



UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE



Artículo de Investigación / Research Article

MONOCRISTALES Y CONGLOMERADOS DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE

SINGLE CRYSTALS AND CONGLOMERATES OF COPPER SULFATE CRYSTALS

Correspondencia

Jorge Sáez
jsaez@iaemaristas.cl
Instituto Alonso de Ercilla
Santiago

Autores

Sofía Vásquez
Instituto Alonso de Ercilla
Santiago

Docente Guía

Jorge Sáez
Instituto Alonso de Ercilla
Santiago

Evaluador

Diego Vasco
Universidad de Santiago de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i2.106>

Artículo Recibido: 25 de Octubre, 2021
Artículo Aceptado: 10 de mayo, 2022
Artículo Publicado: 30 de diciembre, 2022



Resumen

En las soluciones sobresaturadas la solución contiene más soluto disuelto del que puede disolverse. El soluto al separarse de la solución forma los cristales. El objetivo fue generar monocristales y conglomerados de cristales a partir de soluciones sobresaturadas de sulfato de cobre. La hipótesis fue que se generarán monocristales y conglomerados de cristales a partir de soluciones sobresaturadas de sulfato de cobre. La metodología consistió en: mezclar agua destilada con sulfato de cobre. Posteriormente, la solución se calentó hasta 80°C hasta disolver el soluto. Por último, se filtró, enfrió y midió temperatura y pH. Los resultados muestran la formación de monocristal de sulfato de cobre de una masa de 10 gramos al día 13. A su vez, al día 34 de seguimiento, se obtienen un conglomerado de cristales de sulfato de cobre con una masa de 143 gramos. En conclusión, se comprobó la hipótesis. Hubo monocristales y conglomerados de cristales a partir de soluciones sobresaturadas, controlando pH, temperatura y concentración del soluto.

Palabras clave: Solubilidad; Solución sobresaturada; Sulfato de cobre.

Abstract

In supersaturated solutions, the solution contains more dissolved solute than can be dissolved. When the solute separates from the solution, it forms crystals. The objective was to generate single crystals and crystal conglomerates from supersaturated solutions of copper sulfate. The hypothesis was that single crystals and crystal conglomerates will be generated from supersaturated solutions of copper sulfate. The methodology consisted of mixing distilled water with copper sulfate. Subsequently, the solution was heated to 80°C until the solute dissolved. Finally, it was filtered, cooled and temperature and pH were measured. The results show the formation of single crystals of copper sulfate with a mass of 10 grams on day 13. In turn, on day 34 of monitoring, a conglomerate of copper sulfate crystals with a mass of 143 grams is obtained. In conclusion, the hypothesis was verified. There were monocystals and conglomerates of crystals from supersaturated solutions, controlling pH, temperature, and solute concentration.

Keywords: Solubility; Supersaturated solution; Copper sulphate

El Proyecto participó en:

* Feria Científica Escolar Crecimiento Cristalino 2021.
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso



Introducción

A nivel mundial, la producción y exportación del cobre tiene un rol fundamental para el crecimiento de algunas economías. La minería del cobre contribuye significativamente al ingreso de algunos países, a crear oportunidades laborales y empresariales y, en definitiva, al desarrollo del país. El cobre tiene un extenso campo de aplicaciones en la industria eléctrica, la construcción, en el rubro automotriz, el transporte, la industria química, la industria alimentaria, la salud y la fabricación de armamentos, entre otras (Donoso, 2013).

La solubilidad es la capacidad de ciertas sustancias para disolverse en otras, es decir, es la máxima cantidad de un soluto que puede disolverse en una cantidad dada de un solvente a una temperatura determinada. Por ejemplo, la sal puede disolverse en el agua, en cambio, el aceite no (EcuRed, 2021).

Hay disoluciones insaturadas que son aquellas en que la cantidad de soluto disuelto es menor que el necesario para alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada. Las disoluciones saturadas son aquellas que contienen justo la máxima cantidad de soluto que puede disolver el disolvente y las disoluciones sobresaturadas son las que contienen más soluto del que puede disolver el disolvente y a este tipo de disoluciones apunta la formación de cristales (Pontificia Universidad Católica, 2022).

La Teoría de cristalización consiste en dos etapas, la primera es la nucleación, en la cual se forma el cristal, y la segunda corresponde al crecimiento del cristal. Las moléculas del soluto entran en contacto y forman aglomeraciones, algunas de éstas adicionan más moléculas

de soluto y comienzan a crecer, mientras que otras se desprenden y vuelven a su situación de moléculas individuales. El crecimiento de las aglomeraciones las transforma en cristales que continúan absorbiendo moléculas de soluto de la solución. Este tipo de nucleación se llama nucleación homogénea o primaria (quimicafacil.net, 2021; textoscientíficos.com, 2021). Esta teoría se relaciona con la solubilidad, ya que la fuerza impulsora de las etapas de nucleación y crecimiento es la sobresaturación de la disolución. Las disoluciones sobresaturadas son las que contienen más soluto del que puede disolver el disolvente, quedando soluto que no alcanza a disolver (Ministerio de Educación, 2018).

