

EL COBRE: UN METAL INDISPENSABLE EN LA VIDA COTIDIANA Y EN LOS ORGANISMOS

Katherinne I. Requejo Roque*

El cobre es un metal cuya versatilidad ha permitido su aplicación en medicina, agricultura y ciencia de los materiales. En la naturaleza, el cobre se encuentra en su forma metálica de color anaranjado-rojizo y en compuestos de cobre presentes en minerales. Los iones metálicos Cu(I) y Cu(II) participan en funciones biológicas como la respiración celular. Asimismo, el cobre es utilizado como catalizador para la obtención de productos naturales y polímeros.

Palabras clave: cobre, pigmentos, catalizadores

El cobre es el elemento químico con símbolo Cu (del latín cuprum) que posee el número atómico 29. Para los antiguos romanos, el cobre era conocido como cuprum, en referencia a la isla de Chipre de donde este mineral era extraído. El color del cobre elemental es anaranjado-rojizo y es uno de los pocos metales presentes en la naturaleza en su forma metálica usable. Se caracteriza por ser blando, maleable, dúctil y por tener una elevada conductividad eléctrica y térmica. La abundancia del cobre en la corteza terrestre es de 50 partes por millón (ppm).¹ El Perú reportó en el 2018 una producción anual de cobre de 2.4 millones de toneladas métricas finas (TMF) según el informe elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, lo cual coloca al país como uno de los principales productores mundiales de este metal. El departamento de Arequipa produce cobre en mayor cantidad con el 20.4% de la producción peruana.²

Desde la antigüedad, el cobre ha sido usado en medicina, en aleaciones metálicas e incluso en arte ya que puede usarse como pigmento en su forma metálica elemental o en sus compuestos de Cu(II). En medicina, tanto el metal rojo como el acetato de cobre fueron usados por los egipcios hace 3000 a.C. para el tratamiento de la vista. Una característica

Copper is a metal whose versatility has enabled its application in medicine, agriculture, and materials science. In nature, copper is available in the metallic form with an orange-red color and in copper compounds found in minerals. The metallic ions Cu(I) and Cu(II) enable biological functions such as cellular respiration. Besides, copper is used as a catalyst to obtain natural products and polymers.

Keywords: copper, pigments, catalysers

importante de los compuestos de cobre es que son agentes fungicidas y preservantes de madera. Por ejemplo, el sulfato de cobre (II) es utilizado como pesticida en agricultura y pequeñas cantidades de cobre metálico en el agua ayudan a prevenir el crecimiento de algas. Algunos compuestos de cobre han sido usados exitosamente para revertir el daño ocasionado por la alta exposición de radiación ionizante.¹ En la actualidad, la palabra cobre hace referencia a monedas, alambrado eléctrico o la Estatua de la Libertad, la cual debe su color verde al complejo de carbonato de cobre (II) (**Figura 1**).³ El color inicial marrón rojizo de la Estatua de la Libertad se tornó verde debido a la corrosión, reacción química que involucra al oxígeno en presencia de humedad ambiental y al CO₂ de la atmósfera. Otros afirman que el color verde se debe a compuestos como el hidróxido de cobre (II) o el cloruro de cobre (II) debido a la lluvia ácida.

1. Emsley, J. Copper. En "Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements"; Rodgers, M.; Greenwood, N.; Saxon, W., eds.; Oxford University Press: New York, 2003, 120-125.
2. Dirección de Promoción Minera del Ministerio de Energía y Minas. Análisis de la Estadística Minera. Boletín Estadístico Minero, enero 2019. (📄)
3. Lady Torch Featuring the Statue of liberty. (Acceso 11 de Setiembre del 2019) (📄)

* Dr. en Química de Rice University. Investigadora en UC Davis, especializada en Nanotecnología. e-mail: kirequejo@gmail.com



Figura 1. Simulación de cómo debería lucir la Estatua de la Libertad (izquierda) si no se hubiera producido la oxidación del cobre metálico que produjo el color verde (derecha) debido, principalmente, al carbonato de cobre.³

