

Esta serie rescata algunos temas didácticos para ayudarse en la exposición de cada uno de los elementos químicos, en un curso de Química General o de Química Inorgánica.

Cobre

Ramón Vilar*

La palabra cobre se origina del nombre que los romanos dieron a la isla de Chipre, *Cuprum* en latín, donde encontraron grandes cantidades de este metal. Incluso antes de que Chipre fuera parte del imperio Romano, sus yacimientos de cobre abastecieron de dicho metal a las civilizaciones de Medio Oriente y Europa. Aunque cada elemento de la tabla periódica tiene propiedades interesantes que lo hacen único, el cobre tiene un especial encanto no sólo por haber sido el primer metal que el ser humano aprendiera a manipular, sino también por la gran cantidad de usos que tiene y por su importancia biológica. Varias veces a lo largo de la historia, este elemento ha jugado un papel *estelar* en el desarrollo tecnológico y científico de la sociedad. En este ensayo se describirán brevemente algunos de esos momentos que han hecho a este metal tan famoso.

El primer metal en la historia

Debido a la *mágica* atracción que el ser humano tiene por otros metales como el oro y la plata, uno esperaría que el cobre fuera menos importante. Sin embargo, quizá para sorpresa del lector, el cobre fue el primer metal en ser descubierto y manipulado por el ser humano. Esto probablemente se deba a su abundancia en la corteza terrestre (50 partes por millón (ppm) en comparación con 0.02 ppm para la plata y 0.001 para el oro) y a que es un metal fácil de extraer de sus minerales. Estudios arqueológicos han establecido que fue utilizado al menos desde el año 5000 aC mientras que la evidencia más antigua de la utilización del oro y la plata, por ejemplo, data del año 3000 aC (Emsley, 1998). El metal puro (de color rojizo) se utilizó para construir diversos utensilios, objetos de arte y más tarde para la fabricación de monedas. A pesar de sus varios usos, este metal maleable y dúctil no es lo suficientemente duro para la construcción de instrumentos fuertes y resistentes.

Department of Chemistry, Imperial College, London SW7 2AY, United Kingdom.

Correo electrónico: r.vilar@ic.ac.uk

Teléfono: +44-02(0)-7594-5755.

Recibido: 3 de septiembre de 2001; **aceptado:** 6 de noviembre de 2001.



Figura 1. Figura egipcia de bronce de Tutmosis IV (circa 1425 aC). (Tomado de <http://60centuries.copper.org/framst3.html>).

Para ello, fue necesario mezclar al cobre con estaño (en proporciones de dos a uno) produciendo una aleación metálica mucho más dura: el bronce. Esta aleación fue ampliamente utilizada para la construcción de un gran número de instrumentos, dando lugar a importantes avances tecnológicos (tanto así que los historiadores llaman al periodo de 3000 aC a 1000 aC la *Edad de Bronce*).

El cobre en nuestros días

En la tabla periódica el cobre se encuentra arriba de la plata y el oro (vecinos sin lugar a dudas muy distinguidos), al lado derecho del níquel y al izquierdo del zinc. El principal mineral de cobre es la calcopi-



Figura 2. Casco ceremonial romano de bronce (tomado de <http://60centuries.copper.org/framst2.html>).

rita, un mineral dorado formado por sulfuros de cobre-hierro y que actualmente se extrae en Estados Unidos, Zaire, Canadá, Chile y Rusia (este mineral representa el 80% del cobre total del mundo). Debido a la facilidad con la que puede ser trabajado y moldeado para formar alambres, el cobre es ideal como conductor de la electricidad. Éste ha sido uno de sus usos más importantes durante el último siglo (aunque en la actualidad varias de sus funciones están siendo remplazadas por fibras ópticas). Por otro lado, gracias a su resistencia al agua y al aire este metal se usa como material de construcción así como en la fabricación de tuberías para transportar agua.

Una de las aplicaciones modernas más importantes del cobre comenzó en 1986 cuando Georg Bednorz y Alex Müller, trabajando en los laboratorios de la compañía IBM, prepararon un material formado por óxidos de cobre, bario y lantano que presentaba propiedades superconductoras a temperaturas relativamente altas (35 K).¹ Hasta antes de este descubrimiento la máxima temperatura a la que se había observado el efecto superconductor era 12 K. Además de este salto en la temperatura, el nuevo material despertó gran interés en la comunidad científica ya que nunca antes se había observado el efecto superconductor en materiales de este tipo. Los únicos materiales que habían demostrado tener propiedades superconductoras eran metales puros o sus aleaciones. El hecho que una combinación de óxidos metálicos tuviera este efecto, abrió una nueva área de investigación tan importante que el premio Nobel de Física de 1987 fue otorgado a Bednorz y Müller (Ball, 1996).

Tan pronto como este descubrimiento salió a la luz, la comunidad científica empezó una carrera maratónica para obtener materiales basados en óxidos de cobre y otros metales que tuvieran propiedades superconductoras a temperaturas cada vez más altas. Uno de los principales objetivos era obtener materiales que fueran superconductores por arriba de los 77 K. La razón de ello es que esta es la temperatura del nitrógeno líquido, el cual es fácil de obtener y manipular, por lo que no sería tecnológicamente complicado mantener dichos materiales superconductores a esta temperatura. Si esto fuera posible, por primera vez en la historia el efecto



Figura 3. Imagen de resonancia magnética nuclear (RMN) del contenido craneal.