Es importante mencionar que ambas etapas (nucleación y crecimiento) se dan solo en disoluciones sobresaturadas, por lo tanto, no tendrán lugar en soluciones saturadas o insaturadas (textoscientíficos.com, 2021).

Hipótesis

Se generarán monocristales y conglomerados de cristales (variable dependiente) a partir de soluciones sobresaturadas de sulfato de cobre controlando el pH, la temperatura y la concentración del soluto (variables independientes).

Objetivo General

Generar monocristales y conglomerados de cristales a partir de una disolución sobresaturada de sulfato de cobre.



Objetivos Específicos

1. Realizar la sobresaturación de una disolución formada por sulfato de cobre y agua destilada.
2. Observar los cambios de la disolución en relación a la formación de cristales.

Metodología

1. Materiales y procedimiento de monocristal y conglomerado

1.1 Materiales

En la Figura N° 1, se presentan los materiales utilizados en el proyecto.

- 100 gramos de sulfato de cobre
- 200 mL de agua destilada
- Placa de Petri
- Vaso precipitado
- Balanza
- Embudo de filtración
- Mezclador magnético
- Probeta
- Varilla agitadora
- Termómetro
- Papel filtro
- Recipiente de vidrio
- Hilo plástico
- Papel pH

1.2 Procedimiento

A continuación, se explica paso a paso el método para obtener el monocristal y conglomerado:

- a) Agregar 200 mL de agua destilada en un vaso precipitado
- b) Pesar 100 gramos de sulfato de cobre y añadir al agua destilada
- c) Poner mezcla a calentar, hasta 60-80°C
- d) Revolver hasta que el sulfato de cobre esté completamente mezclado con el agua destilada y se haya disuelto por completo. Aproximadamente 80°C
- e) Usar papel filtro para filtrar la mezcla caliente en probeta y así evitar impurezas
- f) Enfriar e incorporar la mezcla a un recipiente más pequeño
- g) Medir temperatura y pH
- h) Agregar el cristal previamente formado
- i) Ubicar en un lugar fresco y seco
- j) Registrar masa cada 3 días

Resultados

En la Tabla N° 1, se observan los resultados de medición de temperatura, pH y masa del monocristal de sulfato de cobre desde el día 1 al 13. La temperatura de la solución a la cual se agregó el sulfato fue entre 60°C y 62°C. La temperatura de ebullición en la que disolvió el soluto fue 81°C a 84°C y la temperatura a la cual se agregó el cristal formado fue entre 21°C y 23°C. El pH se mantuvo constante en 4 y la masa del monocristal alcanzó los 10 gramos al día 13.



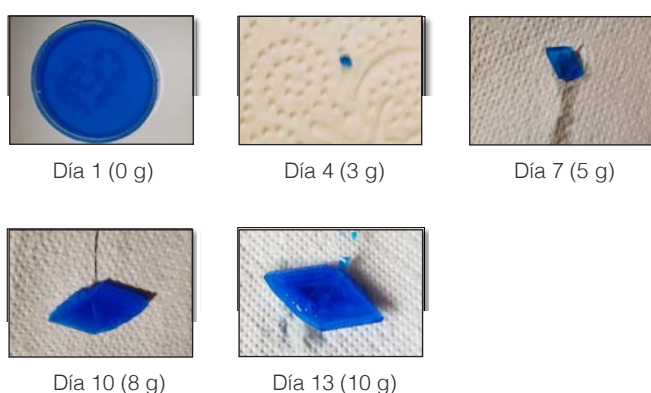
Figura N° 1. Materiales



Monocristal de Sulfato de Cobre					
Días	1	4	7	10	13
Temperatura disolución (°C)	60	62	62	61	
Temperatura ebullición (°C)	82	81	84	83	
Temperatura cristal (°C)	21	22	21	23	
pH	4	4	4	4	
Masa (g)	0	3	5	8	10

Tabla N° 1. Medición de temperatura, pH y masa del monocristal de sulfato de cobre desde el día 1 al 13.

