

Cristalografía en la Escuela

Materiales para el Concurso de Cristalización en la Escuela

por

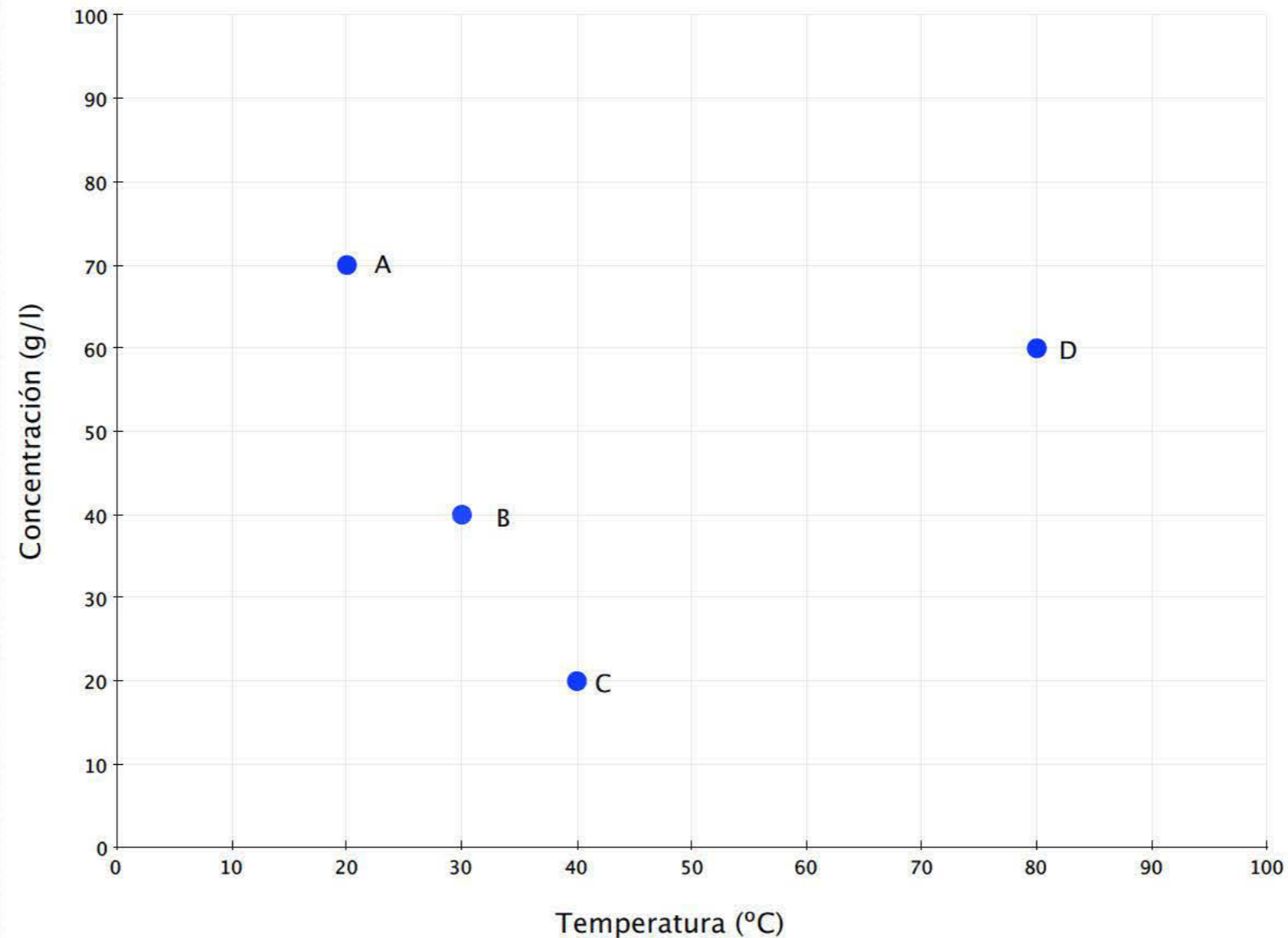
Juan Manuel García-Ruiz

Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

La curva de solubilidad

La curva de solubilidad

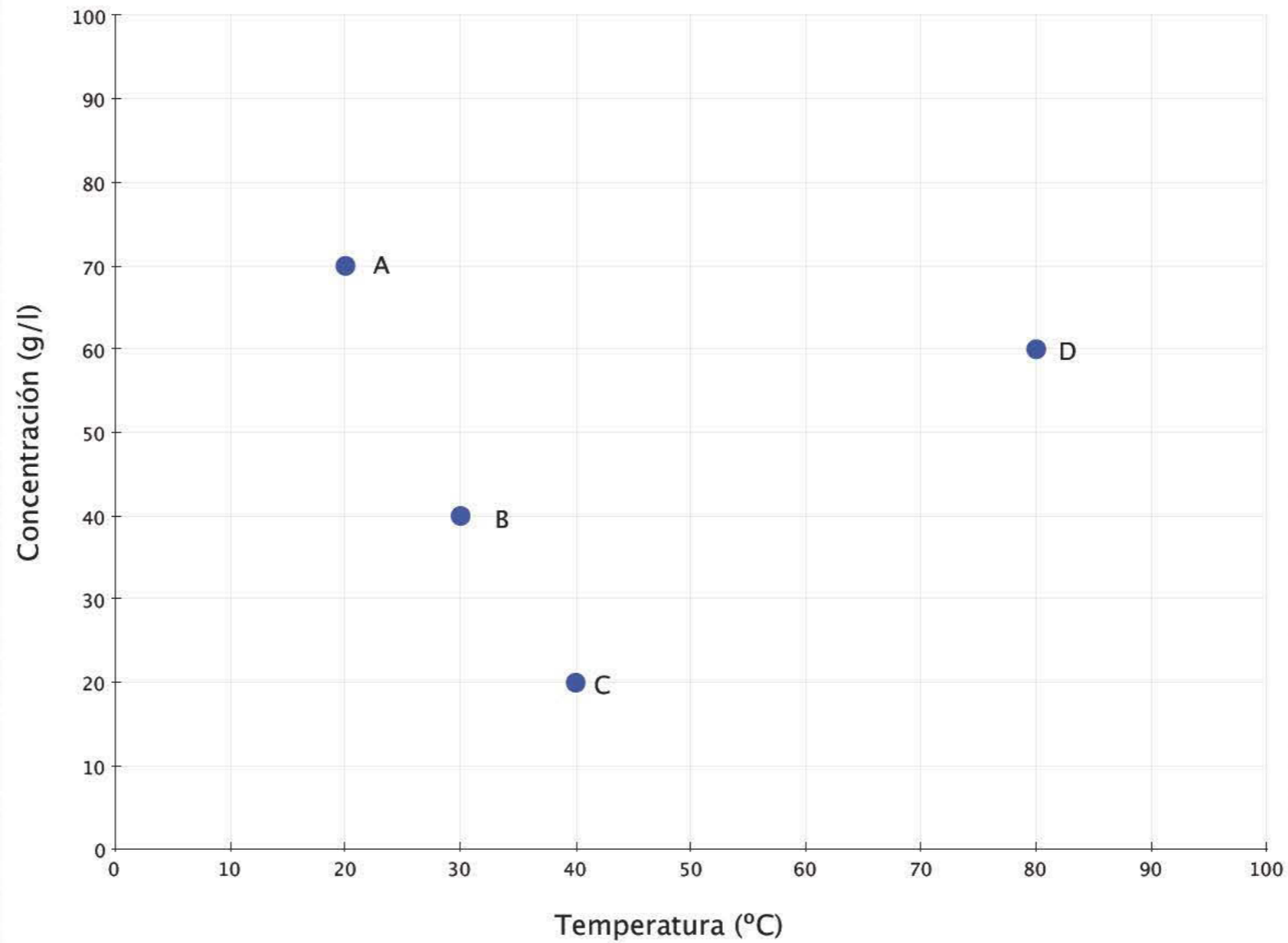
Un diagrama de solubilidad es un diagrama de tipo X-Y en el que se pueden representar la concentración de una disolución en función de la temperatura (o de cualquier otra variable de la que dependa la solubilidad de un compuesto). Habitualmente se representa la concentración de la disolución en el eje Y de ordenadas y la temperatura en el eje X de abscisas. Es importante reflejar las unidades de ambas magnitudes, por ejemplo gramos por 100 cc o gramos por litro para las concentraciones y grados Celsius o grados Kelvin para las temperaturas.



Por ejemplo, la disolución A es una disolución que contiene 70 gramos de soluto por litro de disolvente y está a una temperatura de 20 °Celsius.

Ejercicio

- 1) Describe las disoluciones B, C y D.
- 2) Sitúa en el gráfico las disoluciones:
 - E) 10 gramos por litro a 20 °C
 - F) 60 gramos por litro a 70 °C
- 3) ¿Cual de todas las disoluciones está más concentrada?
- 4) ¿Cual de todas las disoluciones está a mayor temperatura?



