

## EL GALIO, ESE DESCONOCIDO

Daniel Rabinovich y Richard P. Korswagen\*

*Pontificia Universidad Católica del Perú*

¿Qué sabemos del galio? Que es un elemento químico, que pertenece al grupo IIIA del Sistema Periódico, que su símbolo es Ga,... y probablemente no muchó más. La importancia de su descubrimiento, sus extraordinarias propiedades y sus usos hacen injusto este desconocimiento. Veamos a continuación, pues, algo de la química del galio.

## EL ELEMENTO GALIO

El galio, Ga, número atómico 31, peso atómico 69.72, está en el grupo IIIA del Sistema Periódico, entre el aluminio y el indio. Se conocen dos isótopos estables,  $^{69}\text{Ga}$  (60.2%) y  $^{71}\text{Ga}$  (39.8%), y la química de sus compuestos muestra un paralelismo considerable con la de los del aluminio. El galio sólido tiene la dureza, la fragilidad y el lustre azulado del cinc y se comporta como éste en las aleaciones. Salvo su menor densidad, el metal fundido casi no puede distinguirse del mercurio en un examen superficial.

Cuando en 1869 D.I. Mendeleiev publicó su Tabla Periódica de los Elementos, tuvo la clarividencia de dejar lugares vacíos destinados a elementos aún no descubiertos. Propuso inclusive nombres como eka-boro, eka-aluminio y eka-silicio y predijo propiedades para los elementos desconocidos que debían situarse junto a los elementos boro, aluminio y silicio, respectivamente.

---

\* PUCP, Departamento de Ciencias, Sección Química.

En 1875, el químico francés Paul Emile Lecoq de Boisbaudran descubrió por análisis espectroscópico de una blenda de los Pirineos un nuevo elemento, al que dio el nombre latino de "Gallia" en honor de su patria, aunque no faltan escépticos que dicen que el nombre de "galio" deriva de la traducción latina de su apellido, pues "Lecoq" significa "el gallo" (1). La predicción de Mendeleiev acerca de las propiedades del eka-aluminio concordaba muy bien con las de galio, y el posterior descubrimiento del escandio por Nilson en 1879 y del germanio por Winkler en 1886, que correspondían al eka-boro y eka-silicio, determinaron la aceptación generalizada de la validez y utilidad de su Tabla Periódica.

### *Estado natural y producción*

Aunque el galio compone aproximadamente el 0.0015% de la corteza terrestre y viene a ser tan abundante como el plomo, o sea unas 30 veces más que el mercurio y 3000 veces más que el oro, se encuentra distribuido más uniformemente que estos elementos y hay poquísimas zonas donde esté lo bastante concentrado para que su extracción resulte práctica. La germanita es la fuente natural más rica en galio y los minerales de la principal mina, en el sudeste de Africa, sólo contienen un 0.8% del elemento.

Para obtener el galio y el germanio se convierten los dos elementos en los cloruros; el tetracloruro de germanio, más volátil, es separado por destilación y el galio se recupera por electrólisis.

Se le encuentra también en pequeñas concentraciones en diversos materiales aluminosos y en casi todas las blendas de cinc, y algunas cenizas de hulla contienen hasta 0.05% de galio. En virtud del contenido muy bajo de cinc e indio en la bauxita, es conveniente realizar la extracción del galio juntamente con la producción de la alúmina. En el proceso Bayer se hace cristalizar el trihidrato de alúmina de una solución de aluminato de sodio por enfriamiento y siembra. En este proceso, el hidróxido de galio se acumula en las aguas madres y después de concentrar éstas y ajustar el pH, se separa el metal por electrólisis.

Entre las principales impurezas que se encuentra en el metal comercial figuran el cinc, el cobre y el plomo. Actualmente se produce metal con una pureza mínima de 99.9%, aunque se puede obtener galio ultra-puro (99.9999%) por extracción con ácidos y cristalización fraccionada.

El precio actual del galio es de unos 2-4 dólares por gramo.

### *Propiedades físicas y químicas*

Muchas de las aplicaciones del galio se deben a dos propiedades extraordinarias que tiene: su amplio rango líquido y su dilatación al solidificarse.

El galio tiene un punto de fusión excepcionalmente bajo de 29.78°C ("sólido en invierno, líquido en verano"), para lo cual no hay hasta ahora una explicación satisfactoria. Con una temperatura de ebullición de 2403°C (2,3), es uno de los elementos con mayor rango líquido, y tiene una baja presión de vapor incluso a altas temperaturas (0.0309 mm Hg a 1200°C). Siendo además relativamente inerte y no tóxico, encuentra aplicación como líquido termométrico en termómetros de alta temperatura, particularmente en el intervalo de 600 a 1500°C. Sin embargo, tiene una fuerte tendencia a sobreenfiarse por debajo del punto de fusión y para solidificarse puede ser necesario el "sembrado" con un cristal.

El galio es de las pocas sustancias, junto con el bismuto y el agua, cuya fase sólida es menos densa y más voluminosa que la líquida: el sólido a 29.6°C tiene densidad 5.904, mientras que en el líquido a 29.8°C es de 6.095. Esta expansión de aproximadamente 3.1% al solidificarse impide que se conserve en recipientes de metal o vidrio, que podrían romperse.

Aunque el galio es normalmente trivalente, en condiciones reductoras existen algunos compuestos en los cuales muestra una valencia de +1 ó +2. Con un potencial de electrodo normal aproximado de -0.56V, el galio ocupa una posición en la serie electroquímica entre el cinc y el indio y, como el aluminio, es muy resistente a la corrosión.

