

¿CÓMO SE PUEDE FAVORECER UNA BUENA COMPRENSIÓN DE LA CANTIDAD DE SUSTANCIA Y EL MOL EN UNA CLASE DE BACHILLERATO?

AZCONA¹, R.; FURIÓ², C.; INTXAUSTI³, S. y IRIZAR¹, M.T.

¹ Instituto de Enseñanza Secundaria 'Talaia'. Hondarribia (Guipúzcoa).

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.

³ Colegio Alemán 'San Alberto Magno'. San Sebastián.

Palabras clave. Investigación orientada; Bachillerato; Diseño didáctico; "Cantidad de sustancia"; Mol.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata del diseño y desarrollo de una investigación en el aula sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de 'cantidad de sustancia' y de mol. Las dificultades de aprendizaje en torno al concepto de mol han sido puestas de manifiesto de forma reiterada por la investigación didáctica en las últimas décadas (Furió et al. 2000), llegándose a afirmar que probablemente el concepto de mol es el más importante para los estudiantes de Química en la Educación Secundaria y que su comprensión es requisito necesario para poder resolver correctamente problemas de estequiometría.

El objetivo fundamental de este trabajo consiste en presentar el diseño y desarrollo de un programa de actividades que tiene en cuenta las componentes conceptual, epistemológica, y axiológica del aprendizaje y analizar en qué medida ayuda a superar las dificultades de los estudiantes en los conceptos de 'cantidad de sustancia' y de mol. Las estrategias de enseñanza que se utilizan se enmarcan dentro de una orientación constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje (Gil et al. 2002) y, en concreto, del modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada (Furió 2001). Este modelo ya ha sido experimentado con bastante éxito en la enseñanza de otros conceptos científicos complejos como, por ejemplo, las reacciones ácido-base, el campo eléctrico o la conservación de la energía.

¿QUÉ SIGNIFICA TENER UNA BUENA COMPRENSIÓN DE LOS CONCEPTOS DE 'CANTIDAD DE SUSTANCIA' Y DE MOL?

A continuación presentamos, los indicadores seleccionados que pueden facilitar la comprensión de estos conceptos en estudiantes de Química de Bachillerato (16-18 años) (Mills et al. 1993, Furió et al 2000) y orientarán la evaluación de los logros de aprendizaje:

1. Saber valorar el interés que representa resolver el problema macroscópico de las proporciones de masa o de volumen con que se combinan las sustancias químicas con el fin de obtener nuevas sustancias (cálculos estequiométricos) por las implicaciones sociales y tecnológicas que tiene.
2. Comprender que la introducción del concepto 'cantidad de sustancia' va a aportar una solución general a los cálculos estequiométricos en las reacciones químicas.
3. Saber analizar una situación problemática estequiométrica en el marco de la teoría atómico-molecular

hasta precisar el problema. Se puede tratar como problema sencillo el cómo obtener en la práctica la fórmula química de un compuesto binario.

4. Comprender que la solución hipotética al problema de las cantidades de átomos de los elementos que están combinados en las partículas de un compuesto (fórmula química) o al, más general, de las que interaccionan en una reacción química, va a depender de las masas de combinación, **m**, de las sustancias reaccionantes y de las masas de sus respectivas partículas o entidades, **Mr** (masa atómica, molecular o masa fórmula).
5. Comprender la necesidad de introducir una nueva magnitud macroscópica a la que llamamos 'cantidad de sustancia', **n**, con la que se pueden contar cantidades muy grandes de entidades. Esta nueva magnitud se puede medir de modo asequible a partir de la masa o el volumen de las sustancias.
6. Convenir como caso más sencillo de masas de las distintas sustancias que contienen la unidad de cantidad de sustancia, el 'mol', aquellas en las que la masa en gramos de cada sustancia coincida con el valor de la masa relativa de su correspondiente entidad. A estas masas las llamaremos 'masas molares', **M**, de las sustancias (g/mol). De acuerdo con esto se comprende que una primera definición general de **n** relacionada con **m** sea: $n = m \text{ (g)} / M \text{ (g/mol)}$.
7. Finalmente, se ha de saber que para comprender la definición general que relacione **n** con la cantidad de entidades, **N**, hay que introducir previamente la constante de Avogadro, **L**, como la cantidad de entidades que se han medido por los científicos en la masa (o el volumen) molar y cuyo valor es 6.023×10^{23} entidades / mol, de donde: $n = N \text{ (entidades)} / L \text{ (entidades/mol)}$.
8. Saber definir el mol como unidad de 'cantidad de sustancia' según la I.U.P.A.C., poniendo énfasis en la necesidad de especificar la entidad que se va a contabilizar macroscópicamente y saber diferenciarlo de la masa molar, del volumen molar y de la constante de Avogadro.
9. Comprender la nueva magnitud, 'cantidad de sustancia', implica saber diferenciarla de la masa, del volumen y, también, de la cantidad de partículas en cualquier cálculo estequiométrico y saber aplicarla en muy variadas situaciones de interés. Estas aplicaciones tendrán como objetivo introducir relaciones CTSA que fomenten actitudes responsables en los estudiantes hacia el desarrollo tecnocientífico.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA INTRODUCIR LA MAGNITUD 'CANTIDAD DE SUSTANCIA' Y SU UNIDAD 'EL MOL'

En el Congreso se presentarán varios aspectos relativos al programa de actividades elaborado para introducir la magnitud 'cantidad de sustancia' y su unidad el mol a nivel de Bachillerato (16-17 años). Se incluirán los objetivos y actividades del programa, el desarrollo en el aula del programa de actividades y la tutorización del profesorado que lo aplicó en varios Centros.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EVALUAR EL APRENDIZAJE LOGRADO POR LOS ESTUDIANTES

La versión del programa de actividades que aquí presentamos se aplicó en 8 grupos experimentales de estudiantes de 16-17 años de Física y Química de 1º de Bachillerato de varios Centros. Las muestras de estudiantes de control estuvo formada por 6 clases de Física y Química de 1º de Bachillerato.