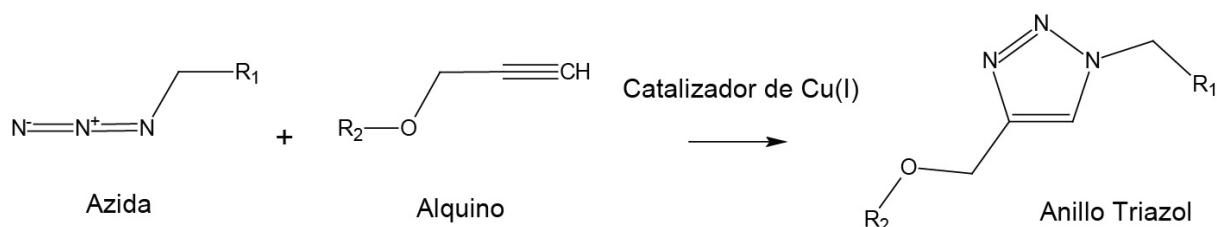


Figura 2. Reacción *click* mediada por un catalizador de cobre (I) entre una molécula con grupo azida y otra con grupo alquino. La cicloadición produce un anillo triazol.⁵

Además de su marcada presencia en la vida cotidiana, el cobre presenta un rol importante en la ciencia debido a sus funciones biológicas esenciales y sus diversas propiedades químicas. Mucha de la versatilidad del cobre se debe a su capacidad para llevar a cabo tres procesos químicos diferentes: catálisis ácida de Lewis, transferencia de un electrón y reacciones de transferencia de dos electrones.⁴ En la catálisis ácida de Lewis, los iones Cu(I) o Cu(II) atraen diferentes moléculas y facilitan una reacción química entre estas. Un ejemplo famoso es la cicloadición azido-alquino catalizada por cobre llamada química *click*. En esta reacción, uno de los reactivos iniciales es etiquetado con una unidad de azida, mientras que la otra molécula tiene un grupo alquino. Estos dos grupos funcionales coordinan al cobre, y luego se unen covalentemente para formar un anillo triazol (**Figura 2**).⁵ No hay metal de transición que sea un catalizador efectivo para este paso. Debido a su eficacia y alta selectividad, esta reacción *click* es ampliamente usada en aplicaciones que van desde la síntesis de productos naturales y derivados a la preparación y modificación de polímeros.⁴ Por otro lado, los procesos de transferencia de un electrón que realiza el cobre, alternando entre los estados Cu(I) o Cu(II), son indispensables en biología. La respiración celular, en la cual un organismo extrae su energía de la glucosa, involucra las enzimas de la membrana mitocondrial que contienen cobre. Estas enzimas oxidan la glucosa y reducen el oxígeno a través de múltiples pasos de trans-

ferencia de un electrón. Como catalizador, el cobre produce rendimientos eficientes bajo condiciones no drásticas y es relativamente resistente al envenenamiento que perjudicaría a otros catalizadores lo cual lo hace una alternativa atractiva frente al paladio.⁴

Asimismo, el cobre es esencial para todos los organismos vivos como elemento traza de la dieta porque es el principal constituyente del complejo enzimático respiratorio, la citocromo c oxidasa. En los humanos, el cobre se encuentra principalmente en el hígado, músculos y huesos. El cuerpo adulto contiene, en promedio, de 1.4 a 2.1 mg de cobre por kilogramo de peso corporal. Las principales fuentes de cobre se encuentran en alimentos como carnes, cangrejos, langostas, almendras y nueces. No obstante, hay límites: la ingesta diaria máxima recomendada de cobre es de 6 mg, por lo que llega a ser tóxico solo cuando es ingerido en exceso. Se ha observado que un exceso de cobre en el agua durante el baño puede teñir el cabello de verde a personas con cabellos muy claros, tal como se demostró hace unos años en Suecia.⁶ En el caso de los moluscos y crustáceos, su sangre es azul debido a que el cobre es parte del pigmento sanguíneo hemocianina que reemplaza al hierro en la hemoglobina presente en los vertebrados.¹

Recibido: 12 de septiembre de 2019

Aceptado en su forma final: 15 de octubre de 2019

4. Moga, T. G. *Nat. Chem.*, **2012**, *4*, 334. (□)

5. Rostovtsev, V. V.; Green, L. G.; Fokin, V. V.; Sharpless, K. B. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, *41*, 2596-2599. (□)

6. Beltrán Suito, R. *Revista De Química*, **2012**, *26*(1-2), 13-15. (□)