

DIFICULTADES DETECTADAS EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE DISOLUCIONES

Héctor Odetti*, María I. Vera**, Graciela Montiel***

Resumen

Esta investigación se origina al observar el elevado número de alumnos de primer año de carreras químicas en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE, Argentina), que fracasan en las evaluaciones referidas a la resolución de problemas sobre disoluciones. Como consecuencia de dicha observación, se propuso hacer un seguimiento para detectar si esta dificultad persiste como un obstáculo a lo largo del cursado de las carreras, considerando que este contenido es tratado en diversas asignaturas de las currículas vigentes en FaCENA. Se planteó un mismo problema sobre disoluciones a alumnos de inicio, mitad y final de carrera con la finalidad de identificar las dificultades que surgían en su resolución.

Se han podido detectar los errores más comunes de los alumnos que obran como *obstáculos epistemológicos* impidiéndoles resolver satisfactoriamente problemas de disoluciones en Química, ya que persisten en diferentes etapas de la carrera.

Palabras claves: Dificultades, obstáculos epistemológicos, disoluciones, resolución, problemas

Abstract

This research starts when we noticed a high number chemistry first year students at Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura Faculty (FaCENA) at Universidad Nacional del Nordeste (UNNE, Argentine) that fail in their exams solving water solution problems.

As a result we challenged ourselves to go on examining if this fact persists as an obstacle along the different courses of the careers, given that this subject is studied in several classes of the present syllabus in FaCENA.

The same task was given to beginner, junior and senior students to identify the difficulties that appear in their resolution.

We have been able to detect the most common student mistakes which act as epistemological obstacles blocking the correct problem resolution up in dissolution chemistry problems because they maintain it in different steps of the career.

Key words: difficulties, epistemological obstacles, dissolutions, resolution, problems.

* Cátedra de Química Inorgánica. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. UNL. Ciudad Universitaria. CC242- Paraje El Pozo. (3000) Santa Fe. Argentina. hodetti@fbcn.unl.edu.ar

** Área de Química General. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE. Av. Libertad 5460. (3400) Corrientes. Argentina. marileg@exa.unne.edu.ar

*** Área de Química General. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE. Av. Libertad 5460. (3400) Corrientes. Argentina. Gmontiel55@yahoo.com.ar

Introducción

La comprensión del enunciado de un problema requiere siempre la asimilación de la nueva información a esquemas de conocimientos ya disponibles. Para que el alumno reconozca una situación problemática es preciso que active algún conocimiento que pueda relacionar con el enunciado que se le ha presentado. Asimismo la comprensión de un problema cuantitativo está determinada tanto por la estructura lingüística del enunciado, como por los conocimientos conceptuales implicados (Pozo et al., 1997).

Las diferentes redacciones que puede adoptar un mismo problema, constituyen un factor significativo en los resultados obtenidos. Se han encontrado dificultades relacionadas con la extensión total o con las diversas frases, con la complejidad gramatical, con el vocabulario utilizado, etc. Los cambios de una sola palabra, pueden dificultar la apropiación del problema por el estudiante, así como lo hacen la estructura de las frases, o el uso de formas negativas. Es posible comprobar o refutar esto, presentando un mismo problema de diferentes formas (Sánchez Jiménez, 1995).

La efectividad en la resolución de un problema, no sólo depende de los conocimientos básicos, sino también de un procedimiento adecuado que incluye la redescipción del problema original, de forma tal de facilitar la búsqueda de una solución. Para que el conocimiento que posee el alumno le sirva para resolver problemas exitosamente, debe haber sido aprendido significativamente. Han de aprenderse además determinadas habilidades y estrategias, entrenar a los alumnos a relacionar conceptos, interpretar y resolver problemas (Lee, 1996).

Jiménez y col. (Jiménez et al., 2003) definen la argumentación en ciencias, en forma genérica, como “la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes”. En el caso de resolución de situaciones problemáticas en ciencias, la argumentación se da a través de la justificación de resultados.