Una de las características principales del modelo de enseñanza-aprendizaje antes mencionado es la interdependencia de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. El aprendizaje de los estudiantes será significativo en la medida que su forma de identificar y analizar contextos donde se aplican determinados conceptos se aproxime a la de los científicos. Así pues, para mostrar plausibilidad y posibilidades de la enseñanza realizada será necesario constatar al mismo tiempo las mejoras en los contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales logrados en el aprendizaje. Para ello se han diseñado tres tipos de pruebas. El primer diseño tiene como objetivo comparar el aprendizaje significativo de la magnitud 'cantidad de sustancia' logrado por estudiantes de grupos experimentales y de control.

El segundo diseño tiene como objetivo profundizar en los razonamientos (conocimiento explicativo) de los estudiantes al resolver las situaciones problemáticas referidas en el diseño anterior. Se realizaron entrevistas individuales a 10 estudiantes de las clases experimentales, que fueron grabadas en cinta magnetofónica y transcritas posteriormente.

El tercer diseño trata de evaluar las actitudes de los estudiantes que han seguido la nueva propuesta de enseñanza hacia el aprendizaje de la Química.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En una de las pruebas del primer diseño se plantea como objetivo evaluar el aprendizaje significativo de los conceptos de 'cantidad de sustancia' y mol al tratar de determinar la fórmula empírica de un compuesto. Los resultados promedios obtenidos al evaluar las respuestas dadas por los estudiantes ponen de manifiesto diferencias significativas en las respuestas correctas obtenidas (para los grupos experimentales en torno al 70 % y para los grupos de control en torno al 48 %).

En otra prueba se presenta una tarea semicuantitativa, no rutinaria y de especial dificultad, sobre los conceptos considerados. En ella los estudiantes han de comparar el número de moléculas y las 'cantidades de sustancia' de dos gases contenidos en sendos recipientes a las mismas condiciones de presión y temperatura. Los resultados logrados muestran de nuevo diferencias significativas entre los grupos experimentales y los de control (en torno al 53 % y 15 % de respuestas correctas, respectivamente).

El análisis de las pruebas planteadas en el segundo diseño pone de manifiesto cuales son las estrategias utilizadas por los estudiantes en la resolución de las tareas del diseño anterior. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto diferencias significativas a favor de la muestra del grupo experimental respecto al empleo de una estrategia de resolución que implique la utilización de la magnitud 'cantidad de sustancia' (en torno al 71 % y al 24 % respectivamente).

Los resultados obtenidos en todas las pruebas planteadas serán presentados con detalle en el Congreso.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos parecen poner de manifiesto que los estudiantes debidamente orientados en un contexto de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada son capaces de utilizar con comprensión conceptos de alto nivel de dificultad como los tratados. Los estudiantes de los grupos experimentales, además de resolver satisfactoriamente ejercicios estequiométricos, utilizan estrategias de resolución en las que manejan de modo significativo la magnitud 'cantidad de sustancia', al contrario de lo que ocurre con la mayoría de los estudiantes de control, poniéndose de manifiesto, tal y como refiere Schmidt (1994), que la resolución correcta de ejercicios estequiométricos no implica necesariamente que los estudiantes dominen los conceptos implicados. Así mismo, los estudiantes experimentales muestran una actitud positiva hacia los conceptos tratados y la forma de trabajarlos en clase, siendo un aspecto a mejorar la promoción de un mayor interés por los contenidos y la consideración de sus opiniones al comienzo de programa.

BIBLIOGRAFÍA

- FURIÓ, C. (2001). La enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación: un modelo emergente. En Guisasola, J. y Pérez de Eulate, L.. Eds. *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada*. (Bilbao: Universidad del País Vasco).
- FURIÓ, C., AZCONA, R., GUIASOLA, J. y RATCLIFFE, M. (2000). Difficulties in teaching the concepts of 'amount of substance' and mole. *International Journal of Science Education*, 22 (12), pp. 1285-1304.

- GIL, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA DE CARVALHO, A., MARTINEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMÁS-CARRÉ, A., TRICÁRICO, H. y GALLEGU, R. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, pp. 557-571.
- MILLS, I.M., CVITAS, T., HOMANN, K, KALLAY, N. y KUCHITSU, K. (1993). I.U.P.A.C. *Quantities, units and symbols in physical chemistry*. (Oxford: Blackwell).
- SCHMIDT, H. J. (1994). Stoichiometry problem solving in high school Chemistry. *International Journal of Science Education*, 16 (2), pp. 191-200.