El metal muy puro es esencialmente insoluble en ácidos minerales, pero trazas de impurezas permiten una solución electrolítica con desprendimiento de hidrógeno.

El galio, al igual que el aluminio, es anfótero y forma galatos metálicos solubles,  $\text{GaO}_2^-$ , cuando actúa como no metal, y sales de galio (III) solubles cuando tiene carácter metálico. Se cree que los galatos en solución son en realidad especies tetra o hexacoordinadas tales como  $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$  o  $[\text{Ga}(\text{OH})_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2]^-$  [4].

## *Aleaciones y sus aplicaciones*

Además de su uso en termómetros de alta temperatura, se ha empleado el galio como líquido sellador para sistemas de alto vacío y en aleaciones dentales aprovechando su no toxicidad.

El uso más promisorio del galio es, sin embargo, en la producción de transistores y componentes semiconductores, sobre todo en compuestos con antimonio, arsénico o fósforo. El galato de magnesio,  $MgGa_2O_4$ , conteniendo impurezas divalentes como  $Mn^{+2}$  ha encontrado aplicación comercial en fósforos sensibles a la luz ultravioleta.

## COMPUESTOS DE GALIO

### *Haluros*

Se conocen dihaluros y trihaluros; salvo el fluoruro, los haluros son muy higroscópicos y se disuelven en el agua, con hidrólisis. Los dihaluros se disuelven con oxidación.

**Propiedades físicas de los haluros de galio [5]**

haluro	peso molecular	p.f. (°C)	color	solubilidad en $H_2O$
$GaF_3$	126.72	950 (subl)	blanco	poca
$GaCl_2$	140.63	170	incoloro	descomp.
$GaCl_3$	176.09	77	incoloro	higroscópico
$GaBr_3$	309.47	122	incoloro	higroscópico
$GaI_3$	450.48	212	amarillo claro.	higroscópico

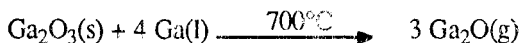
### *Hidruros*

El galio forma un hidruro,  $Ga_2H_6$ , punto de fusión =  $-21.4^\circ C$ , que se descompone a  $130^\circ C$ , y un hidruro de galio y litio,  $LiGaH_4$ , con reactividad similar a la de los compuestos análogos de aluminio.

### *Oxidos*

- a) subóxido de galio,  $Ga_2O$ : es un polvo pardo o negro, densidad 4.77, que puede prepararse calentando una mezcla de  $Ga_2O_3$  y Ga metálico a

700°C y también, posiblemente, reduciendo el sesquióxido con hidrógeno (4,5):



- b) sesquióxido de galio,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ : es el compuesto de galio más común y existe en dos formas cristalinas blancas; una forma  $\alpha$  a baja temperatura con la estructura del corindón, que cuando se calienta por encima de 600°C en el aire se transforma en la forma monoclinica  $\beta$ . El trióxido se obtiene calentando el nitrato, el sulfato o los óxidos hidratados formados por acción del amoníaco sobre soluciones de  $\text{Ga}(\text{III})$ .

#### *Otros compuestos binarios*

Los calcónidos  $\text{GaS}$ ,  $\text{GaSe}$  y  $\text{GaTe}$  pueden prepararse por reacción directa entre los elementos. También existe el subsulfuro y el sesquisulfuro de galio,  $\text{Ga}_2\text{S}$  y  $\text{Ga}_2\text{S}_3$ .

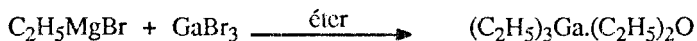
Se conoce el nitruro de galio,  $\text{GaN}$ , polvo plumizo que sublima a 800°C (2) y se forma en la reacción entre el  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  con  $\text{NH}_3$  a 600-1000°C.

El galio forma importantes compuestos 1:1 con los elementos del grupo V, de los cuales el más conocido es el arseniuro de galio,  $\text{GaAs}$  (a propósito, este compuesto está actualmente de "moda", publicándose mensualmente decenas de artículos sobre él en todas las ramas de la Química). Tiene propiedades semiconductoras y es capaz de convertir directamente la electricidad en luz coherente.

El fosfuro de galio,  $\text{GaP}$ , es otro compuesto semiconductor, que se prepara por reacción entre el fósforo y vapor de  $\text{Ga}_2\text{O}$  a 900-1000°C.

#### *Compuestos organometálicos*

Los compuestos orgánicos de galio forman complejos de coordinación con los éteres y las aminas, y existen diversos trialquilos, que se pueden preparar, por ejemplo, por la reacción del haluro metálico con reactivos de Grignard (6):



## REFERENCIAS

- (1) Asimov I. (1983), **Los lagartos terribles y otros ensayos científicos**, Alianza Editorial.
- (2) **Handbook of Chemistry and Physics, 1982-3**, 63rd edition. The Chemical Rubber Co.
- (3) Hampel C.A. (1968), **The Encyclopedia of the Chemical Elements**, Reinhold Book Corporation.
- (4) Cotton F.A. y Wilkinson G. (1966), **Química inorgánica avanzada**, John Wiley and Sons, New York.
- (5) Kirk R.E. y Othmer D.F. (1962), **Enciclopedia de tecnología química**, 8, 677.
- (6) *Ibid.*, 5, 717.