Las limitaciones que presentan los alumnos en el proceso de construcción de los conceptos científicos se pueden explicar con base en las propuestas de Gastón Bachelard en relación con los obstáculos epistemológicos que la Historia de las Ciencias ha debido superar a lo largo de muchos siglos y que todavía hoy permanecen vigentes a nivel del proceso de enseñanza de las ciencias (Bachelard, 1974).

Cada tipo de problema suele requerir estrategias de solución distintas, así como técnicas de recogida y análisis de información diferentes. Los alumnos

tienden a resolver los problemas relacionados con las ciencias como si fueran problemas matemáticos. El contenido conceptual queda relegado en beneficio de la formalización, el alumno busca un dato exacto y considera resuelto el problema cuando obtiene ese dato, sin preguntarse después por su significado. Así puede alcanzar sin inmutarse resultados imposibles. Si bien este esquema de razonamiento puede pertenecer a algunos pocos individuos, se dice que estamos en presencia de un obstáculo epistemológico cuando el mismo se encuentra más generalizado, extendiéndose dentro de una comunidad o incluso toda una cultura (Bohorquez et al., 2003).

Este problema no es ajeno a otras realidades universitarias, de donde surge la necesidad de entender las causas que lo originan para poder encontrar metodologías más eficaces y así lograr aprendizajes más significativos (Gómez Moliné et al., 2002).

Esta investigación se origina al observar el elevado número de alumnos de primer año de carreras químicas en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE, Argentina) que fracasan en las evaluaciones referidas a la resolución de problemas sobre disoluciones.

Como consecuencia de dicha observación, se propusieron los siguientes objetivos:

Identificar errores más comunes que obran como obstáculos, ocasionando el fracaso en dichas evaluaciones.

Hacer un seguimiento para detectar si estas dificultades persisten a lo largo del cursado de las carreras, teniendo en cuenta que este contenido es desarrollado en diversas asignaturas de los currículos vigentes en FaCENA.

Analizar la capacidad de interpretación y argumentación de resultados obtenidos.

Metodología

El estudio se llevó a cabo a partir del análisis de las respuestas dadas al resolver un problema de disoluciones por muestras de estudiantes de inicio, mitad y final de las carreras de química de la FaCENA.

El tema de disoluciones y formas de expresar la concentración de un soluto en una disolución, con niveles de complejidad creciente, es abordado en los cursos de nivelación para ingresantes, en las asignaturas Química General y Química Inorgánica de primer año de la carrera, y en Química Analítica del segundo año. Luego se asume que el conocimiento ha sido incorporado para su

utilización como herramienta en el trabajo de laboratorio del resto de las asignaturas de la carrera.

En primer año se adiestra al alumno siguiendo la tendencia actual de empleo de factores unitarios de conversión, tal como lo sugiere la bibliografía; en los demás niveles si bien se acepta esta forma de resolución, está más arraigado el empleo de regla de tres simple.

El problema seleccionado incluía dos ítems que para ser resueltos hacían necesaria la selección adecuada del dato. La resolución de la situación problemática contemplaba esquemas de razonamientos, cálculos y justificaciones de los resultados para cada ítem. Se esperaba que sobre ellos los estudiantes dieran respuestas argumentadas y comprobadas.

La prueba tuvo duración máxima de una hora, fue voluntaria, individual y anónima, y no se empleó para la evaluación de los estudiantes. En todos los casos se proporcionaron las orientaciones pertinentes y se estuvo con ellos mientras respondían.

Las respuestas al problema se organizaron por medio de redes sistémicas (Bliss, 1983). Se elaboraron redes sistémicas para los ítems a)-2 y b)-2, analizando y organizando las respuestas en función de los “obstáculos” que se consideraron implícitos en las explicaciones de los alumnos. Las redes sistémicas construidas reflejan también los diferentes procedimientos utilizados en la resolución de la situación problemática. Los ítems se clasifican en función de respuestas correctas o respuestas incorrectas, y del tipo de razonamiento empleado.

