



Fabricación y uso de aleación de Bi/Pb/Sn para enseñar el concepto de punto eutéctico

Juan Ariel Pullao^{1,2}, Georgina De Micco^{1,3} y Gastón Galo Fouga^{1,2,3}

¹Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Bariloche

²Universidad Nacional de Río Negro - Sede Andina

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

E-mail: arielpullao@gmail.com

Resumen

La fabricación y el uso de aleaciones de bajo punto de fusión en prácticas de laboratorio de nivel universitario brindan una oportunidad para enseñar contenidos que son comunes a las áreas de física y química, posibilitando un espacio de enseñanza interdisciplinaria. El concepto de punto eutéctico, es uno de estos contenidos, y puede enseñarse empleando una propuesta de este estilo. En este trabajo, se comparte una experiencia docente en la que a través de una actividad de laboratorio se enseña a alumnos universitarios de química inorgánica el concepto de punto eutéctico.

Palabras clave: Enseñanza Interdisciplinaria; Aleaciones de bajo punto de fusión; Punto eutéctico; Diagramas de fase sólido-líquido; Practica de Laboratorio.

I. INTRODUCCIÓN

El bismuto es un elemento de la tabla periódica que al mezclarse con otros metales puede formar aleaciones que tienen puntos de fusión inferiores a los 100 °C (Kirk y Othmer, 1990). Estas mezclas se conocen como aleaciones de bajo punto de fusión, y pueden fabricarse y usarse en prácticas de laboratorio para enseñar el concepto de punto eutéctico introduciendo conjuntamente el uso de diagramas de fase sólido-líquido. Adicionalmente, una práctica de este tipo es una actividad enriquecedora para que los alumnos estudien los factores físicos y químicos que afectan el proceso de fusión, el cambio en las propiedades físicas de las aleaciones al variar las concentraciones de sus componentes y los aspectos que deben ser considerados durante la fabricación de este tipo de mezclas.

La experiencia docente que se presenta en este trabajo consta de una práctica de laboratorio donde los alumnos fabrican una aleación compuesta por 52% Bi, 32% Pb y 16% Sn en peso y que funde a 96 °C (Jensen, 2010), para posteriormente compararla con una mezcla que contiene las mismas proporciones de estos metales, pero producida en el Dpto. de Físicoquímica y Control de Calidad del Complejo Tecnológico Pilcaniyeu con un control más riguroso de las concentraciones de los aleantes y empleando elementos de alta pureza. El objetivo de esta práctica es que los alumnos visualicen que ambas aleaciones funden a temperaturas inferiores a 100 °C y analicen las diferencias entre sus puntos de fusión a través del concepto de punto eutéctico empleando los diagramas de fases binarios y ternarios. Los autores consideran que la importancia de esta actividad radica en que puede ser implementada con estudiantes universitarios en cursos de física y química; por lo que se vuelve una práctica de carácter interdisciplinario que los docentes pueden llevar a cabo con materiales accesibles que no presentan riesgos para el alumnado, y cuyo enfoque y extensión está determinado por la disciplina en la cual se aplique.

La actividad se realizó con estudiantes de Química Inorgánica del segundo año del Profesorado de Nivel Medio y Superior en Química en la Universidad Nacional de Río Negro. Los alumnos de química inorgánica estudian las aleaciones de bajo punto de fusión del bismuto, un elemento químico perteneciente al grupo de los nitrogenoides, por lo que el equipo docente consideró pertinente implementar la práctica en este contexto. El curso está conformado por siete estudiantes y la actividad se llevó a cabo en el laboratorio de química de la universidad, bajo la supervisión del Dr. Gastón Galo Fouga y el Prof. Esp. Juan Ariel Pullao.

II. DESARROLLO

Para comenzar la práctica los siete estudiantes formaron un único grupo. Inicialmente se les pidió que calcularan las masas de Bi, Pb y Sn para preparar una aleación con un peso total de 30 g, sabiendo que la mezcla debía contener 52% Bi, 32% Pb y 16% Sn en peso. Antes de que los estudiantes procedan a pesar las cantidades calculadas, se les pidió que lean las fichas internacionales de seguridad química de estos elementos, para evaluar los posibles riesgos físicos y químicos durante la fabricación de la aleación. La pesada de los aleantes se realizó en una balanza analítica. A continuación se colocaron los metales en una capsula de vidrio de sílice (1a) fabricada en el Taller de Vidrios del Centro Atómico Bariloche. Con la ayuda del equipo docente los alumnos introdujeron la cápsula en el interior de un horno eléctrico (1b), que se seteó para que alcance una temperatura de 400 °C con el objetivo de fundir los componentes de la mezcla y formar la aleación. Se trabajó con esta temperatura debido a que el punto de fusión del Pb es 327.40 °C mientras que los puntos de fusión del Bi y el Sn son 271.30 °C y 231.80 °C respectivamente.