A continuación, en la Figura N° 2, se muestran las masas del monocristal desde el día 1 al 13:



En la Tabla N° 2, se presentan los resultados de medición de temperatura, pH y masa del conglomerado de cristales del sulfato de cobre desde el día 1 al 34. La temperatura de la solución a la cual se agregó el sulfato fue entre 60°C y 65°C. La temperatura de ebullición en la que disolvió el soluto fue 81°C a 85°C y la temperatura a la cual se agregó el cristal formado fue entre 20°C y 23°C. El pH se mantuvo constante en 4 y la masa del conglomerado de cristal alcanzó los 143 gramos al día 34.

Figura N° 2. Masas de monocristal de sulfato de cobre del día 1 al 13.

Conglomerado de Sulfato de Cobre												
Días	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34
Temperatura disolución (°C)	61	63	62	60	63	64	64	65	62	61	63	
Temperatura ebullición (°C)	81	82	82	83	84	81	82	83	84	85	81	
Temperatura cristal (°C)	21	22	22	23	20	22	21	22	21	21	22	
pH	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Masa (g)	0	4	6	9	11	20	26	58	84	119	128	143

Tabla N° 2. Medición de temperatura, pH y masa del conglomerado de cristal de sulfato de cobre desde el día 1 al 34.

Posteriormente, en la Figura N° 3, se muestran las masas del conglomerado de cristal desde el día 1 al 34.

Discusión

En esta investigación se generaron monocristales y conglomerados de cristales desde una solución sobresaturada de sulfato de cobre. En el caso del monocristal, la masa alcanzó 10 gramos al día 13, posteriormente, se inició la formación de conglomerados de cristales alrededor del monocristal. Una posible explicación, se relaciona con que los sistemas sobresaturados como fue en este caso, son inestables. Por lo tanto, todo el exceso de soluto disuelto precipita, transformándose

en un sistema heterogéneo formado por una solución saturada en contacto con cristales de soluto, formando una gran cantidad de cristales microscópicos que crecen rápidamente de manera imperfecta. Para formar cristales grandes y más perfectos, el solvente de la solución se debe dejar evaporar lentamente. El control de la cristalización radica en la velocidad de evaporación: una evaporación demasiado rápida, provocará la formación de un gran número de cristales muy pequeños, mientras que una evaporación lenta producirá el efecto contrario (Brown *et al.*, 2004).

En paralelo con el monocristal se generó un conglomerado de cristales que obtuvo un peso de 143 gramos



al día 34. Cuando los niveles de sobresaturación son extremadamente altos, los cristales en crecimiento son tan numerosos que se fijan de manera indiscriminada sobre las caras de los cristales. Esto tiene como resultado que dichas caras se vuelvan extremadamente rugosas y dejen de ser planas. De esta manera, las caras pierden su identidad y el crecimiento de los cristales depende más de la geometría del aporte de unidades de crecimiento que de las restricciones estructurales impuestas por dichos cristales. Cuando esto sucede, los cristales muestran morfologías redondeadas o dendríticas, como por ejemplo, las que presentan los conglomerados de cristales. Este tipo de mecanismo de crecimiento se denomina difusivo o continuo y es característico de condiciones muy alejadas del equilibrio (Martínez, 2014).

Tanto en el monocristal como en el conglomerado de cristales se usó una temperatura de cristalización (enfriamiento) de 20-23°C y un pH 4. Debido a que la temperatura influye en la formación y crecimiento de los cristales, se trató de controlar esta variable para que no afectara el proceso de cristalización. La temperatura es la principal variable en la cristalización debido a que este factor modifica la solubilidad de los solutos sólidos y gaseosos, no es el caso para líquidos debido a que su alteración se da hasta que haya miscibilidad entre sí (Brown *et al.*, 2004; Melo y Ochoa, 2021). Ante lo anteriormente expuesto, es necesario controlar estas variables porque cada una de ellas altera y afecta el proceso de cristalización.