Situación problemática¹:

Para realizar un trabajo de investigación en el laboratorio se requiere preparar una disolución acuosa que contiene ácido sulfúrico (soluto). Para ello se dispone de una disolución con las siguientes características: concentración de ácido sulfúrico 6,68 mol/L y densidad de la disolución 1,26 g/mL a 25°C.

Calcule:

a) La masa en kilogramos de 1 m³ de dicho ácido sulfúrico.

b) La masa expresada en gramos de ácido sulfúrico que hay en 50 litros de la disolución disponible.

Para cada uno de estos ítems responda las siguientes cuestiones:

1. Explique en palabras la secuencia de pasos que precisa aplicar para obtener la información requerida.
2. Plantee y efectúe los cálculos pertinentes.
3. Justifique por qué el resultado obtenido es el correcto.

Resultados y discusión

La muestra de alumnos de inicio de carrera estuvo representada por 98 alumnos que cursaban Química Inorgánica (primer año); la de mitad de carrera 78 alumnos que cursaban Química Orgánica II (tercer año); y la de final de carrera por 42 alumnos que cursaban Toxicología (quinto año).

Se ha tomado como criterio general el manejo de las *magnitudes físicas densidad y concentración de cantidad de un soluto en una disolución*, por ser propiedades características de una disolución. La estrategia empleada en la resolución de la situación problemática fue incluida como indicador para evaluar el aprendizaje del contenido procedural utilizado en las clases (empleo de factores de conversión o de regla de tres simple).

En la Tabla 1 se presentan resultados de respuestas al ítem a)-2.

Al inicio de carrera el 80% de los alumnos no identificó correctamente el dato a seleccionar, valor que disminuye hasta un 53,85% en mitad de carrera y vuelve a aumentar hasta 61,90% al final de carrera. Entre los que seleccionan bien el dato, utilizan factores unitarios de conversión 7,50% en primer año, 11,54% en tercer año y 9,52% en quinto año; sólo un 14,28% de alumnos de quinto año emplean regla de tres simple; las respuestas incorrectas que se deben a errores en operaciones matemáticas es de 53,79% en la totalidad de la muestra. Es muy importante el porcentaje de alumnos que confunden datos de una disolución con datos de soluto, seleccionando mal el dato (73,75% primer año; 53,85% tercer año y 61,90% quinto año). Este es un obstáculo muy importante tanto en estudiantes como en algunos profesores.

¹ Adaptado de Gómez Moliné et al., 2002. El aporte de los obstáculos epistemológicos.

Red sistémica 1: MASA DE LA DISOLUCIÓN. Pregunta a)-2						
Razonamiento centrado en el concepto de	Densidad (g/mL)	Cálculo correcto	Indicadores	1er. año%	3er. año%	
			Emplean factores de conversión	7,50	11,54	
		Cálculo incorrecto	Emplean fórmulas matemáticas	-	3,85	
			Emplean regla de tres simple	-	-	
	Concentración de cantidad (mol/L)	Cálculo incorrecto	Total resultados correctos	7,50	15,39	
			Cometen errores en operaciones matemáticas	8,75	30,77	
			Total resultados incorrectos	8,75	30,76	
	Total selección correcta de dato			16,25	46,15	
	Total selección incorrecta de dato		80,00	53,85		
No contesta				3,75	-	

Tabla 1

Red sistémica 2: MASA DE ACIDO SULFURICO. Pregunta b)-2					
Razonamiento centrado en el concepto de	Concentración de cantidad (mol/L)	Cálculo correcto	Indicadores	1er. año%	3er. año%
			Emplean factores de conversión	33,75	38,46
		Cálculo incorrecto	Emplean regla de tres simple	1,25	42,30
			Total resultados correctos	35,00	80,76
	Densidad (g/mL)	Cálculo incorrecto	Confunden datos de disolución con datos de soluto	7,50	-
			Cometen errores en operaciones matemáticas	25,00	11,53
			Utilizan resultados del ítem a) en el b)	11,25	3,85
			Total resultados incorrectos	43,75	15,38
			Total selección correcta de dato	78,75	96,14
			Confunden datos de disolución con datos de soluto	7,50	3,85
			Total resultados incorrectos	7,50	3,85
	Total selección incorrecta de dato			7,50	14,29
No contesta				13,75	3,86
					4,76

Tabla 2

En la Tabla 2 se presentan resultados de respuestas al ítem b)-2.