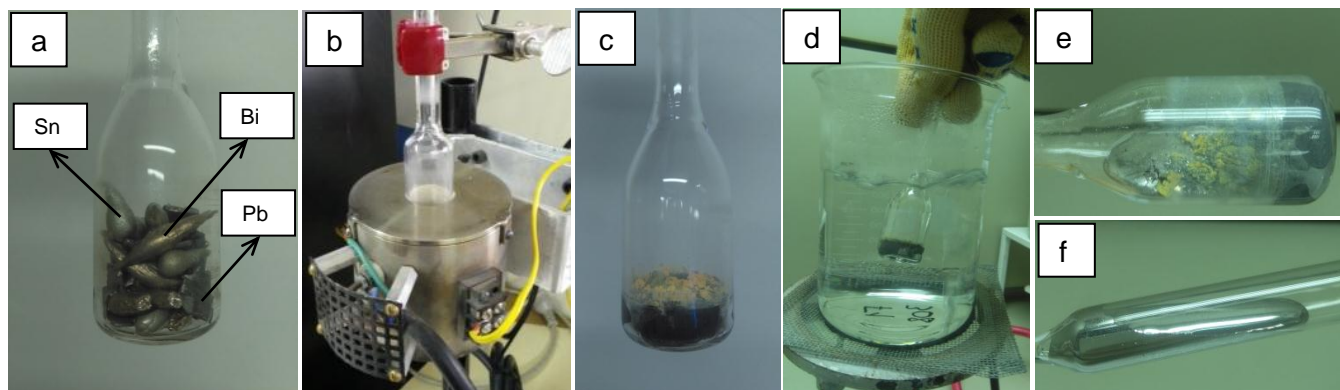


FIGURA 1. a) Cápsula con los aleantes pesados por los estudiantes. b) Mezcla fundiéndose en el interior del horno. c) Aleación obtenida por los alumnos. d) Aleación sumergida en agua en ebullición. e) Aleación fundida. f) Aleación fabricada por el equipo docente.

La mezcla se fundió en un tiempo aproximado de 20 minutos y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente en el interior de la cápsula (1c). A continuación los alumnos calentaron 800 cm³ de agua en un vaso de precipitados con la capsula en el interior del mismo (1d), y haciendo uso de un termómetro, controlaron la temperatura del experimento hasta que la aleación se fundió completamente (1e). Los estudiantes observaron que la fusión ocurrió a los 98 °C, temperatura cercana al punto eutéctico reportado en la literatura. Seguidamente, los alumnos colocaron la aleación fabricada en el Dpto. de Físicoquímica, en otro vaso de precipitados con 800 cm³ de agua a una temperatura próxima al punto de ebullición, y utilizando nuevamente un termómetro, vieron que la mezcla fundió a 96 °C (1f), temperatura que coincide con la temperatura eutéctica. El grupo reconoció que había una diferencia entre el punto de fusión de la aleación que ellos fabricaron con el punto de fusión de la aleación que diseñó el equipo docente. Esto se verificó posteriormente, mediante un análisis térmico diferencial ATD realizado a ambas muestras, el cual se compartió con los alumnos. El equipo docente explicó la diferencia entre las temperaturas de fusión introduciendo el concepto de punto eutéctico y el diagrama de fases sólido-líquido de la aleación binaria Sn/Bi (2a) (Massalski, 1990). Se empleó éste diagrama porque visualmente es más fácil de comprender que los diagramas de fase ternarios, en especial para alumnos iniciales.