Concentración de equilibrio = Concentración de saturación = solubilidad

Se dice que una disolución está saturada cuando contiene la máxima cantidad de soluto disuelto posible en una dada cantidad de solvente, es decir cuando no puede contener más soluto, cuando no que cabe más soluto del que ya tiene. A esa concentración de las disoluciones saturadas se le llama también concentración de saturación o concentración de equilibrio. Se suele representar como C_e o más exactamente como $C_e(t)$ porque la solubilidad de una disolución depende de la temperatura.

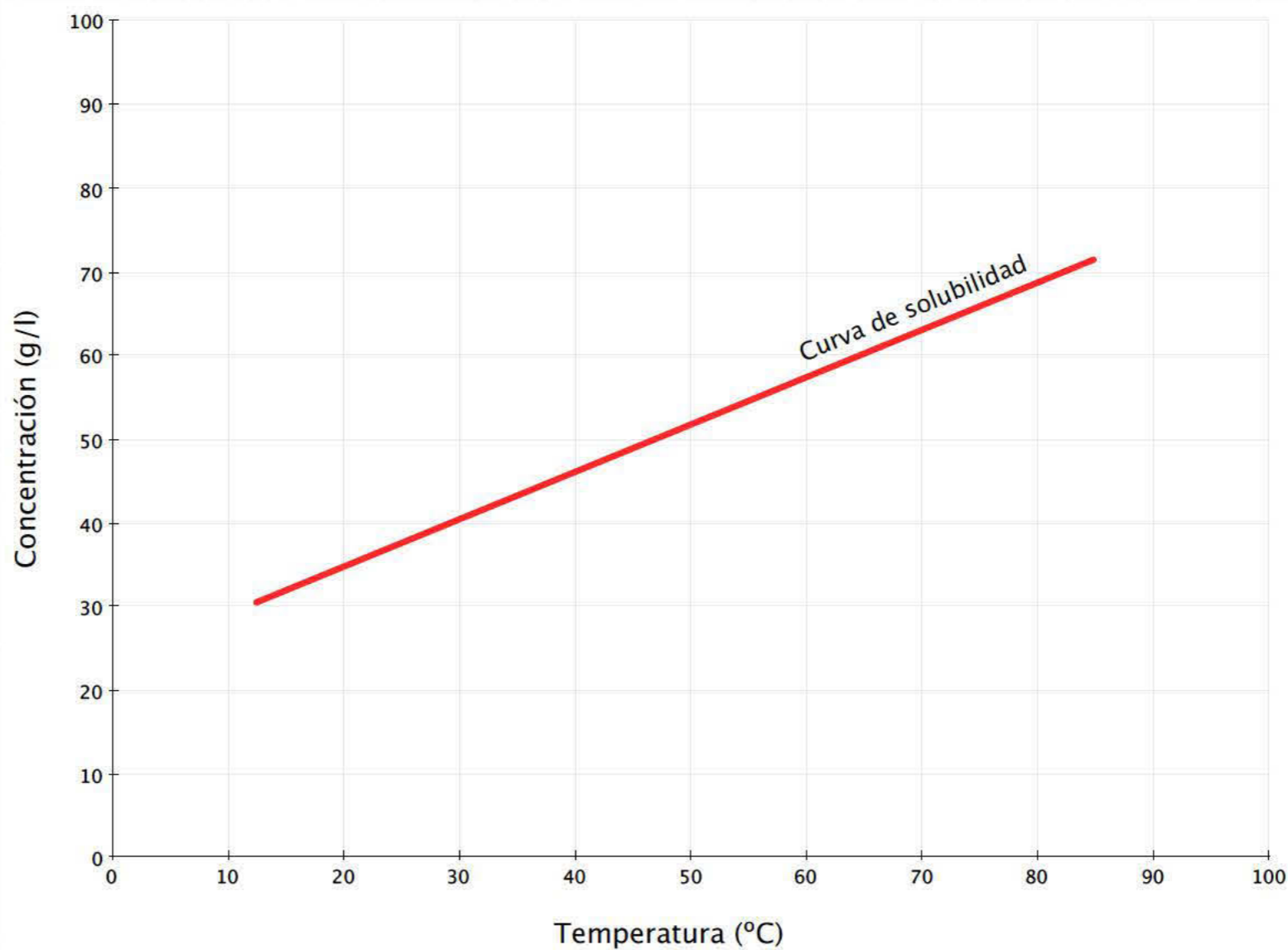
El azúcar se disuelve mas y más pronto en caliente que en frio. Por eso, al hacer un cafe con hielo disolvemos antes el azúcar en el cafe caliente y después lo echamos sobre el hielo. Si lo hiciéramos al revés, enfriando con el hielo el café y después disolviendo el azúcar nos tomaríamos el café amargo, porque tardaría mucho en disolverse.