Al inicio de carrera el 78,75% de los alumnos identifica correctamente el dato a seleccionar, valor que aumenta hasta un 96,14% en mitad de carrera y disminuye hasta 80,95% al final de carrera. El total de resultados correctos para el ítem en primer año es de sólo 35% comparado con el 80,76% de tercer año y 76,19% de quinto año.

Entre los que seleccionan bien el dato, utilizan factores unitarios de conversión porcentajes similares de alumnos de primer año (33,75%) y tercer año (38,46%), disminuyendo a 23,81% en quinto año. El empleo de la regla de tres simple se afianza hacia el final de la carrera (1,25%; 42,30% y 52,38%). El porcentaje más importante de alumnos que confunden datos de una disolución con datos del soluto se da en quinto año

(14,29%) comparados con los de primer año (7,59%) y tercer año (3,85%).

Respecto de los ítems a) 1 y b)1 donde se solicitaba que el alumno explique en palabras la secuencia de pasos que precisa aplicar para obtener la información requerida, son muy pocos, en los tres niveles, los que han interpretado bien esta consigna, la mayoría no responde o si lo hace, sólo hace referencia a las operaciones matemáticas involucradas. A modo de ejemplo en el Anexo se presentan algunas de las respuestas.

Para los ítems a)3 y b)3 es importante el porcentaje de alumnos que no logra argumentar razones que justifiquen las conexiones entre datos y resultados obtenidos; en primer año 72,50%, en tercer año 50% y en quinto año 71,43%.

Conclusiones

En este estudio se han detectado los errores más comunes de los alumnos que obran como obstáculos epistemológicos que les impiden resolver satisfactoriamente problemas de disoluciones en Química, ya que los mismos persisten en diferentes etapas de la carrera. Es notorio en los resultados obtenidos, en todos los indicadores analizados, el afianzamiento del aprendizaje del contenido a mitad de carrera, lo que puede explicarse por el hecho de que los alumnos de tercer año cursan la asignatura Química Orgánica II inmediatamente después de Química Analítica, en la cual se ejercita extensamente sobre este tema.

Es de destacar el hecho que los alumnos en quinto año son los que más emplean regla de tres simple como estrategia de resolución de problemas, lo que pone en evidencia la ausencia de articulación vertical entre las asignaturas analizadas.

El alto porcentaje de alumnos que confunde datos de la disolución con datos del soluto muestra que conceptos básicos como densidad, concentración de cantidad de un soluto en la disolución, masa de soluto, masa de disolución, no han sido totalmente comprendidos porque no saben aplicarlos a esta situación problemática concreta. Es así como al resolver el ítem (a) la mayoría parte del dato de la concentración (cantidad de soluto en la disolución, mol/L) sin darse cuenta que esto se refiere a la cantidad de soluto (mol) y no de la disolución. Los alumnos no tienen claro que se le solicita la *masa de H₂SO₄ contenida en un cierto volumen de la disolución que se dispone*. El mayor número de respuestas correctas para el ítem (b) puede deberse al hecho de que para resolverlo debían partir de la concentración de cantidad de soluto en la disolución, dato que aparecería para ellos como principal frente al de la densidad.

También se ha comprobado la dificultad de interpretación y argumentación de resultados obtenidos en los tres niveles analizados, lo que permite concluir que el docente debe incluir durante el desarrollo de las clases una mayor práctica de justificación, explicación o argumentación de respuestas y/o resultados.

