

Aprendizaje de concentración de disoluciones: ¿cómo razonan los estudiantes con el concepto de concentración en g/L?

Nayla Traiman Schroh, Andrés Raviolo y Andrea Farré
Universidad Nacional de Río Negro. Bariloche.

Resumen

El presente trabajo muestra resultados preliminares de la aplicación de un instrumento que indaga relaciones lógico-matemáticas implicadas en el concepto de concentración, utilizando la unidad de concentración g/L. Forma parte de las tareas realizadas en una investigación más amplia que incluye la aplicación de varios instrumentos, entrevistas e implicaciones para la enseñanza.

Introducción

El concepto concentración de disoluciones es un tema inicial en los programas de química universitarios, por lo que su aprendizaje resulta relevante como concepto básico de química. Sin embargo, se encuentran pocas investigaciones centradas en el aprendizaje de este concepto, a pesar de evidenciarse que las dificultades en su comprensión perduran incluso en el nivel universitario (de Berg, 2012; Pinarbasi y Canpolat, 2003).

Existen investigaciones que se centran en aspectos como el razonamiento proporcional y la comprensión de propiedades intensivas y extensivas (Ramful y Narod, 2014; Stavy, 1981; Stavy y Tirosh, 1996), tanto en niños como en estudiantes universitarios. Estos aspectos serían cruciales para la comprensión del concepto concentración de disoluciones y para la resolución de problemas que lo aplican.

Dificultades conceptuales con la concentración de disoluciones

Para entender el concepto de concentración se debe comprender que se trata de una propiedad intensiva de la disolución lo cual no resulta sencillo para muchos estudiantes. Si, por ejemplo, se retira un poco de la misma, lo que queda sigue teniendo la misma concentración; si se agrega agua a la solución la concentración disminuye; si se agrega soluto a la solución la concentración aumenta. Estas relaciones se establecen admitiendo una variable constante: (a) la concentración es directamente proporcional a la cantidad de soluto si el volumen de disolución permanece constante, y (b) la concentración es inversamente proporcional al volumen de la disolución si la cantidad de soluto permanece constante.

La concentración en g/L es una medida de la cantidad de soluto (gramos de soluto) en cada volumen de disolución (litro de disolución). La concentración C puede expresarse con la fórmula: $C=m/V$. El análisis lógico matemático de esta ecuación se plantea en el siguiente cuadro:

$C \cdot V = m$	k: constante de proporcionalidad		
Si C es cte:	a mayor V , mayor m	a menor m , V menor	$V \cdot k = m$
Si V es cte:	a mayor C , mayor m	a menor m , C menor	$C \cdot k = m$
Si m es cte:	a mayor C , menor V	a menor V , C mayor	$C \cdot V = k$

Cuadro 1. Desarrollo lógico matemático del concepto concentración con las unidades g/L

Comprender el concepto de concentración implicaría establecer las relaciones adecuadas entre estas tres variables y demandaría poner en juego razonamientos que involucran el control de variables y la proporcionalidad, en un contexto químico, no familiar a los estudiantes.

Objetivo

Indagar los razonamientos que estudiantes universitarios ponen en juego al resolver problemas de concentración de disoluciones y las dificultades que existen en la comprensión de dicho concepto.

Metodología

Se confeccionó el cuestionario "Razonando con concentración en gramos por litros" (Cuadro 2), que indaga las relaciones entre las variables presentadas en el Cuadro 1. Durante la administración de este instrumento, se indica a los estudiantes que deben resolverlo sin calculadora y sin realizar cálculos en la hoja.

En este estudio participaron 52 estudiantes de química general de primer año de dos universidades de la ciudad de San Carlos de Bariloche. Estos alumnos pertenecen a tres carreras: Licenciatura en Biología (U. N. Comahue), y Profesorado de Física y de Química (U. N. Río Negro). Estos estudiantes habían recibido la misma enseñanza con el mismo profesor, consistente en clases teóricas, de resolución de problemas, prácticas de laboratorio y evaluaciones que incluyeron el tema concentración de disoluciones.

Luego se llevó a cabo entrevistas a 18 estudiantes voluntarios que habían obtenido un promedio similar que el total de la muestra. Se empleó la técnica de resolución de las cuestiones en voz alta.

Razonando con concentración en gramos por litro	
1) ¿Cuál de las siguientes disoluciones de concentración 2,0 g/L tiene mayor cantidad de gramos de soluto?	a. 300 mL b. 500 mL c. 100 mL
2) ¿Cuál de las siguientes disoluciones 1,5 g/L ocupa un volumen menor?	a. tiene 0,10 gramos de soluto b. tiene 0,50 gramos de soluto c. tiene 0,25 gramos de soluto
3) ¿Cuál de las siguientes disoluciones tiene mayor cantidad de gramos de soluto, si se cuenta con 800 mL de cada una?	a. 0,10 g/L b. 0,20 g/L c. 0,40 g/L
4) ¿Cuál de las siguientes disoluciones tiene menor concentración, si se cuenta con 500 mL de cada una?	a. tiene 1,0 gramos de soluto b. tiene 0,25 gramos de soluto c. tiene 0,50 gramos de soluto
5) ¿Cuál de las siguientes disoluciones tiene mayor concentración, si en todas hay 0,10 gramos de soluto?	a. 100 mL b. 300 mL c. 500 mL
6) ¿Cuál de las siguientes disoluciones ocupa un volumen menor, si en todas hay 0,20 gramos de soluto?	a. 0,80 g/L b. 1,0 g/L c. 1,4 g/L