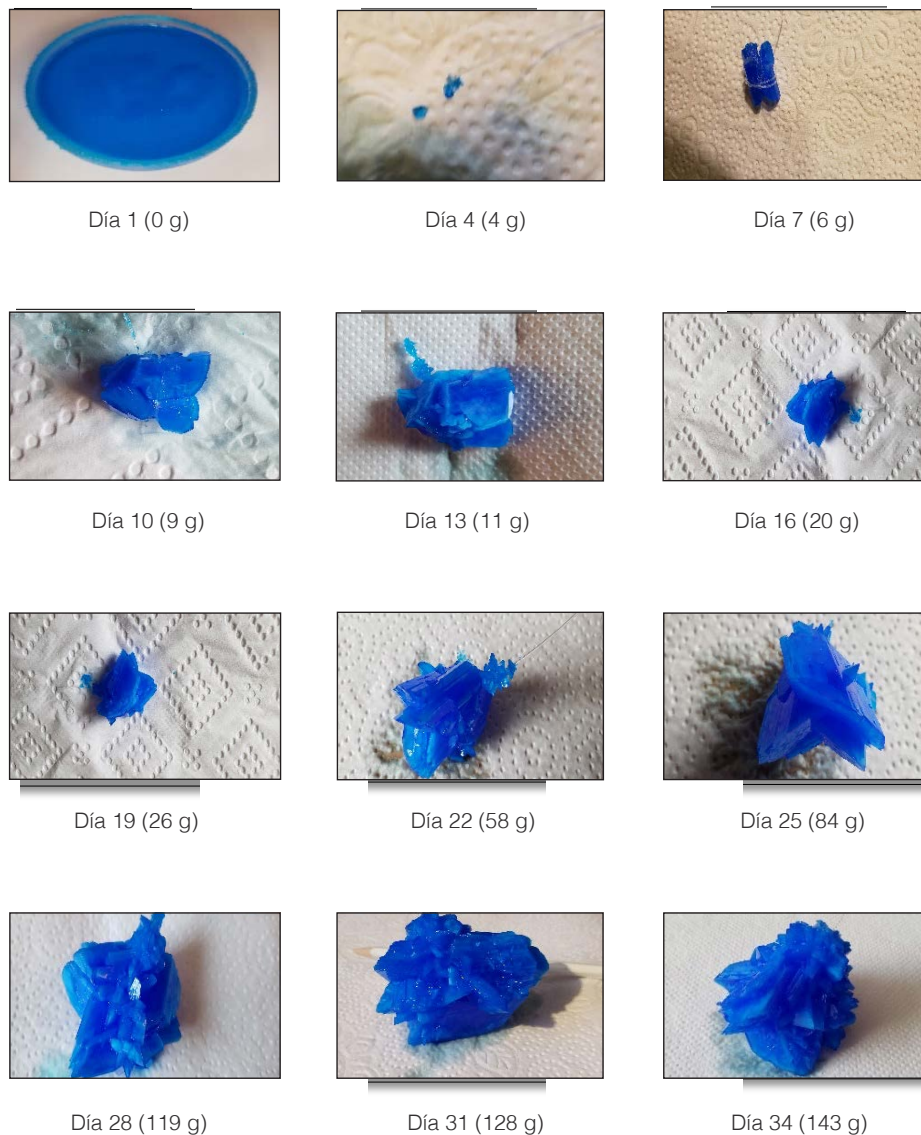


Figura N° 3. Masas de conglomerados de cristales de sulfato de cobre del día 1 al 34.



Conclusión

En esta investigación se generaron monocristales y conglomerados de cristales a partir de soluciones sobresaturadas de sulfato de cobre controlando temperatura, pH y la concentración del soluto. El monocristal alcanzó un peso de 10 gramos en las dos primeras semanas. Luego, en sus caras se desarrollaron pequeños cristales asociado a la temperatura de enfriamiento. En el caso del conglomerado de cristales se obtuvo una masa de 143 gramos al día 34. Este último, es un cristal más fácil de formar porque no se afectó por la temperatura de enfriamiento. Este proyecto de investigación demuestra que la sobresaturación es el factor para provocar la cristalización. Experiencia que pudimos comprobar y vivenciar. Resultó muy enriquecedora y gratificante para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Bibliografía

Brown T, LeMay H, Bursten B, Burdge J. 2004. Química: La ciencia central. Pearson educación. 9na. Edición, USA.

Donoso M. 2013. El mercado del cobre a nivel mundial: evolución, riesgos, características y potencialidades futuras. *Ingeniare* 21: 248-261. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000200008>

EcuRed. 2021. Cristal. <https://www.ecured.cu/Cristal>

Martínez C. 2014. Los fundamentos de la Cristalografía: una reseña histórica. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 4: 294-302.

Melo D, Ochoa N. 2021. Diagnóstico del proceso de cristalización del sulfato de cobre pentahidratado mediante revisión bibliográfica. Tesis, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.

Moreno F. 2018. Apuntes, escritos y ensayos científicos. <http://www.escriitoscientificos.es/trab1a20/sulfato.htm>

Ministerio de Educación. 2018. Unidad 1. Disoluciones. Texto del estudiante Química. Segundo Medio, Ediciones SM, Santiago, Chile.

Pontificia Universidad Católica. 2022. Las disoluciones. http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/cra/quimica/NM2/RQ2D101.pdf

Quimicafacil.net. 2021. <https://quimicafacil.net/tecnicas-de-laboratorio/teoria-de-la-cristalizacion/>

Textos científicos.com. 2021. <https://www.textoscienificos.com/quimica/cristales/teoria-cristalizacion>.