Es posible pensar también que la persistencia de los obstáculos epistemológicos de los alumnos se deba en parte, a la propia actuación docente. Por ejemplo el hecho compartido por los docentes desde el inicio hasta el final de la carrera, de no aplicar un lenguaje riguroso, según lo sugerido por la IUPAC en el tema de disoluciones, podría ser también un obstáculo que de cuenta de la situación investigada.

Bibliografía

Bachelard, Gastón. *La formación del espíritu científico*. 3^a. Ed. Siglo XX. Bs. As. Argentina. 1974.

Bliss, J., Monk, M., y Ogborn, J. *Qualitative Data Analysis for Educational Research*. Croom Helm, Australia, 1983.

Bohorquez, H.; Hernández de Rincón, Ana. El razonamiento común: un obstáculo epistemológico en geometría. *Revista de Pedagogía*, 24 [69], 2003.

Jiménez Aleixandre, M.P. y Díaz De Bustamante, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 [3], p. 359-370, 2003.

Gómez Moliné, M. R., Sanmartí Puig, N. El aporte de los obstáculos epistemológicos. *Educación Química*, 13 [1], p. 61- 68, 2002.

Lee, K. L., Goh, N., Chia, L. Chin, C. 1996, Cognitive Variables in Problem Solving in Chemistry: A Revised Study. *Science Education*, 80 [6], p. 691-710, 1996.

Pozo, J. I.; Gómez Crespo, M. A. *La solución de problemas en ciencias de la naturaleza*. En *La solución de problemas*. Santillana. Buenos Aires, Argentina. 1997, p. 86 – 133.

Sánchez Jiménez, J. M. Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 5, p. 37-45, 1995.

ANEXO

Ítem a)-1

Inicio de carrera

Alumno 5: "...debo utilizar primero el dato que me brinda el problema, luego ir utilizando los datos del problema despejando para obtener el resultado en kg..."

Mitad de carrera

Alumno 8: "...primero debo pasar a una unidad que me permita realizar los cálculos, en este caso a litros; luego calcular los gramos que equivale a esos litros por medio de la molaridad. Luego paso a la unidad que me pide, en este caso kg..."

Final de carrera

Alumno 1: "...conociendo la concentración en molaridad y haciendo regla de tres simple puedo sacar la cantidad de kilogramos que hay en 1 m³..."

Ítem a)-3

Inicio de carrera

Alumno 5: "...creo que el resultado obtenido es el correcto debido que se obtienen los kilogramos de ácido sulfúrico en cantidad de 1 m³ en base a su concentración y su densidad. Aun así creo que el peso es demasiado alto a pesar de que se utiliza grandes cantidades...".

Mitad de carrera

Alumno 8: "...no sé si mi pasaje de unidades está bien..."

Final de carrera

Alumno 5: "...el resultado es correcto porque la densidad da el contenido de ácido puro por lo cual se parte de esa base..."

Ítem b)-1

Inicio de carrera

Alumno 5: "...debo proceder de la misma manera que en el punto a)-1, salvo por la diferencia de que en este caso la cantidad de ácido se presenta en litros. Pero

en ambos casos se desea llegar a una masa del ácido sulfúrico..."

Mitad de carrera

Alumno 7: "...debo primero pasar el número de moles de ácido sulfúrico en gramos y la cantidad de solución pasar a gramos. Luego que obtengo los gramos de ácido que hay en la masa de solución paso a gramos los 50 litros del problema y calculo la cantidad de ácido que hay en ese volumen..."

Final de carrera

Alumno 1: "... conociendo la densidad referida a la cantidad de ácido puro, puedo sacar gramos de ácido puro que hay en 50 litros de la solución por regla de tres simple..."

Ítem b)-3

Inicio de carrera

Alumno 5: "...creo que el resultado es el correcto porque se ha utilizado concentraciones, datos, volúmenes, condiciones que impone el problema..."

Mitad de carrera

Alumno 8: "...el resultado me parece lógico..."

Final de carrera

Alumno 11: "... la verdad que no sé si es el correcto..."