¿Cómo se prepara una disolución saturada?

Muy fácil. Vamos a preparar una disolución de una substancia, por ejemplo de azúcar, en agua. El azúcar es el soluto (lo que se disuelve) y el agua es el solvente (lo que disuelve al soluto). Bueno, así es como se dice correctamente pero pero lo importante es entenderse. Lo que tenemos que hacer es poner en un recipiente una cantidad de agua cualquiera y echar azúcar en el recipiente y ayudar a que se disuelva agitando con una cuchara o algo parecido. Si vemos que se disuelve todo echamos más y más y más. Hasta que observamos que por mucho que agitemos siempre queda azúcar en el fondo del vaso. Dejamos que repose y que se sedimente, que se deposite en el fondo del vaso todo el azúcar que queda sin disolver. La disolución que queda arriba (se dice disolución sobrenadante, que nada sobre el solido que está abajo) está saturada en azúcar. No le cabe más.

Recuerda, esa disolución está saturada para la temperatura de la habitación en la que hayas hecho el experimento.

En un diagrama de solubilidad, la curva de solubilidad es el conjunto de todos los puntos en los que la concentración de la disolución es igual a la concentración de equilibrio o solubilidad. Así de un vistazo podemos tener claro cómo varía la solubilidad con la temperatura.



Por ejemplo, la curva de solubilidad de este diagrama nos dice que la solubilidad de la sustancia aumenta claramente con la temperatura. Se dice que la solubilidad varía positivamente con la temperatura.

¿Cómo se hace una curva de solubilidad?

También es relativamente fácil. Necesitamos una estufa para controlar la temperatura. Lo único que tenemos que hacer es preparar unas pocas disoluciones saturadas a distintas temperaturas, como se indica en la página 5. Si la curva de solubilidad es una recta con tres puntos tenemos suficiente, pero habitualmente la curva de solubilidad no suele ser una recta por lo que conviene hacer cuatro o cinco puntos, es decir cuatro o cinco disoluciones saturadas a cuatro o cinco diferentes temperaturas.

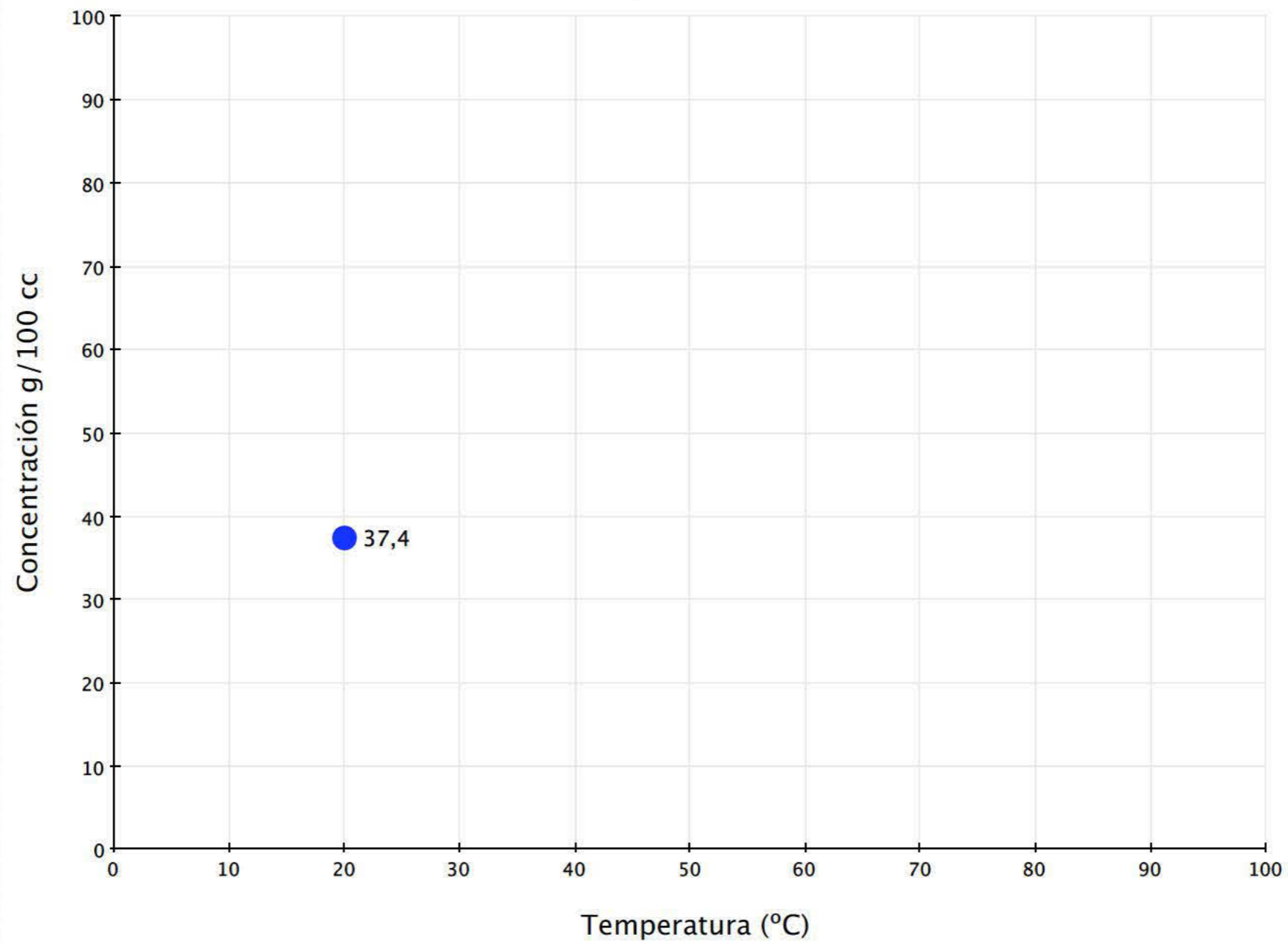
Una de ellas podría ser la temperatura de nuestro laboratorio, claro. Pero ojo, conviene dejar que la disolución se sedimente durante varias horas para que no quede ningún resto de soluto aunque sea muy pequeño. Por lo tanto, se tapa la disolución y se deja reposar la disolución durante una hora en las que no varíe mucho la temperatura. O mejor, dejarla en una estufa que mantenga la temperatura controlada, por ejemplo, a 20°C.