(Tomado de: <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>)

superconductor podría tener aplicaciones prácticas reales. Este paso no se hizo esperar y en 1987 se logró obtener un material (hecho de óxidos de itrio-bario-cobre) con propiedades superconductoras a 93 K. El interés por obtener superconductores de alta temperatura continúa, lo cual se refleja en el hecho de que hoy en día ya se tienen materiales que presentan propiedades superconductores por arriba de los 130 K, lo que ha permitido empezar a utilizar dichos materiales en varios campos. Por ejemplo, las técnicas de resonancia magnética nuclear (ampliamente utilizadas en medicina, química y biología) se han desarrollado enormemente gracias al uso de materiales superconductores para la generación de campos magnéticos intensos.²

Otra de las áreas donde los superconductores han tenido un impacto importante es en la llamada *levitación magnética*, en la cual se hace flotar a vehículos sobre campos magnéticos superconductores evitando que al moverse pierdan energía por fricción.

Además de sus usos en la producción de campos magnéticos, hay un gran interés en construir generadores eléctricos a base de materiales superconductoros.

¹ Los superconductores son materiales que no presentan resistencia al flujo de corriente eléctrica. Dichos materiales normalmente sólo presentan esta propiedad a temperaturas sumamente bajas.

² Una buena página web con información sobre superconductores es: <http://superconductors.org>



Figura 4. El tren japonés Yamanashi MLX01-MagLev funciona gracias a levitación magnética (aunque cabe mencionar que los superconductores que usa no están hechos a base de óxidos de cobre). Este tren puede alcanzar una velocidad de hasta 343 millas/hora (tomado de <http://superconductors.org/Uses.htm>).

res. Aunque esto aún está en una etapa de desarrollo, la compañía General Electric ha estimado que durante la próxima década un porcentaje importante de la electricidad se generará gracias al uso de superconductores.

El cobre en los seres vivos

Hasta el siglo XIX era bien aceptado que los seres vivos estaban formados únicamente por material *orgánico* (es decir a base de carbono e hidrógeno); sin embargo, a lo largo del siglo XIX empezó a reunirse evidencia de que otros elementos eran necesarios para el buen funcionamiento de los seres vivos. Entre los elementos que empezaron a detectarse en material que se creía puramente orgánico, fue el cobre. En 1818, por ejemplo, Christian Friedrich Bucholz lo detectó en cenizas vegetales. Años más tarde (1847) uno de los hallazgos más sorprendentes fue hecho por E. Harless quien descubrió que la sangre de pulpo y caracol (que es azul) contenían este metal (Emsley, 1999). Hoy en día sabemos que el cobre está presente en la mayoría de los seres vivos jugando papeles importantísimos para el buen funcionamiento celular. Veamos con más detalle dichas funciones.

Debido a sus propiedades óxido-reductoras, el cobre juega un papel muy importante en el metabolismo del oxígeno. Por ejemplo, en la sangre de ciertos animales como el pulpo y el caracol, se encuentra una proteína llamada hemocianina que contiene dos átomos de cobre. Esta proteína se encarga de distri-

buir el O_2 (proveniente del aire respirado) a los diferentes tejidos de dichos organismos. Para ello utiliza la capacidad que tienen los centros de cobre para reaccionar con la molécula de oxígeno reversiblemente (cambiando su estado de oxidación de Cu(I) a Cu(II)). Esto permite que tan pronto como el oxígeno entra al organismo, sea *atrapado* por la hemocianina (mediante coordinación con los dos átomos de cobre) para transportarlo a través del torrente sanguíneo y entregarlo a los tejidos que lo requieran.

Además de la hemocianina, el cobre también se encuentra presente en varias otras proteínas, por ejemplo en enzimas oxidantes. Dichas enzimas pueden catalizar la oxidación de ciertos sustratos, lo que permite a la célula sintetizar moléculas complejas necesarias para su buen funcionamiento. Un ejemplo específico es la oxidación del aminoácido fenilalanina a diversos intermediarios que dan lugar a hormonas y neurotransmisores (Lippard, 1994).

Una función más de este elemento en los seres vivos es como centro activo en un grupo de enzimas encargadas de deshacerse de una especie muy tóxica para la célula llamada superóxido (O_2^-). Dichas enzimas (llamadas superóxido dismutasas) se encargan de catalizar la transformación del superóxido a oxígeno (O_2) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Aunque el mecanismo de acción de esta enzima aún no está totalmente establecido, se sabe que las propiedades óxido-reductoras del cobre juegan un papel esencial.

En resumen, como componente del bronce, como metal conductor de la electricidad y, más recientemente, en superconductores de alta temperatura, el cobre ha jugado un papel importantísimo en el desarrollo tecnológico de la sociedad. Esto junto con su relevancia biológica, hacen del cobre uno de los elementos *estrella* de la tabla periódica. ▀

Referencias

- Ball, P., *Designing the Molecular World*, Princeton University Press, EUA, 1996.
- Emsley, J., *The Elements*, Oxford University Press, Inglaterra, 1998.
- Emsley, J., *Molecules at an exhibition*, Oxford paperbacks, Inglaterra, 1999.
- Lippard, S.J. y J.M. Berg, *Principles of Bioinorganic Chemistry*, University Science Books, EUA, 1994.