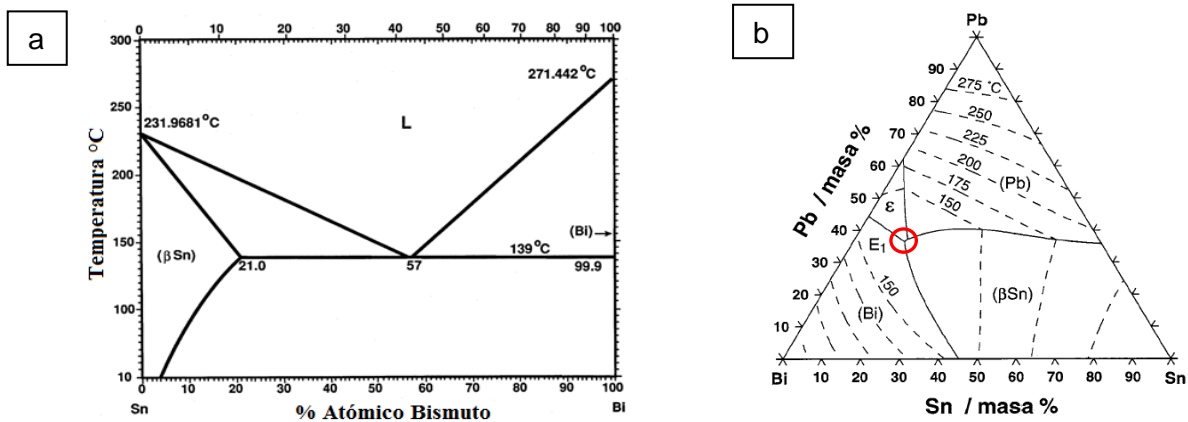


FIGURA 2. a) Diagrama de fases binario Sn/Bi usado en la práctica. b) Diagrama de fases ternario Bi/Pb/Sn. El cirulo encierra el punto eutéctico.

El diagrama se proyectó en el pizarrón, y haciendo uso de un puntero, los docentes indicaron qué representan los ejes en el diagrama, las líneas de equilibrio de fases, las zonas que estas líneas encierran, cómo se lee el diagrama y la importancia del punto eutéctico. A continuación se proyectó el diagrama de fases ternario de la aleación Bi/Pb/Sn (2b) (Ohnuma et al, 1999) donde sólo se señaló la temperatura del punto eutéctico especificando que los porcentajes de los aleantes, a los cuales se logra este valor, fueron los empleados en la práctica. En base a esto, se analizó con los alumnos por qué la aleación que ellos prepararon no fundió a 96 °C sino a una temperatura levemente superior, lo cual permitió concluir que dicha diferencia se podía deber a la oxidación parcial de los aleantes, a su baja pureza y a errores asociados con el proceso de pesaje. Este análisis les permitió entender por qué determinados factores, vinculados con la fabricación de la aleación, generan que el punto de fusión se desplace del valor eutéctico y la mezcla deje de fundir a una temperatura relativamente baja.

III. VALORACIÓN DE LA RIQUEZA DE LA ACTIVIDAD

La experiencia docente se realizó exitosamente. Los alumnos pudieron visualizar que las aleaciones fundieron a temperaturas inferiores a 100 °C, como así también entender a qué se debe dicho comportamiento. La implementación de una práctica de laboratorio acompañada por el uso de diagramas de fase para sistemas binarios y ternarios facilita en los alumnos la comprensión de por qué ciertas aleaciones que contienen bismuto tienen puntos de fusión inferiores a los 100 °C. Por otra parte, estudiar las aleaciones de bajo punto de fusión en química, demanda una práctica interdisciplinaria que enriquece la visión de los estudiantes, dándoles un panorama más amplio de los fenómenos físicos y químicos. Si bien la práctica se realiza con alumnos universitarios, también puede aplicarse con estudiantes de nivel medio para enseñar conceptos vinculados con el estudio de soluciones sólidas, punto de fusión y cambios de estado. Adicionalmente, se debe mencionar que la universidad no contaba con aleantes de alta pureza, lo cual, junto a la presencia de oxígeno, propiciaron la formación de una capa superficial de óxido sobre la mezcla preparada por los alumnos, variando las propiedades de físicas de la misma. Esto se podría evitar si al momento de realizar la práctica se contara con reactivos de alta pureza y un reactor donde preparar la aleación bajo una atmosfera controlada de nitrógeno.

REFERENCIAS

- Jensen, W. (2010). Ask the Historian Onion's Fusible Alloy. *Journal of Chemical Education*, Vol. 87 pp 1050-1051.
- Kirk, R. E. y Othmer, D. A. (1990). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Bismuth and bismuth alloys. Editorial: Wiley John and Sons.
- Massalski, T. B. (1990). *Binary Alloy Phase Diagrams*. Vol 2. Editorial: American Society for Metals.
- Ohnuma, I. Liu, X. J. Ohtani, H. y Ishida, K. (1999). Thermodynamic Database for Phase Diagrams in Micro-Soldering Alloys. *Journal of Electronic Materials*, Vol 28 N° 11 Special Issue Paper.