Cuadro 2. Cuestionario Razonando con Concentración en Gramos por Litro

Resultados y discusión

De un total de 6 puntos máximo, el promedio general fue de 4,1. Los resultados obtenidos y el porcentaje de respuestas correctas se presentan en la tabla:

Tabla 1. Resultados obtenidos

Ítem	1	2	3	4	5	6
Respuestas correctas (%)	65,4	73,1	84,6	80,8	84,6	25,0

La principal confusión se presentó en el ítem 6, correspondiente a un razonamiento de proporcionalidad inversa: a masa de soluto constante, la disolución de mayor concentración ocupará un volumen menor. El 63,5 % eligió la opción opuesta, que la solución de menor concentración ocupa el menor volumen. Solo un 11,5% eligió la intermedia, lo que evidencia que se puso en juego un razonamiento específico y no es producto de una elección al azar. Este resultado también se precia en el ítem 1, el segundo ítem con resultados más bajos, en este caso la opción opuesta la eligió el 32,7 % y la intermedia solo el 1,9%.

Cabe preguntarse a qué se debe la notable diferencia obtenida entre los ítems 5 (84,6%) e ítem 6 (25,0%) si ambos requerían razonamientos de proporcionalidad inversa. En el ítem 5 el sujeto considera, o visualiza, la masa de soluto en distintos volúmenes y arriba a la respuesta correcta, que a menor volumen mayor concentración. En cambio, en el ítem 6, debe considerar la masa de soluto en distintas concentraciones, es decir la relación entre m y m/V y arribar a la conclusión de que a mayor concentración menor volumen. En el ítem 5 se arriba a una relación de proporcionalidad inversa a partir de dos variables extensivas; en cambio, en el ítem 6 se debe arribar a esta relación de proporcionalidad inversa a partir de una variable extensiva y una variable intensiva (una razón). Esto generaría una mayor carga cognitiva y una visible perturbación en los estudiantes cuando se enfrentan a este ítem del cuestionario.

En la resolución del ítem 5, la mayoría de los estudiantes entrevistados respondieron correctamente estableciendo las relaciones entre las variables en juego, por ejemplo: "Si en todas estoy diluyendo la misma cantidad de soluto, la que tiene menor volumen va a ser la que tiene mayor grado de concentración" (A4)

En cambio, del análisis de las entrevistas sobre el ítem 6, sólo 7 estudiantes pudieron independizarse los números del ejercicio y establecer relaciones correctas entre las variables involucradas, aunque 4 de ellos dudaron en algún momento de la entrevista en cambiar a la opción opuesta.

Varios entrevistados razonaron considerando a la concentración como una variable extensiva. Para ellos la palabra *menor* (volumen) en la pregunta conducía al menor valor (concentración) en la respuesta (7 estudiantes):

"Yo tomé la menor por... deduciendo lo que decía la consigna, para buscar el menor" (A3)

"Si todas están en 0,2g de soluto tenés que buscar cuál es la que ocupa un volumen menor. Entonces yo supuse que 0,8g/L es la menor, el menor volumen" (A18)

Se evidenció también que 2 estudiantes establecieron una relación aditiva en los volúmenes de los componentes de la solución, para responder la pregunta, mostrando una inadecuada comprensión de las unidades y las magnitudes implicadas:

"En todas hay 0,2g de soluto y para que ocupe un volumen menor voy a necesitar menor cantidad de solvente" (A9)

"Si yo agarro 0,20g de sal y lo echo en 0,8 va a ser el que ocupe volumen menor que si pongo esto (señala 0,20g) en 1,4, va a tener más volumen" (A12)

También durante la resolución del ítem 6, una de las estudiantes manifestó:

"O sea que los gramos de soluto no cambian, lo que cambia es el volumen de la solución [...] Me confundo, porque si se dice cuál de las siguientes disoluciones ocupa un volumen menor, en todas tienes 0,20g de soluto... y acá ¿por qué sale gramos por litro?" (A2)

Las entrevistas traslucen una inadecuada comprensión de la pregunta 6 que puede deberse tanto a la falta de comprensión de las unidades y magnitudes implicadas como al no reconocimiento de la concentración como propiedad intensiva de la solución.

Conclusiones

Si bien la principal confusión se presentó en el ítem 6, correspondiente a un razonamiento de proporcionalidad inversa, comprender y aplicar el concepto de concentración en este caso va más allá del dominio de este razonamiento. Demanda razonar con una propiedad intensiva que vincula dos propiedades extensivas estableciendo un control de variables, es decir, relacionar dos de las variables admitiendo la tercera constante en situaciones que requieren contar con un conocimiento sobre la naturaleza de las disoluciones acuosas y sobre la naturaleza de las variables involucradas.

Bibliografía

- de Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 8-16.
- Pinarbasi, T. y Canpolat, N. (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 80(11), 1328-1332.
- Ramful, A., y Narod, F. (2014). Proportional reasoning in the learning of chemistry: levels of complexity. *Mathematics Education Research Journal*, 26, 25-46.
- Stavy, R. (1981). Teaching inverse functions via the concentrations of salt water solution. *Archives de Psychologie*, 49, 267-287.
- Stavy, R., y Tirosh, D. (1996). Intuitive rules in science and mathematics: the case of "more of A-more of B". *International Journal of Science Education*, 18(6), 653-667.