucción de armamento químico. Contiene un anexo sobre sustancias químicas sujetas a control clasificadas en tres listas en función de su uso y toxicidad, entre las que se encuentran aquellos compuestos organofosforados empleados únicamente como arma química y sus precursores directos.^[3]

La Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ) se encarga de velar por el cumplimiento de la CAQ. Su labor consiste fundamentalmente en comprobar la destrucción de todas las armas químicas existentes y cuidar de que no se produzcan nunca más. Fruto de su labor internacional desde sus inicios en 1997 y de la actividad realizada en la guerra de Siria, la OPAQ obtuvo el premio Nobel de la Paz en 2013. Esta organización dispone de una red de veintidós laboratorios designados a nivel mundial, que le dan soporte científico-técnico, entre los que se encuentra el LAVEMA.^[4]

Recientemente, se han desarrollado nuevos usos para el fósforo, en particular en el contexto de nuevos ligandos para transformaciones catalizadas por metales. La utilidad y ubicuidad de este elemento aseguran nuevas aplicaciones pacíficas de la química del fósforo.^[1]

En la tabla periódica de los elementos químicos publicada por EuChemS, el fósforo ha sido clasificado entre los elementos con disponibilidad limitada con riesgo futuro de abastecimiento y se usa en la fabricación de los teléfonos móviles.^[5]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. R. Nitschke, The two faces of phosphorus, *Nature Chemistry*, 2011, 3(1), 90.
- [2] E. Gutiérrez Ríos, *Química Inorgánica*, Reverté, 1991, pp. 225–235.
- [3] CAQ, Anexo sobre sustancias químicas, bit.ly/2WZVB2V, visitada el 15/02/2019.
- [4] E. Gómez-Caballero, El LAVEMA, catorce años como laboratorio designado por la OPAQ, *Ingenieros Politécnicos Memorial*, 5, 2018, 16–20.
- [5] Element Scarcity EuChemS Periodic Table, bit.ly/2Dpwa55, visitada el 15/02/2019.

ESTHER GÓMEZ CABALLERO
Área de Defensa Química. Departamento NBQM
Subdirección General de Sistemas Terrestres
INTA. Ministerio de Defensa
gomezcmc@inta.es