Una vez que se ha dejado sedimentar durante una hora, la disolución sobrenadante está perfectamente saturada. Pero para representarla como un punto en el diagrama de solubilidad necesitamos saber los valores de X y de Y, es decir de concentración y temperatura. ¿Cómo medimos la concentración de la disolución saturada? Debemos seguir los siguientes pasos:

¿Cómo se hace una curva de solubilidad?

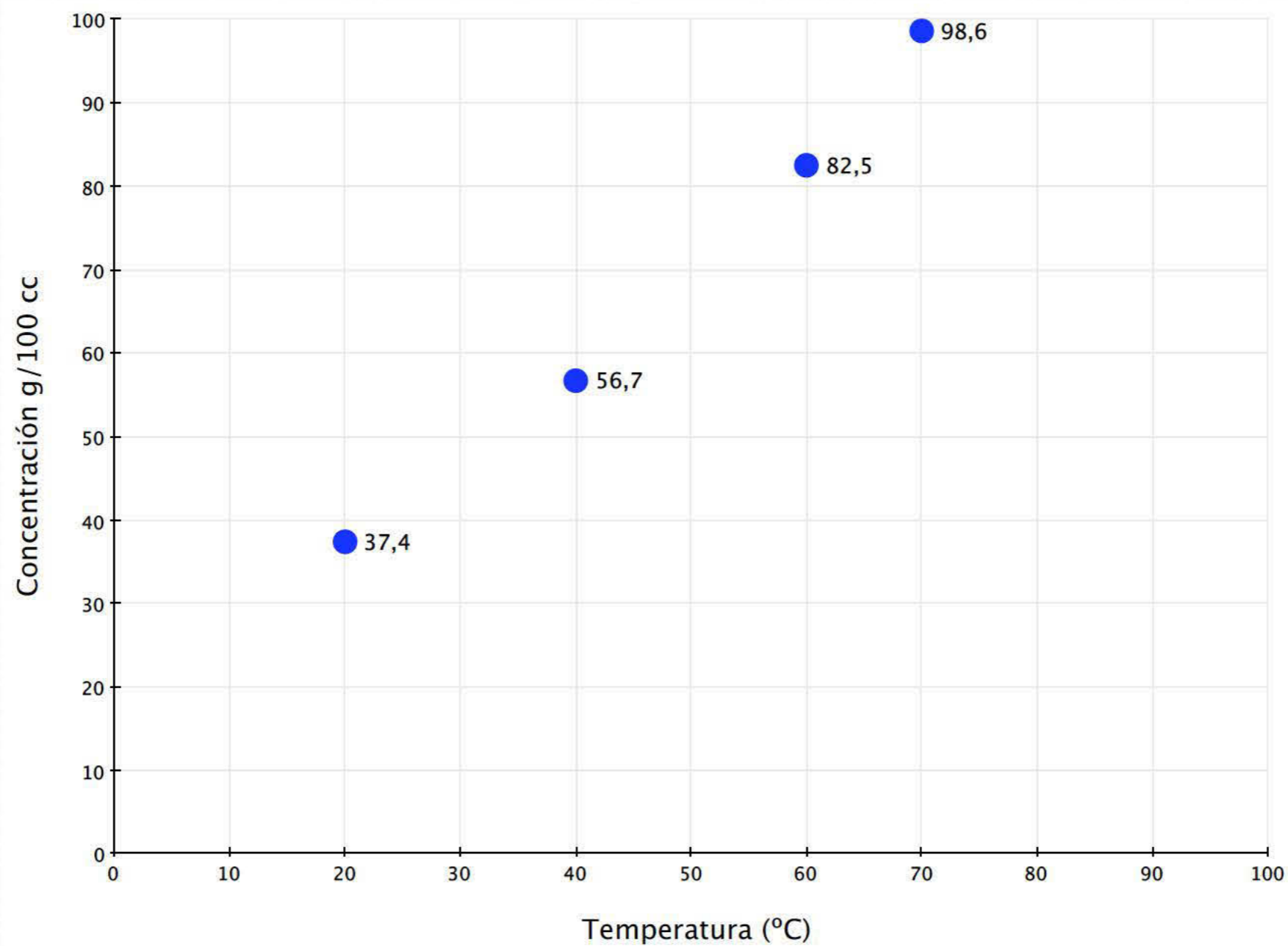
1. Necesitamos un pequeño recipiente de vidrio, por ejemplo un vidrio de reloj, una placa Petri pequeña, etc...
2. Pesamos el recipiente de vidrio con la mayor precisión posible. Llamamos a ese dato por ejemplo P_0 es decir el peso inicial del vidrio
3. Sacamos la disolución de la estufa Extraemos cuidadosamente con una pipeta un mililitro (un centímetro cúbico) de la zona intermedia de la disolución sobrenadante, con cuidado de no tocar el sólido sedimentado, de no revolver el sólido.
4. Echamos el mililitro de la disolución sobrenadante en el pequeño recipiente de vidrio.
5. Dejamos evaporar la disolución en el recipiente de vidrio hasta total sequedad en un ambiente seco cubierta ligeramente para que no le caigan motas de polvo o partículas sólidas.
6. Cuando todo el agua de la disolución se ha evaporado entonces volvemos a pesar con la misma precisión el recipiente de vidrio con el resto sólido. Llamamos a este valor P_1 .
7. Es evidente que la diferencia entre P_1 y P_0 es la cantidad de soluto $x = P_1 - P_0$ que contenía el milímetro cúbico de la disolución. Si lo hemos medido en miligramos entonces sabemos que la concentración de la disolución saturada a 20°C es de x miligramos por mililitro, $x \text{ mg/mL}$. esa es la solubilidad de nuestra
8. Por cierto, las solubilidades se expresan habitualmente en gramos (g) por 100 centímetros cúbicos (cc). Así que si multiplicamos el x medido por 100 y lo expresamos en gramos, ya podemos representar nuestro punto. Pongamos que haya sido 37.4 gramos por 100 cc de agua.

¡ Ya tenemos el primer punto !

