

Obtención del compuesto inorgánico CaCO₃ mediante una reacción de precipitación. Aspectos químicos de esta práctica de laboratorio

José María Fernández Solís*, Elia Alonso Rodríguez, Elena González Soto, Victoria González Rodríguez, Jesús Manuel Castro Romero

Departamento de Química, Área de Química Analítica, Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF), Universidade da Coruña (UDC), 15403 Ferrol, España

*jose.maria.fsolis@udc.es



INTRODUCCIÓN

Los planes de estudios de las titulaciones de Grado en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF), (Universidade da Coruña), incluyen la Química como asignatura de formación básica, impartida en el primer cuatrimestre del curso primero de ambas titulaciones [1].

En dicha asignatura se realizan cuatro prácticas de laboratorio [2]:

- Determinación de cobre en una muestra de una aleación
- Determinación del calor de reacción
- Cinética de las reacciones químicas
- Reacciones de oxidación-reducción. Electrodeposición.

Algunas de estas prácticas podrían, a lo largo del tiempo, ser renovadas o sustituidas por otras que abarquen aspectos de la asignatura considerados también de interés y utilidad para la mejor formación del alumnado.

La presente comunicación propone una nueva práctica de laboratorio susceptible de ser impartida en la asignatura. Dicha práctica se refiere a la síntesis del compuesto inorgánico carbonato de calcio mediante una reacción de precipitación, y a la descripción de los aspectos químicos más destacados de la misma.

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar experimentalmente el rendimiento real de la siguiente reacción química: $\text{CaCl}_2(\text{ac}) + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{ac}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{NaCl}(\text{ac})$
- El rendimiento de una reacción química se expresa, normalmente, en porcentaje mediante la siguiente expresión: $\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real (gramos reales)}}{\text{Rendimiento teórico (gramos teóricos)}} \cdot 100$
- Adquirir destreza en el manejo de las técnicas que permiten aislar un precipitado de su disolución de origen por medio de una filtración a vacío.

CUESTIONES PREVIAS A LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

El estudiante deberá resolver, previamente a la sesión de desarrollo experimental de la práctica de laboratorio, las siguientes cuestiones, apoyándose en la bibliografía de la asignatura:

- Defina, para una reacción química, los siguientes conceptos: reactivo limitante, reactivo en exceso, rendimiento teórico, rendimiento real y % de rendimiento.
- Al mezclar disoluciones acuosas de cloruro de calcio y de carbonato de sodio, se produce una reacción con formación de un precipitado de carbonato de calcio y cloruro de sodio disuelto. Escriba y ajuste la ecuación química correspondiente a la reacción, indicando el estado físico de los reactivos y productos.

MATERIAL NECESARIO

- 2 vasos de precipitados de 250 mL
- 1 termómetro
- 1 balanza
- 1 trompa de agua
- 1 hoja de papel de filtro
- 2 tubos de ensayo
- 1 espátula
- 1 vidrio de reloj
- 1 embudo Büchner
- 1 tijeras
- 2 varillas de vidrio
- 1 placa calefactora
- 1 frasco lavador
- 1 matraz kitasato.

REACTIVOS NECESARIOS

- Cloruro de calcio dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Carbonato de sodio decahidratado ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Disolución de AgNO_3 (concentración 4,791 g/L)
- Disolución de HCl 0,20 M

PROCEDIMIENTO

- Se pesa en un vaso de precipitados, sobre una balanza, una cantidad comprendida entre 4 y 5 gramos de cloruro de calcio (se anota exactamente la cantidad pesada) y se disuelve en 25 mL de agua destilada.
- Se pesa en otro vaso de precipitados, sobre la balanza, una cantidad comprendida entre 10 y 11 gramos de carbonato de sodio (se anota exactamente la cantidad pesada) y se disuelve en 50 mL de agua destilada.
- Se calienta la disolución de cloruro de calcio hasta alcanzar 50 °C y, en ese momento, se procede a mezclar las dos disoluciones [3].
- Se recortan dos hojas de papel de filtro para colocar en el embudo Büchner siguiendo las indicaciones del profesorado. Se pesan dichos filtros y un vidrio de reloj etiquetado (la masa resultante es P).
- Se prepara el embudo Büchner y el matraz kitasato y, con ayuda de una varilla de vidrio, se filtra a vacío el líquido ya frío con el fin de separar el carbonato de calcio precipitado. Se lava repetidas veces el precipitado con agua destilada y se ensayan periódicamente muestras del líquido que gotea del embudo Büchner hasta que no se observe turbidez al añadir unas gotas de disolución de nitrato de plata.
- Se recoge el precipitado formado con los papeles de filtro y se deposita sobre el vidrio de reloj anteriormente utilizado. Todo el sistema (precipitado, vidrio de reloj y papeles de filtro) se seca en la estufa a 100 °C durante una hora. Finalmente, se pesa el citado sistema ya frío. Obtendremos el valor P' [4].

LIMPIEZA DEL MATERIAL Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

El material de vidrio y de porcelana que, a lo largo de la práctica, estuvo en contacto con el carbonato de calcio, se limpia con disolución de HCl, según la reacción: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{ac}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{ac}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

A continuación, se lava con agua del grifo y se enjuaga con agua destilada. El resto de material de vidrio se lava como se hace habitualmente.

Los residuos sólidos y líquidos generados durante la práctica, se recogen en contenedores específicos de los que se dispone en el laboratorio.

