

## Introducción

El término «halógeno», que nombra a los elementos del grupo 17, fue acuñado por Johann Salomo Christoph Schweigger en 1811 para describir la propiedad del cloro de formar sales como el cloruro de sodio. Este vocablo proviene del griego *halos* («sales») y *gen* (que deriva de *geno*, «que produce»), es decir, «que produce sales». En aquel tiempo, el único halógeno conocido era el cloro, y con el discurrir de los años se encontró que ese término era también aplicable a los elementos siguientes: F, Br, I, At y Ts.

Es usual encontrar la afirmación de que los halógenos no se encuentran como dihalógenos en la naturaleza, debido a que son agentes oxidantes muy reactivos; sin embargo, esto no es del todo cierto. La antozonita es una variedad de fluorita radiactiva encontrada por primera vez en Wölsendorf, Baviera, Alemania, en 1841, y nombrada en 1862. En 2012 se descubrió que cuando se trituran o se rompen los cristales se libera el flúor elemental, lo cual fue comprobado por  $^{19}\text{FRMN}$ . Se ha postulado que el uranio (que se encuentra en trazas) contenido en este mineral, al descomponerse, genera radiación beta que interacciona con el fluoruro y se forma  $\text{F}_2$ , así queda este elemento ocluido en el mineral.

El compuesto más conocido de los halógenos es la sal común ( $\text{NaCl}$ ). Este, al igual que el oro y la plata, ha sido mencionado a través de la historia en textos muy antiguos como la Biblia y en relatos que explican el origen de las civilizaciones, como es el caso de la leyenda de los hermanos Ayar para la formación de la cultura inca, en el que se destaca la participación de Ayar Cachi (*cachi* significa «sal» en idioma quechua); asimismo, ha sido mencionado para caracterizar la naturaleza de un lugar geográfico como es el caso del Lago Salado de Xie, en China. Desde los albores de la civilización, la sal ha

sido utilizada como el principal saborizante, y para la conservación y el tratamiento de los alimentos, como la carne seca, *charqui*, en el antiguo Perú. Tal es la importancia de la sal, que se utilizó como forma de pago para las actividades de trabajo realizadas en la antigüedad. De allí deriva el nombre «salario» y se convirtió en fuente de acumulación de riqueza, por tanto, en muchas oportunidades fue motivo de numerosas guerras para tomar su posesión. En el Perú, la sal se extrae de las salineras de Huacho, y son famosas las minas de Maras y de Cachimayo («río de sal») en el Cusco.

En el agua de mar están presentes los haluros. En promedio, en un litro están contenidos 1,4 mg de fluoruro, 18,1 g de cloruro, 68 mg de bromuro y 0,06 mg de yoduro. De la misma forma, los halógenos están presentes en una larga serie de minerales como la halita (NaCl), fluorita (CaF<sub>2</sub>), silvita (KCl), carnalita (KMgCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O), etc. También existen miles de compuestos orgánicos halogenados en los compuestos de los productos naturales, comprendidos en los terpenos, esteroides, ácidos grasos, prostaglandinas, péptidos, alcaloides, entre otros.

En la corteza terrestre, los compuestos de flúor son los más abundantes; luego le siguen los del cloro, del bromo y, finalmente, del yodo. En el agua de mar, el más abundante es el cloro, después el bromo y, en cantidades muy pequeñas, el yodo y el flúor. En la atmósfera también se encuentra una serie de compuestos de halógenos orgánicos e inorgánicos, sean naturales o causados por la contaminación ambiental, que tienen gran influencia en el clima, como los radicales F, Cl y, en menor medida, Br y I, y sus óxidos, los que están involucrados en la destrucción de la capa de ozono.

Los halógenos y sus compuestos poseen una importancia en la industria química por sus diversas aplicaciones en medicina, alimentos, materiales, cosméticos, electrónica, etc. En el caso del flúor se puede señalar al fluoruro de sodio, que es empleado en las formulaciones de pastas dentales; al teflón (politetrafluoroetileno), que es usado para fabricar las sartenes antiadherentes, y al hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), que es utilizado en los equipos electrónicos.

Dentro de las industrias químicas llamadas pesadas podemos citar varios compuestos de gran relevancia, como el cloro y sus derivados: hipoclorito de sodio, cloruro de etilo, cloruro de vinilo, tetraclorometano, triclorometano, policlorovinilo, etc. El cloro se usa para potabilizar el agua y también en la industria como agente blanqueador del algodón, rayón, pulpa de madera, entre otros.

Los compuestos de bromo también tienen aplicaciones importantes: en productos agroquímicos, como el bromuro de metilo; en antiinflamantes, como el caso del hexabromobenceno; en retardantes de flama, por ejemplo, el tris(dibromopropilo) fosfato; en fotografía, el bromuro de plata; en farmacia, el bromuro de potasio, entre otros.

En el caso del yodo, la solución alcohólica de yodo al 10% es ampliamente usada como antiséptico; el yoduro de plata es utilizado también en medicina y en fotografía. Cabe añadir que el yoduro de potasio y de sodio son usados en el tratamiento del bocio, por citar algunas aplicaciones en la vida cotidiana.

Sin duda, las diferentes aplicaciones de los halógenos y sus derivados son relevantes desde la perspectiva industrial, pero no se debe dejar de lado el entendimiento de la naturaleza química y física de estos compuestos, los que han sido descritos adecuadamente a través de modelos teóricos y los que han permitido conocer y entender la naturaleza del enlace de muchos compuestos como, por ejemplo,  $\text{PF}_5$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{IF}_7$ , entre otros que han intrigado a los químicos durante años.

En vista de la importancia de los halógenos desde el punto de vista práctico y teórico, se ha realizado en la presente obra una profundización de conocimientos de la química de estos elementos y sus compuestos, no solo recopilando hechos sino también comentándolos y explicándolos para que el libro sea un documento académico de reflexión de esta importante área de conocimientos como es la química de los halógenos.

Deseo agradecer a mis colegas Jorge R. Angulo Cornejo y María N. Lino Pacheco por su ejemplo y dedicación a la educación en química inorgánica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, así como al investigador William Tiznado Vásquez de la Universidad

Nacional Andrés Bello (Chile) por resolver consultas y servir de apoyo en la bibliografía. A mis amigas y amigos investigadores químicos Sonia Bustamante, Manuel Serrano, Marco Guerrero y Juan Lizardo por las informaciones y ayudas brindadas. Finalmente, a los revisores por sus valiosos comentarios y recomendaciones y al Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

MARIO CERONI