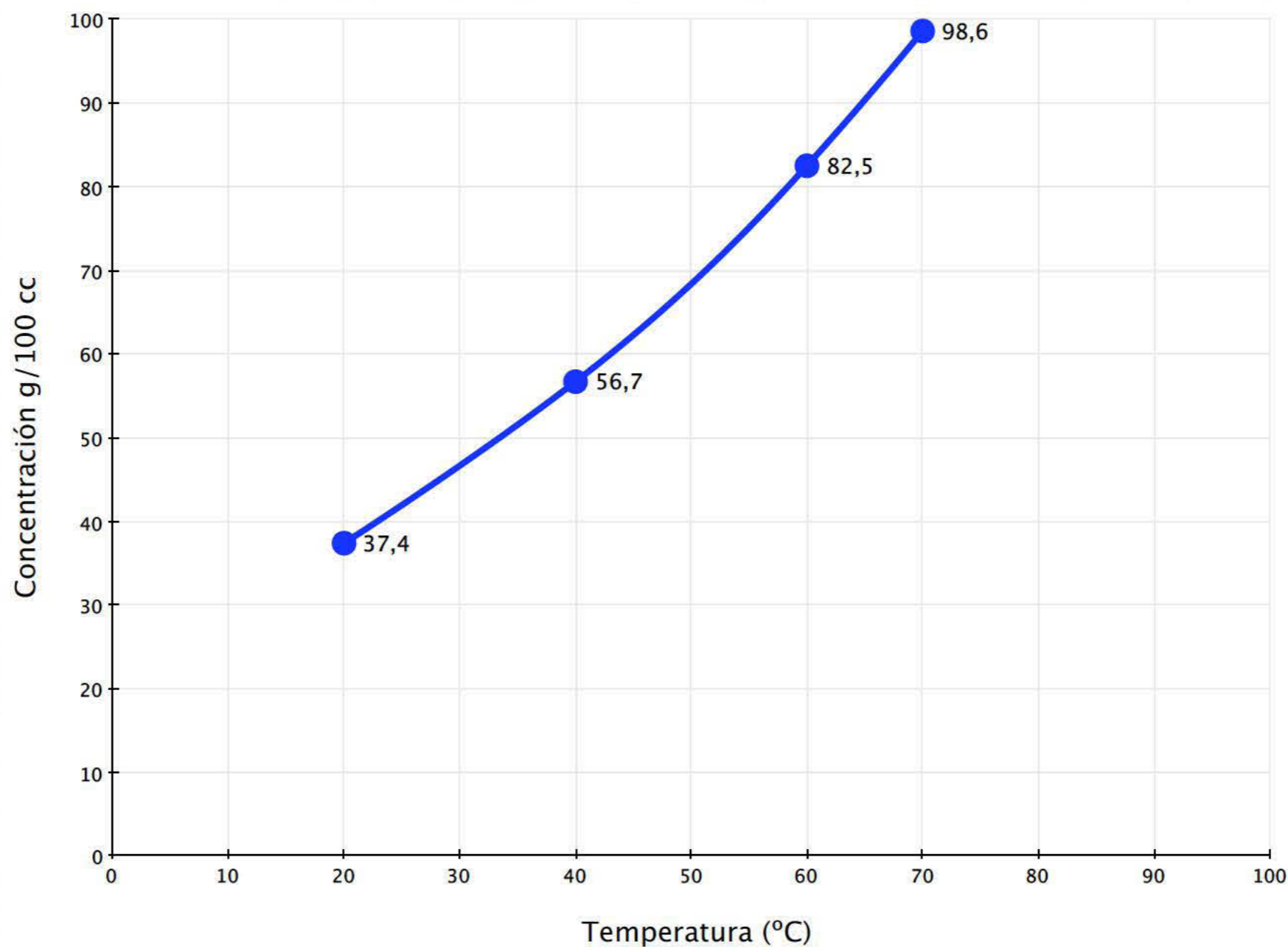


¡ Vamos a por los otros !