CÁLCULOS

Suponiendo que pesamos 4,1 g de cloruro de calcio dihidratado y 10,1 g de carbonato de sodio decahidratado, el número de moles de cada uno de los reactivos sería [5]:

$$- \text{N}^\circ \text{ de moles de } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 4,1 \text{ g } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{147,01 \text{ g } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 0,028 \text{ moles}$$

$$- \text{N}^\circ \text{ de moles de } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 10,1 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}{286,15 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 0,035 \text{ moles}$$

Como quiera que 0,028 moles $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} < 0,035$ moles $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, y siendo la reacción mol a mol, se concluye que el reactivo limitante es el $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y, por consiguiente, el reactivo en exceso sería el $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

$$- \text{Cálculo del rendimiento teórico de la reacción: Masa teórica } \text{CaCO}_3 = 0,028 \text{ mol } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{100,09 \text{ g } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3} = 2,80 \text{ g.}$$

- Determinación del rendimiento real de la reacción: Teniendo en cuenta que P = masa del vidrio de reloj + masa de los papeles de filtro y P' = masa del vidrio de reloj + masa de los papeles de filtro + masa del precipitado de CaCO_3 , P' - P = masa del precipitado de carbonato de calcio obtenido = rendimiento real de la reacción.

$$- \text{Cálculo del \% de rendimiento de una reacción: } \% \text{ de Rendimiento} = \frac{(P' - P) \text{ g } \text{CaCO}_3}{2,80 \text{ g } \text{CaCO}_3} \cdot 100$$

CUESTIONES A RESOLVER POR LOS ESTUDIANTES AL FINALIZAR LA PRÁCTICA

Con la finalidad de verificar si el alumnado ha entendido y asimilado los conocimientos presentados, éste deberá resolver unas cuestiones sencillas, relacionadas con la práctica, propuestas por el profesorado.

- ¿A que es debida la turbidez observada y la formación de un sólido insoluble al mezclar las disoluciones de cloruro de calcio y de carbonato de sodio?
- ¿Por qué es necesario lavar abundantemente con agua destilada el precipitado de carbonato de calcio obtenido?
- Indique los diferentes motivos por los que el rendimiento real es siempre inferior al rendimiento teórico del producto.

ASPECTOS QUÍMICOS A DESTACAR EN ESTA PRÁCTICA

En lo que respecta a la **Química General**, la realización de esta práctica conlleva el empleo de los conceptos de: reactivo limitante, reactivo en exceso, rendimiento teórico, rendimiento real y porcentaje de rendimiento, en una reacción química. Asimismo, se utiliza la operación básica de laboratorio filtración, con el fin de llevar a cabo la separación del precipitado formado (carbonato de calcio) de la disolución madre en la que se ha originado.

En cuanto a la **Química Inorgánica**, la reacción de precipitación principal de la práctica, permite la obtención de un compuesto inorgánico (carbonato de calcio sólido), además de cloruro de sodio disuelto. Las reacciones, en las que se forma un sólido o precipitado y se separa de la disolución de origen, constituyen uno de los tipos más comunes de las denominadas reacciones de metátesis, que son aquellas en las cuales dos compuestos reaccionan para formar otros dos nuevos compuestos sin que se produzcan cambios en los números de oxidación de ninguna especie.[6]. Por otra parte, debe ponerse de manifiesto la gran importancia del carbonato de calcio, no solo por su uso en el laboratorio, sino por su aplicación como materia prima en la industria siderúrgica, metalúrgica, de la construcción, etc.

En lo que respecta a la **Química Analítica**, se menciona que el precipitado obtenido debe lavarse con abundante agua destilada con el fin de eliminar la sal (NaCl) que pueda haberse adherido al mismo. El proceso se controla mediante la adición de gotas de disolución de nitrato de plata al líquido que sale del embudo Büchner, produciéndose la reacción entre los iones cloruro y de plata para formar un precipitado de cloruro de plata [7]. Dicha reacción permite identificar los iones cloruro en los ensayos cualitativos. Asimismo, se menciona la limpieza del material de vidrio y de porcelana que ha estado en contacto con el carbonato de calcio a lo largo del experimento. Es algo similar a lo que ocurre en una de las etapas de la marcha analítica de reconocimiento de iones, en la que se plantea la necesidad de disolver un precipitado formado para poder pasar a la siguiente etapa de la marcha. Si observamos la reacción que se produce durante la limpieza del material, esta es también de metátesis y en ella el ácido fuerte (HCl) desplaza al ácido débil (carbónico) de su sal, dando lugar a la sal del ácido fuerte y al ácido débil que son solubles en agua.

En lo que se refiere a la **Química Analítica cuantitativa**, se debe hacer mención expresa al manejo de la balanza (granataria o analítica de precisión, según el caso) para la pesada inicial de los reactivos (cloruro de calcio y carbonato de sodio) y para la pesada final del carbonato de calcio [8].

Referencias

- [1] Guía docente de la asignatura Química de los Grados en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Escola Politécnica de Enxeñaría, Universidade da Coruña. Curso 2022-23.
- [2] Programa de la asignatura Química de los Grados en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Escola Politécnica de Enxeñaría, Universidade da Coruña. Curso 2022-23.
- [3] Experimentos de Química. Aplicaciones a la Vida Cotidiana. F. Vinagre (Eds.), Calamonte, Filarias, 2006.
- [4] Experimentación en Química General. I Capella (Eds.), Madrid, Thomson Editores Spain-Paraninfo, S. A., 2006.
- [5] Química (12ª Edición). M. Rocha (Eds.), Madrid, McGraw-Hill Education, 2017.
- [6] Química (10ª Edición). A. Vega (Eds.), México, Cengage Learning Editores, S. A. de C. V., 2015.
- [7] Química Analítica Cualitativa (18ª Edición, 5ª impresión). C. M. de la Fuente (Eds.), Madrid, Thomson Editores Spain-Paraninfo, S. A., 2008.
- [8] Fundamentos de Química Analítica (9ª Edición). A. Vega (Eds.), México, Cengage Learning Editores, S. A. de C. V., 2015.