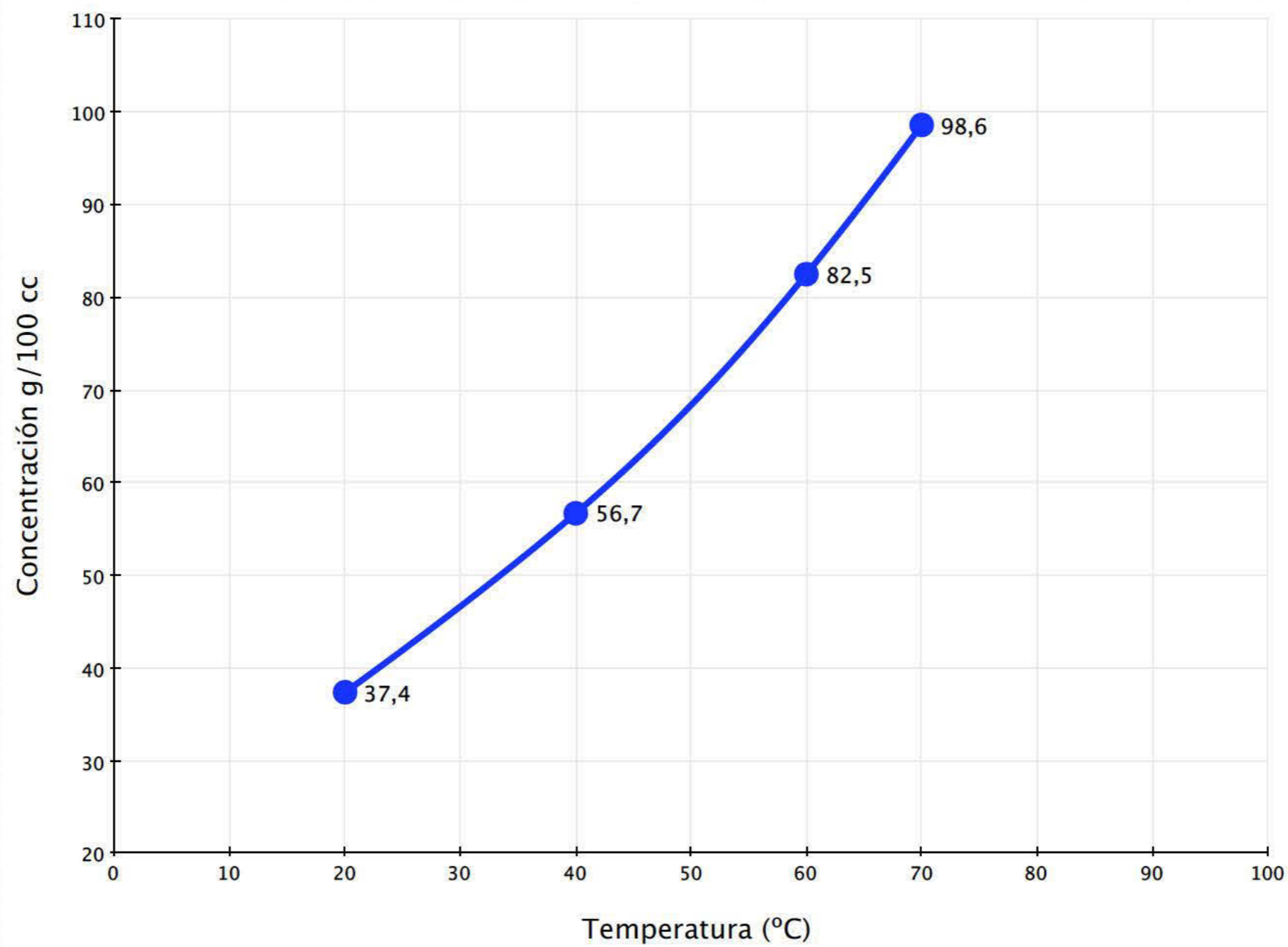
Pero antes, algunos consejos. Ahora hay que hacer la misma operación a temperaturas mas altas, por ejemplo a 40°C, a 60°C y a 80°C. Lo primero que hemos de hacer es seleccionar la temperatura de la estufa a la temperatura del experimento que queremos hacer. Por ejemplo, a 40 °C. Bien, entonces disolvemos nuestra substancia calentando el agua a 40°C o a una temperatura algo superior, usando una placa calentadora u otra fuente de calor. Echamos y echamos nuestra substancia agitando continuamente hasta que quede sólido en la parte inferior. Agitamos durante unos minutos mas para que entre en contacto la substancia con todo el agua del recipiente. Una vez, bien agitada, tapamos y colocamos el recipiente en la estufa. Dejamos que sedimente por una horas, o incluso un dia a la temperatura de 40 °C. Después seguimos el protocolo de la página 8. Lo podemos hacer completo a temperatura ambiente. Así conseguiremos los valores de las disoluciones saturadas a 40°C, a 60°C y a 80°C. Veamos como queda.



Ya está. Vamos a hacer un ajuste de los puntos a una línea curva



Ahora con esta curva podemos conocer la solubilidad no solo a las cuatro temperaturas medidas sino a cualquier otra temperatura. Quizás conviene reajustar un poco los ejes para que quede la curva más centrada. Cuestión de estética tan solo.



Ya está

Las solubilidades de muchas sustancias solubles en agua en función de la temperatura se conocen bien. Se tienen datos en algunos casos con mucha precisión. Puedes buscar datos razonablemente precisos en wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Solubility_table

Ejercicio

Dibujar en un mismo gráfico la curva de solubilidad del cloruro sódico, del dicromato potásico, sulfato alumínico y del carbonato de litio.



Ejercicio

La curva que he utilizado para esta aplicación es la del fosfato monoamónico, una de las sustancias que vamos a cristalizar en nuestro concurso. Pero ojo, la sustancia que estamos utilizando es un fosfato monoamónico de baja pureza por lo que la solubilidad real no va a ser la misma. Así que manos a la obra: dibujar experimentalmente la curva de solubilidad del fosfato monoamónico que usamos en el concurso

Dudas y sugerencias a:
juanma.garciaruiz@gmail.com

© Todos los derechos Juan Manuel García Ruiz